

Memoria 2005 del Proyecto

LIFE04/NAT/ES/000064

**Ecología, estructura y dinámica de las poblaciones de la
sabina canaria (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*) en
Tenerife y La Gomera.**



**Lic. Sonja Schaffner
Lic. Pascal Meuwly
Dr. Rüdiger Otto
Dr. Juan D. Delgado
Dr. José R. Arévalo
Prof . Dr. José M. Fernández-Palacios**

Área de Ecología
Departamento de Parasitología, Ecología y Genética
Universidad de La Laguna

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. JUNIPERUS TURBINATA GUSS SSP. CANARIENSIS (GUYOT) RIVAS-MART. ET AL.	6
2.1. TAXONOMÍA.....	6
2.2. DISTRIBUCIÓN.....	6
2.3. SUELOS	8
3. MÉTODOS	9
3.1. DISEÑO DE MUESTREO.....	9
3.2. PARÁMETROS ESTUDIADOS	13
3.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS	20
4. RESULTADOS	24
4.1. RESULTADOS CUANTITATIVOS	24
<i>Caracterización de las áreas de estudio.....</i>	<i>24</i>
<i>Dinámica vegetal.....</i>	<i>41</i>
4.2. RESULTADOS CUALITATIVOS	44
5. DISCUSIÓN	48
5.1. EL ESTADO DE MADUREZ DE LAS POBLACIONES ESTUDIADAS	48
5.2. CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y CAPACIDAD DE CARGA DEL SISTEMA	51
5.3. REGENERACIÓN DE LA POBLACIÓN	52
6. CONCLUSIONES.....	55
7. BIBLIOGRAFÍA.....	57

1. Introducción

La sabina canaria (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*) es un microfanerófito, arbusto o pequeño árbol que alcanza los 10 m de altura y crece en la zona semiárida de transición entre el matorral costero y la laurisilva a barlovento o entre el matorral costero y el pinar a sotavento de las islas. El sabinar es una de las formaciones del bosque termófilo que forma un piso vegetal situado por encima del matorral costero en todas las islas Canarias. Esta formación fue degradada paulatinamente por la acción humana especialmente después de la conquista en el siglo XV por aportar una madera muy fuerte que fue utilizada para la construcción de casas y armas y también por la necesidad de crear suelo agrícola (Rodríguez Delgado & Marrero Gómez 1991). Hoy en día sólo existen restos de este bosque generalmente, formando pequeñas extensiones. En el noroeste de El Hierro y La Gomera, se encuentran actualmente las mejores representaciones del sabinar. En Tenerife casi ya no existen sabinas con la excepción del sabinar de Afur y del de la Punta de Anaga.

Debido a esta situación, el Cabildo Insular de Tenerife diseñó un proyecto de repoblación de sabina en una finca de 53 ha en el Barranco de Taburco, en el Parque Rural de Teno, que finalmente fue financiado por la Unión Europea (LIFE04/NAT/ES/000064) para los años 2005-2008. La idea es dar un primer paso en la restauración del sabinar en Tenerife con la plantación de *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis* y de otras especies participantes en esta formación como el acebuche (*Olea europaea* ssp. *Cerasiformis*), la retama blanca (*Retama rhodorhizoides*) o la tabaiba de flores púrpuras (*Euphorbia atropurpurea*). Objetivos adicionales del proyecto son la obtención de nuevos conocimientos científicos sobre la ecología de las especies y de la dinámica de esta formación vegetal, así como una experiencia para futuras restauraciones de este tipo de bosque, además de la divulgación de estos resultados a través de videos y libros que sensibilicen a la población local y muestren cómo la recuperación del bosque termófilo no sólo es posible sino que además puede favorecer el mantenimiento de actividades tradicionales.

Sobre el sabinar en Canarias sólo existen algunos estudios fitosociológicos y florísticos, muchas veces no específicos, sino incluido en trabajos generales de la vegetación. En la isla

de La Palma están descritas las formaciones del bosque termófilo por SANTOS (1983), en El Hierro por Santos (1980), Arco Aguilar et al. (1991), Arco Aguilar et al. (1996) y recientemente por v. Gaisberg (2005), en Tenerife por Barquín Diez & Wildpret de la Torre (1975), Barquín Diez (1984), Rodríguez Delgado (1990), Marrero Gómez (1990), Arco Aguilar et al. (1991), Marrero Gómez et al. (1992). Rodríguez Delgado & Marrero Gómez (1991) comentan el aprovechamiento del bosque termófilo en el pasado. Datos sobre la distribución de las especies de esta formación vegetal podemos encontrarlas en el Atlas fitocorológico de Barquín Diez & Voggenreiter (1988). No obstante, sobre la ecología de estas especies en general, y de la sabina en concreto, igual que de la dinámica del sabinar, apenas existen estudios en Canarias hasta el momento.

Por consiguiente, el objetivo del primer año del proyecto LIFE consistió en estudiar la estructura y dinámica de los restos de sabinares en Canarias, y al mismo tiempo profundizar en la ecología de las poblaciones de *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis* en general, y de las plántulas en especial. Estos conocimientos formarán la base para una restauración exitosa. En concreto, nos interesamos por estudiar los siguientes aspectos:

1. Ecología de *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*

- Los factores ambientales que imperan en el hábitat de *J. turbinata* en diferentes lugares.
- Las preferencias ambientales de las plántulas de *J. turbinata*.
- La vitalidad y fenología de los individuos en relación con los factores ambientales.
- La forma de crecimiento de *J. turbinata* bajo diferentes condiciones ambientales.

2. Estructura de las poblaciones

- La densidad de las poblaciones en diferentes condiciones ambientales.
- La distribución de las clases de tamaño/edad de los individuos en cada población.
- La composición florística de las diferentes formaciones de *J. turbinata*.
- La cobertura, biovolumen, biomasa y otros factores de la estructura de la población.

3. Dinámica de las poblaciones

- La reproducción o regeneración de la población.
- El posible desarrollo de la población en el futuro.
- La velocidad de la regeneración.
- Las características de una población „madura“.

4. Valoración del proyecto de restauración

- El marco ambiental para la restauración.
- La aptitud del terreno para la repoblación.
- El tiempo necesario para la restauración.

Para conseguir estos objetivos elegimos como áreas de estudio dos de las mejores representaciones del sabinar en Canarias, el sabinar de Afur en el macizo de Anaga, Tenerife, y el sabinar de Tamargada en el noroeste de la isla de La Gomera, para luego comparar con la zona de restauración en el macizo de Teno, Tenerife.

2. *Juniperus turbinata* Guss ssp. *canariensis* (Guyot) Rivas-Mart. et al.

2.1. Taxonomía

El género *Juniperus* pertenece a la familia taxonómica Cupressaceae e incluye unas 50 o 60 especies de árboles o arbustos, sobre todo propios del hemisferio norte (Kunkel 1992). La sabina o *Juniperus phoenicea* tiene una distribución alrededor de la cuenca mediterránea, normalmente en zonas cercanas a la costa. Desde 1844 se separan los grupos del Mediterráneo occidental como pertenecientes a *J. turbinata* Guss. Las poblaciones de sabina en Canarias pertenecen a este taxón y fueron descritas como ssp. *canariensis* por Guyot en 1968 (Rodríguez Delgado 1991, Schönfelder & Schönfelder 1994) aunque también se citan como *J. phoenicea* en ocasiones (Ceballos & Ortuño 1976, Kunkel 1992) (Fig. 1).



Figura 1: Detalle de *Juniperus turbinata* Guss ssp. *canariensis* (Guyot) Rivas-Mart. et al.

2.2. Distribución

Juniperus turbinata ssp. *canariensis*, de nombre común sabina (o sebina en Guía de Isora, Tenerife), crece en todas las islas Canarias menos Fuerteventura y Lanzarote (Acebes Ginovés et al., En: Izquierdo et al. 2001). Las mejores representaciones de sabinar se encuentran actualmente en el noroeste de El Hierro y La Gomera. En La Palma, Tenerife, Gran Canaria sólo se existen restos de pequeñas dimensiones aisladas a causa de la

destrucción masiva por el aprovechamiento de la madera, la transformación del paisaje para la agricultura y el intenso pastoreo (Rodríguez & Marrero 1991). El sabinar de Afur, que se encuentra dentro del Parque Rural de Anaga, se extiende sobre unas 64 hectáreas y representa indudablemente el resto mejor conservado de Tenerife. Entre Agulo y Vallehermoso en La Gomera se pueden observar los mejores sabinares de Canarias, respecto a su dimensión y estado de conservación.

El hábitat de la sabina se encuentra en una zona semiárida de transición entre el matorral costero y los bosques de laurisilva a barlovento o pinar a sotavento. Según la clasificación bioclimática, se asocia al sabinar al piso infra-termomediterráneo xerofítico de ombro-clima semiárido (Rivas-Martínez et al. 1993). La distribución altitudinal se extiende entre 200 y 300 m a barlovento, llegando en algunos sitios con condiciones ambientales favorables hasta la costa, y entre 400 y 600 m a sotavento. Por lo tanto, las condiciones hídricas se caracterizan por una precipitación anual media entre 200 y 400 mm.

La distribución potencial de *Juniperus turbinata* no se puede delimitar con absoluta certeza, pero los expertos están de acuerdo en que cubría grandes extensiones sobre todo en la cara norte de las islas centrales y occidentales en el pasado, como todavía se puede observar en La Gomera. Hay también indicios que en el norte de Tenerife, especialmente en la zona de Icod y El Guincho, existían sabinares extensos hasta la costa. A parte de los sabinares, había otras formaciones de bosque termófilo en las islas denominados por otras especies, como los almacigales (dominado por *Pistacia atlantica*), los acebuchales (*Olea europaea*), los palmerales (*Phoenix canariensis*) los diagonales (*Dracaena draco* y *D. tamaranae*) o los lentiscales (*Pistacia lentiscus*). Incluso en las partes más elevadas de las islas orientales, como en Famara en Lanzarote y o en Jandía en Fuerteventura, se han encontrado elementos termófilos como *Olea*, *Pistacia*, *Maytenus* o *Convolvulus* (Ceballos & Ortuño 1976, Reyes-Betancort et al. 1991), lo que indica una presencia de este tipo de vegetación en el pasado.

2.3. Suelos

El género *Juniperus* suele crecer sobre suelos más áridos y pocos profundos. La especie *J. turbinata* está perfectamente adaptada a un clima semiárido típico en gran parte del Mediterráneo. Como adaptación a las condiciones de estrés hídrico que imperan durante gran parte del año, tiene hojas en forma de pequeñas escamas triangulares muy apretadas con pocos estomas que le ayudan a reducir la transpiración. No es muy exigente respecto a condiciones edáficas y se establece con facilidad en suelos poco profundos y pobres en nutrientes tanto en zonas arenosas como en zonas pedregosas, andenes de barrancos o piedemontes (Ceballos & Ortuño 1976, Rodríguez & Marrero 1991). No se conocen estudios específicos de las condiciones edáficas en las que se desarrollan los sabinares canarios. Respecto a la edad que puede alcanzar la especie, Vidacovic (1991) menciona que la especie emparentada *J. phoenicea* puede alcanzar un milenio de longevidad.

3. Métodos

3.1. Diseño de muestreo

Para estudiar la ecología, estructura y dinámica del sabinar en Canarias se han elegido tres localidades o áreas de estudio, dos de ellas en Afur (Tenerife) y una en Tamargada (La Gomera) que representan los mejores sabinares de ambas islas. En Afur se han muestreado dos poblaciones diferentes: una en exposición Norte y otra en exposición Sur. En cada localidad hemos realizado un muestreo sistemático con 50 puntos situándolos sobre líneas paralelas que recorren el área de estudio, separados por una distancia constante, entre 25 y 40 m según la localidad elegida. En las tres localidades se han realizado además inventarios de individuos escogidos mediante la técnica del individuo más cercano (IMC), (según el método “closest individual method” Mueller-Dombois 1974), a los puntos del muestreo sistemático, pero también se han realizado inventarios de individuos seleccionados a lo largo de todo el área de estudio (inventario completo). Finalmente, para determinar la densidad de individuos, se ha procedido a realizar recuentos en parcelas predeterminadas (Fig. 2).

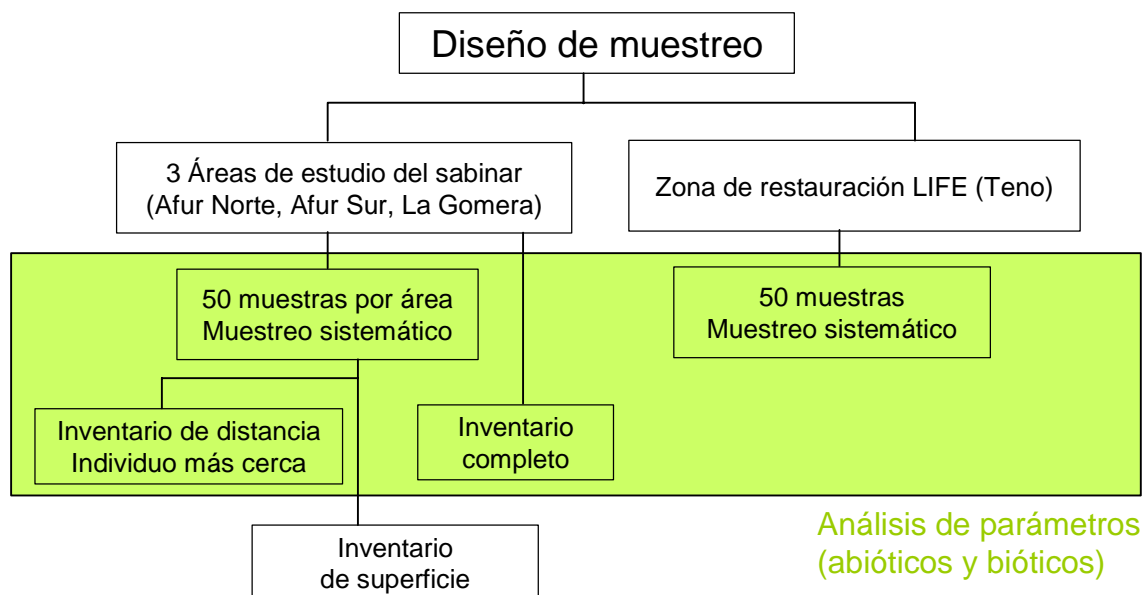


Figura 2: Diseño del muestreo llevado a cabo en el presente análisis.

Selección del área de estudio

Afur Norte y Afur Sur (Tenerife)

En el macizo de Anaga, la parte más nororiental de la isla de Tenerife, se encuentra el sabinar mejor conservado de *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis* de toda la isla. Está situado en el Barranco del Sabinal, aproximadamente a 1 km al norte del pueblo Azur (término municipal de Santa Cruz de Tenerife). Tiene unas 64 ha de extensión que comprenden terrenos expuestos al norte, al sur y al oeste. En todo el sabinar se encuentran pequeños senderos que indican la existencia de un pastoreo intenso en el pasado, y en algunas zonas también existen antiguos muros de piedras de cultivos abandonados. Se han elegido las dos exposiciones opuestas, la norte y la sur, porque representan contrastes ambientales y muestran un grado de conservación bastante aceptable.

Zona de restauración LIFE en Teno Alto (Tenerife)

En el noroeste de la isla de Tenerife y en la meseta de Teno Alto, a un par de kilómetros al suroeste del núcleo rural del mismo nombre (término municipal de Buenavista del Norte), se encuentra el Barranco de Taburco, comprendido, junto a casi todo el macizo, en el Parque Rural de Teno, figura de protección de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos. Éste abarca una zona con condiciones climáticas que podrían caracterizarse como de área potencial de distribución de bosque termófilo, donde supuestamente debió existir tal formación vegetal en el pasado y más tarde fue destruida por completo, posiblemente para el aprovechamiento de la madera y por el intenso pastoreo. Hoy en día, sólo se pueden encontrar algunos individuos aislados de esta formación en zonas casi inaccesibles de los alrededores. La parte norte del barranco con exposición sur tiene unas 53 ha y ha sido recientemente adquirida por el Cabildo Insular de Tenerife (Finca de Los Siete), además de ser Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000. Es en esta finca donde se plantea la restauración a la que hace referencia esta memoria. Esta zona se ha elegido para comparar sus condiciones ambientales y la composición florística actual con las de los sabinares de Afur y Tamargada.

Tamargada (La Gomera)

En la isla de La Gomera se buscó un sabinar denso con grandes individuos que representara la fase de madurez en la sucesión ecológica. Pese a que toda la zona del noroeste de la isla cuenta con poblaciones de sabina, son en general sabinares bastante abiertos y en fase de regeneración. No obstante, se ha encontrado un sabinar bastante maduro en el Barranco Lomo de la Culata, al oeste del pueblo Tamargada (término municipal de Vallehermoso) que cumple los requisitos para este estudio. Tiene exposiciones al este, norte y sur, aunque las formaciones más densas se localizaron en la ladera con exposición al norte, que comprendía una superficie aproximada de unas 50 ha.

Selección de los puntos de muestreo

En cada área de estudio se seleccionaron de manera sistemática unos 50 puntos siguiendo un ráster con líneas paralelas de distancia fija. En el caso de Afur Norte y Afur Sur ésta distancia es de 30 m, para Teno de 40 m y para Tamargada de 25 m. Dado de que el terreno es bastante inclinado y cuenta con diversos obstáculos, cuando no se pudo realizar inventarios en ciertas situaciones nos vimos forzados a buscar puntos de muestreo alternativos. Los criterios de exclusión de un punto determinado se basaron en su inaccesibilidad (demasiado inclinado, sotobosque demasiado denso) o en su grado de antropización (zonas con síntomas de haber sido cultivadas en el pasado, senderos, etc., aunque este criterio no se tuvo en cuenta en el caso de la zona de restauración en Teno). Si se cumplía alguno de los criterios de exclusión, se buscaba un punto de muestreo alternativo de la siguiente forma y en el orden siguiente: a) 5 m más arriba, b) 5 m más abajo, c) 5 m más a la derecha o d) 5 m más a la izquierda. Finalmente si ninguna de las alternativas solucionaba el problema, se saltaba dicho punto del raster y se seguía con el próximo.

Selección de los individuos

En Afur Norte, Afur Sur y La Gomera, se han realizado tres tipos de inventarios: i) inventarios de distancia, ii) inventarios de superficie y iii) inventarios completos.

Inventarios de distancia

Para calcular la densidad de la población y para estudiar sistemáticamente los individuos de *J. turbinata* se ha aplicado el método del vecino próximo (VMP) (“closest individual method” Mueller-Dombois 1974). Este método consiste en buscar el individuo más cercano al punto de muestreo de cada una de las clases que se describen a continuación y medir la distancia del punto al centro del tronco del individuo. Las clases de individuos que se han distinguido son las siguientes: 1) individuos de hasta 50 cm de altura, llamados plántulas; 2) individuos de entre 51 y 200 cm de altura, denominados arbustos; 3) individuos mayores a 2 m de altura, denominados árboles o individuos adultos y finalmente, 4) individuos “muertos”, cuando éstos presentan menos del 30% de masa foliar verde. Estos individuos “muertos” se localizaron dentro de un diámetro de 10 m con respecto al punto de muestreo. Por lo tanto, se han seleccionado y estudiado cuatro individuos de *J. turbinata* por punto de muestreo. En total se han analizado 200 individuos por localidad.

De encontrarse otra especie más cerca al centro que *J. turbinata*, también se medía su distancia al punto de muestreo, lo que permite calcular el grado de mezcla del sabinar con otras especies. Además, se ha medido la distancia de cada plántula al individuo adulto más cercano, lo que permite estudiar la relación entre adulto y plántula y la forma y velocidad de la dispersión de la especie.

Inventarios de superficie

Se ha aplicado el método de inventarios de superficie cuando el número de individuos era muy pequeño. Contando el número de individuos por superficie, nos obtenemos un índice de densidad comparable con la densidad calculada a partir de los inventarios de distancia. Antes de empezar el estudio, no sabíamos si con el método del vecino próximo (VMP) se conseguiría con un esfuerzo razonable el número suficiente de individuos para calcular índices de densidades fiables. En consecuencia, se utilizó como método complementario un inventario de superficies que consistió en contar todos los individuos dentro de un radio

determinado alrededor del punto de muestreo, de 5 m para las plántulas y de 10 m para los individuos “muertos”.

Inventarios completos

En cada localidad, excepto en la zona de la restauración, se seleccionaron buscaron además, de forma dirigida, los diez individuos más grandes de toda la población, bajo estos criterios: altura, diámetro máximo de la bóveda y diámetro del tronco a altura del pecho (DBH). Este tipo de inventario se realizó en todo el área de estudio (50-64 ha).

3.2. Parámetros estudiados

En cada punto de muestreo y en cada individuo seleccionado se han estudiado una serie de parámetros bióticos y abióticos y se ha estimado la cobertura de la vegetación. Respecto a los individuos seleccionados, se han analizado parámetros de crecimiento y vitalidad.

Área de estudio	Elemento de muestreo	Parámetros estudiados
Afur Sur, Afur Norte y La Gomera	Punto de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros ambientales ▪ Cobertura vegetal
	Individuos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros ambientales ▪ Cobertura vegetal ▪ Parámetros de crecimiento ▪ Parámetros de vitalidad
Zona de restauración LIFE (Teno)	Punto de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros ambientales ▪ Cobertura vegetal

Tabla 1: Parámetros estudiados.

Parámetros ambientales

Exposición, macro y microrrelieve

En cada punto de muestreo se han tomado datos sobre la exposición u orientación solar del terreno y las características del terreno a una macro-escala (ca. 100 metros) y a una micro-escala (varios metros). Dado que el micro-relieve cambia dentro del paisaje a corta distancia, se ha anotado este parámetro también para los puntos de los individuos seleccionados: dentro de un diámetro de 1 m para las plántulas y los puntos de muestreo y para los individuos arbustos y arbóreos se aplicó el diámetro de la bóveda más un 1 m.

Inclinación

Se ha medido la inclinación en los puntos de muestreo y los puntos de los individuos con una escuadra de gran tamaño (50 cm de largo) que se colocaba de forma paralela al terreno y una plomada que indicaba el ángulo con exactitud de 5 grados. El centro de la hipotenusa de la escuadra se colocaba directamente encima del punto de muestreo, en caso de las plántulas al lado de éstas y en el caso de los individuos arbustivos y arbóreos a una distancia de 0,5 m y 1,5 m, respectivamente, paralela al centro del tronco.

Profundidad del suelo

Las condiciones para la germinación de las semillas, la capacidad de retención de agua, al igual que el volumen para el crecimiento de las raíces dependen entre otros factores de la profundidad del suelo. Para determinar la profundidad del suelo, se utilizó un palo metálico de 4 mm de diámetro y de 45 cm de longitud, que se clavó de forma vertical en el suelo. La medida se realizó en cuatro puntos (arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda) en las inmediaciones de cada punto de muestreo e individuo seleccionado. En los puntos de muestreo, la profundidad se midió a una distancia de 1 m, en el caso de las plántulas de 10 cm y en lo referente a los individuos arbustos y adultos a medio radio de la bóveda. El desfronde contaba como suelo. Si el punto de medida tocaba en una roca o una raíz se anotaba un cero.

Cobertura del suelo

Se ha estimado la cobertura en la superficie del suelo de los siguientes parámetros:

- Roca (planchas de rocas o rocas sueltas de más de 30 cm de diámetro)
- Piedras (entre 1 y 30 cm de diámetro)
- Desfronde (incluyendo plantas secas, líquenes y excrementos de animales)
- Musgos
- Estrato herbáceo (altura de las plantas < 50 cm).
- Suelo abierto (tierra, arena, grava hasta 1 cm de diámetro)

Dada la circunstancia de que el estrato herbáceo cubre el suelo parcialmente, la suma de todos los parámetros tiene que ser más del 100%. En el punto de muestreo y en el punto de las plántulas, se registraron estos parámetros en un círculo con diámetro de 1 m, en el caso de los arbustos y de los adultos dentro de un círculo con un radio igual al de la bóveda más 1 m.

Micro-sitio de germinación

Como micro-sitio de germinación se define el espacio alrededor de la plántula dentro de un radio de 5 cm e incluye los factores abióticos y bióticos arriba mencionados. El espacio es más restringido que la medida anterior y refleja supuestamente mejor las condiciones ambientales que influyen directamente en la germinación de la semilla y en el establecimiento y reclutamiento de la plántula.

Cobertura de la vegetación/ inventario florístico

En cuanto a la caracterización de la composición florística de la población y de las plantas asociadas a la sabina, se ha estimado la cobertura de cada especie leñosa tanto en los puntos de muestreo como en los puntos de los individuos. Se distingue entre estrato de arbustos o sotobosque y estrato de árboles o bóveda en las tres áreas de estudio con sabina. En la zona de restauración se concentra en la estimación del estrato de arbustos ya que no existen

árboles. La superficie del inventario florístico debería incluir todos los competidores de *J. turbinata* por luz y agua y, por lo tanto, depende del tamaño del individuo.

Estrato arbustivo (sotobosque)

En el estrato arbustivo se incluyen todas las especies leñosas entre 0,5 y 2 m, sean arbustos (nanofanerófitos) o individuos jóvenes de árboles (micro o mesofanerófitos). En los puntos de muestreo y en los de las plántulas, el inventario se realizó por dos veces dentro de círculos de 1 y 3 m de diámetro, en el caso de los puntos de individuos arbustos y adultos dentro de un círculo con el radio de la bóveda más 1 y 3 m.

Estrato arbóreo (bóveda)

En el estrato arbóreo se incluyen todos los árboles (individuos > 2 m), es decir, micro- y mesonofanerófitos. En los puntos de muestreo y en los de las plántulas, el inventario se realiza tres veces dentro de un círculo con diámetro de 1, 3 y 5 m, en el caso de los puntos de individuos arbustos y adultos dentro de un círculo con el radio de la bóveda más 1, 3 y 5 m.

Parámetros de crecimiento

Los individuos de las especies vegetales están expuestos a los factores ambientales en sus inmediaciones que influyen la forma y la velocidad del crecimiento de los mismos. Estos parámetros reflejan por un lado el proceso dinámico de la reproducción de la población y por otro lado, de una manera visible, las condiciones ambientales.

La altura del individuo

La altura del individuo se define como la distancia vertical entre el centro del tronco a nivel de suelo y el punto más alto de la bóveda. Se midió utilizando una cinta métrica que se metió entre las ramas del árbol (Fig. 3).

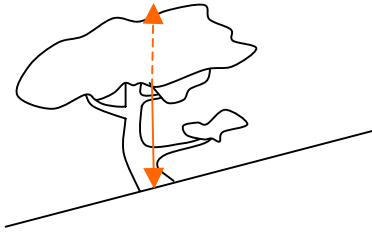


Figura 3: Esquema de la medición de la altura del individuo.

El diámetro de la copa

El diámetro de la copa se midió como el promedio del diámetro máximo de la copa de los árboles en dos direcciones, una vez en la línea de caída y otra vez perpendicular a ésta (Fig. 4).

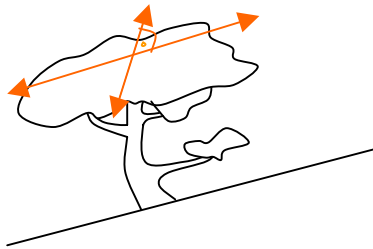


Figura 4: Esquema de la medición del diámetro de la copa.

El perímetro del tronco a la altura del pecho

El perímetro del tronco a la altura del pecho (1,3 m) se midió siempre de forma vertical en la dirección del tronco principal en caso de ramificación debajo de esta altura.

El perímetro a ras de suelo

Se han tomado también datos respecto al perímetro a ras de suelo siempre de forma perpendicular a la dirección de crecimiento del tronco principal y lo más cerca posible del suelo. Si no era posible a ras de suelo por una ramificación, se cogió el perímetro más bajo posible y se anotó la distancia al suelo.

Altura de la primera rama verde

La distancia entre suelo y la primera rama verde se midió a lo largo del centro del tronco. Las pequeñas ramitas salidas más recientemente de yemas latentes no se consideraron como ramas. Este parámetro se tomó de los individuos arbustivos y arbóreos (Fig. 5).

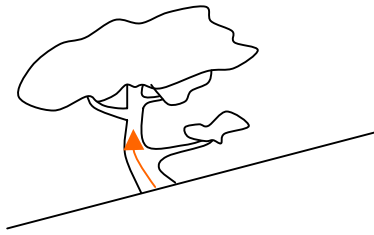


Figura 5: Esquema del método utilizado para medir el perímetro a la altura de pecho y de la altura de la primera rama verde.

Grado de ramificación del tronco principal

Dado que la sabina suele ramificarse mucho, se contaron las ramificaciones del tronco principal, sólo cuando la rama tenía un diámetro de al menos el 40% del tronco principal.

Parámetros de vitalidad

Como indicadores de la vitalidad de los individuos se ha estimado la densidad de la copa y el porcentaje de hojas marrones, además de valorar la posición de cada individuo dentro de la población. Como indicador de la productividad del individuo y también de la productividad del lugar, se cuantifica el número de frutos en la copa y el número de frutos existente directamente debajo de la copa del árbol, además de medir los frutos más grandes de la copa.

Densidad de la copa

La densidad de la copa se estima tumbándose debajo del árbol con la cabeza junto al tronco mirando hacia la copa. El porcentaje del cielo tapado por las ramas y hojas de la copa se considera la densidad de la copa. Esta estimación se realiza sólo para los individuos adultos y arbustos.

Porcentaje de hojas marrones

Se considera que si las hojas se vuelven marrones en un árbol con hojas siempre verdes, el individuo sufre algún tipo de estrés. Se estima el porcentaje de hojas marrones dentro de la copa del árbol que tiene todavía hojas, ya que la parte sin hojas fue ya incluida en la medida de la densidad de la copa como indicador de vitalidad.

Posición del individuo dentro de la población

Para cada individuo seleccionado se clasifica su situación de dominancia según las tres categorías siguientes: a) individuo dominante, que domina los vecinos, b) individuo codominante, que posee tiene junto a otros árboles una posición dominante y c) individuo suprimido, que está suprimido por un vecino que es más vital o más grande. Este parámetro nos indica la situación de competencia con los individuos vecinos.

Número de frutos

Se cuantifica el número de frutos de *J. turbinata* en el suelo en una distancia de 3 m del punto de muestro y en la inmediaciones de las plántulas. Para los individuos arbustivos y arbóreos se cuentan los frutos en el borde de la copa y también directamente debajo, en el suelo. En cada caso, se seleccionan cuatro superficies de 400 cm² (20 cm x 20 cm) en forma de cruz (Fig. 6).

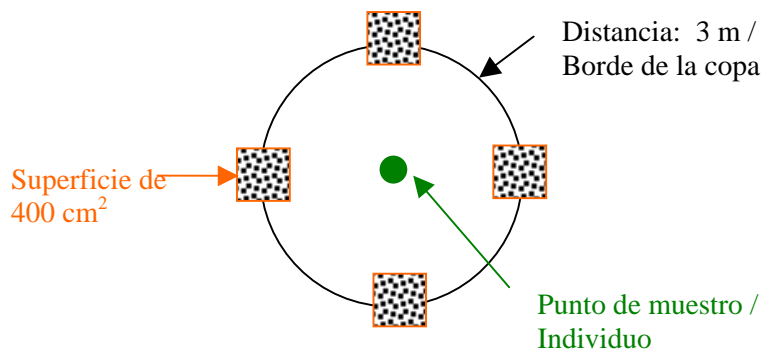


Figura 6: Localización de las superficies alrededor del punto de muestro y de los individuos seleccionados, respectivamente.

Perímetro del fruto más grande

Se busca el fruto más grande en la copa y se determina su perímetro. Este dato nos dará una indicación directa de su tamaño.

3.3. Análisis de los datos

El análisis de los datos obtenidos en el trabajo de campo se realiza con los siguientes programas: Microsoft EXCEL, SPSS 13.0 y el paquete CANOCO 4.5. De cada grupo de datos se calculan los estadísticos descriptivos como la media, desviación estándar, error típico, máximo y mínimo. Para comparar grupos de datos se aplica la prueba estadística de la “T” de Student, para lo que se comprueba previamente la normalidad y homoscedasticidad de los datos. Para las correlaciones se utiliza el coeficiente de correlación Pearson, que varía entre +1 y -1. Si se demuestra que los datos no son normales, se aplica la transformación logarítmica de los mismos. A partir de algunos parámetros medidos en el campo se calculan nuevos índices.

Datos de inventarios de superficie y de distancia

Densidad de la población

La densidad de individuos de *J. turbinata* en la población se puede calcular tanto con los datos de los inventarios de distancia como con los de los inventarios de superficie.

Inventarios de distancia

Se calcula la densidad de individuos (D) por hectárea para cada estrato (arbustos y adultos) basándonos en la distancia media (d en metros) del punto de muestreo al individuo más próximo según la siguiente ecuación:

$$D = 2500 / d^2 \quad [1]$$

La densidad total de individuos es equivalente a la suma de las densidades de los dos estratos.

Inventarios de superficie

Primero se procede a recontar recuenta el número medio de individuos (I) por superficie y luego se consigue la densidad de la población mediante la siguiente ecuación:

$$D = I \times 10000 / A \quad A = \pi r^2 \quad [2]$$

Siendo r el radio de la superficie estudiada expresado en metros.

Diagramas de reproducción

Para la descripción cualitativa de la reproducción de la población, se han elaborado una serie de diagramas de reproducción para cada localidad. Para ello se calculan las densidades de los individuos vitales, débiles y muertos para cada estrato (plántulas, arbustos y adultos). El criterio para la vitalidad se refiere al porcentaje de hojas marrones. Se determina el porcentaje medio de hojas marrones para los individuos de cada estrato y cada área de estudio. Los individuos que están por encima de este valor se consideran débiles, los otros vitales. Los individuos muertos se agrupan según la altura en arbustos muertos o árboles muertos. Con estos valores se puede calcular las densidades y elaborar el diagrama de

reproducción. Pese a que se ha calculado la densidad de plántulas a partir de los inventarios de distancia, se utiliza las densidades basadas en los resultados de los inventarios de superficies como dato más fiable.

Composición florística

Valor de importancia de una especie

El valor de importancia (I) de una especie se define como el producto de la cobertura media de porcentaje (c) por su frecuencia (f) y presenta valores entre 0 y 100.

$$I = d \times f \quad (\%) \quad [3]$$

En este estudio se comparan los valores de las especies en el estrato arbustivo que superan un valor de importancia de 0.1. En el estrato de árboles se elige las cuatro especies con el valor de importancia más alto. Este índice permite comparar los diferentes localidades.

Coefficiente de similitud de Sorensen

El coeficiente o índice de Sorensen “K” (Jongman *et al.* 1987) es un índice cualitativo muy utilizado para el cálculo de la similitud florística entre comunidades. Este índice no tiene en cuenta la abundancia/cobertura, sino exclusivamente la presencia de las especies. La ecuación es la siguiente:

$$K = 2c / (a + b) \quad [4]$$

siendo “c” el número de especies comunes en los dos comunidades y “a” y “b” el número total de especies en cada comunidad. “K” tiene valores entre 0 y 1. Este índice se utiliza para comparar la composición florística de los estratos arbustivos de las cuatro áreas de estudio.

Análisis multivariante mediante el Análisis de Correspondencia Corregido (DCA)

Otro método para comparar la composición florística nos lo ofrece los análisis multivariantes, especialmente cuando se trata de muchas muestras y muchas especies dado que estos análisis son capaces de reducir información redundante y representar la variación de datos de una forma más sencilla construyendo nuevos ejes de ordenación que reflejan las diferencias florísticas principales. Utilizamos el Análisis de Correspondencia Corregido (DCA, Hill 1979) debido a que poseemos un gradiente florístico suficiente largo, lo que suponen una repuesta unimodal de las especies presentes. Las coberturas de las especies han de ser transformadas de forma logarítmica antes de realizar el análisis para evitar la fuerte influencia fuerte de las especies más comunes.

Parámetros de crecimiento

Distribución de las clases de altura (edad)

La altura de un árbol es una medida que muestra en muchos casos una correlación con la edad del individuo. Clasificar los individuos según su altura nos sirve para tener una idea de la estructura de edad de la población. En consecuencia, la pirámide de altura elaborada se puede interpretar también como pirámide de edad. En este estudio se clasifica los individuos de los inventarios en clases de altura de 0,5 m. Las densidades se calculan en base a las proporciones de las clases de edades. La clase más pequeña entre 0 y 0,5 incluye todas las plántulas vitales.

4. Resultados

Este capítulo se divide en dos partes. En la primera parte se caracterizan y comparan las áreas de estudio mediante parámetros cuantitativos, mientras que en la segunda parte se describen éstas brevemente.

4.1. Resultados cuantitativos

En las diversas tablas y figuras que comparan las áreas de estudio a través de los valores que en ellas tomas diferentes parámetros se utiliza la siguiente simbología: „AS“ para Afur Sur, „AN“ para Afur Norte, „G“ para La Gomera y „T“ para Teno. Además, las letras que aparecen como superíndices (a, b, c, d) nos indican la existencia de diferencias significativas en los parámetros analizados. Los resultados más importantes de cada apartado se presentan, tras su discusión, en recuadros.

Caracterización de las áreas de estudio

Altitud, precipitación y exposición

En la tabla 2 se muestran los valores de la altitud, de la precipitación media y de la exposición de las áreas de estudio. El rango altitudinal ofrecido se refiere a la altitud de las parcelas más baja y más alta de cada estación. Los datos de precipitación media proceden de los datos de estaciones meteorológicas situadas en las cercanías. Obsérvese las diferencias importantes que existen en los periodos de seguimiento de cada una de ellas, ofrecidas entre paréntesis tras el dato pluviométrico. Por último, se ofrece el rango de la variación local de las exposiciones dentro de cada estación.

Tabla 2: Altitud, precipitación y exposición de las diferentes estaciones.

Estación	Altitud (m)	Precipitación (mm/año)*	Exposición	Rango
Azur Sur	275 – 400	255 (1986-1992) ¹	S	SE – SW
Afur Norte	250 – 375	255 (1986-1992) ¹	N	NE – NW
La Gomera	210 – 390	278 (1985-2000) ²	N	NE – NW
Teno	525 – 700	247 (1991-2000) ³	S	SE – SW

* Estaciones meteorológicas: ¹ Anaga-Afur Inchiros, Tenerife, ² Vallehermoso-Tamargada, La Gomera y ³ Buenavista-Teno Alto, Tenerife.

La estación Afur Sur presenta su máxima elevación a 400 m, 25 más que Afur Norte, mientras que La Gomera llega a 390 m. Teno es la estación mas alta con 700 m sobre el nivel del mar. Por su parte, las precipitaciones apenas se diferencian entre las distintas localidades, con 247 mm para Teno como el valor más bajo y 278 para La Gomera como el valor más alto. Afur Sur y Teno están expuestas al Sur, mientras que Afur Norte y La Gomera lo hacen al Norte. Tal vez la diferencia más importante entre las estaciones estudiadas es que Teno está situada unos 300 m por encima de las demás.

Parámetros descriptores de los puntos de muestreo

La tabla 3 muestra algunos de los parámetros tomados en los puntos de muestreo para cada localidad. Se ofrecen los datos máximo, medio y mínimo de cada parámetros en cada localidad, así como su desviación estándar.

Tabla 3: Parámetros descriptores de los puntos de muestreo.

Parámetro	Localidad	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación estándar	Número de muestras
Inclinación [°]	AN ^a	34	90	10	15	49
	AS ^b	30	80	5	16	50
	G ^c	43	80	5	17	50
	T ^d	24	60	5	13	50
Profundidad edáfica [cm]	AN ^a	9.33	23.38	0	5.71	49
	AS ^b	6.02	16.88	0	4.43	50
	G ^c	11.38	27.25	2.25	6.29	50
	T ^d	3.31	24.88	0	4.31	50
Suelo cubierto por rocas [%] (diámetro > 30 cm)	AN ^{ac}	21	93	0	29	49
	AS ^b	24	90	0	24	50
	G ^c	14	70	0	15	50
	T ^{ab}	25	85	0	21	50
	AN ^a	6	20	0	5	49

Suelo cubierto por piedras [%] (1cm < diámetro < 30 cm)	AN ^a	6	20	0	5	49
	AS ^b	84	36	2	32	50
	T ^d	30	70	4	18	50
Suelo cubierto por mantillo [%]	AN ^a	26	80	0	22	49
	AS ^a	24	85	1	24	50
	G ^a	26	95	1	22	50
	T ^b	16	80	1	16	50
Suelo no cubierto [%]	AN ^a	25	85	0	20	49
	AS ^a	22	60	3	16	50
	G ^a	21	65	3	13	50
	T ^b	6	38	0	7	50
Suelo cubierto por musgos [%]	AN ^a	12.6	55	0	13.5	49
	AS ^b	2.6	16	0	3.8	50
	G ^a	10.3	35	0	10.5	50
	T ^c	0	0	0	0	50
	AN ^a	14	50	0	12	49
	AS ^b	21	75	2	17	50
	G ^c	25	70	1	17	50
	T ^{bc}	25	80	3	20	50

Puede apreciarse como la localidad Teno muestra valores significativamente diferentes al resto de las localidades para seis de los ocho parámetros comparados. Es más, los parámetros inclinación, profundidad edáfica, y recubrimiento de piedras son significativamente diferentes para cada uno de las localidades analizadas, y en todas ellas teno posee valores extremos, con la menor profundidad e inclinación del terreno, pero con la mayor cobertura de piedras.

Los valores que presenta Teno de recubrimiento de mantillo y de suelo no cubierto son significativamente más bajos que el resto de las localidades, entre las cuales no existen diferencias significativas. Además, no se detectó en Teno cobertura de musgos, frente a los altos valores hallados en las dos localidades expuestas al norte, Afur Norte y La Gomera y los bajos de Afur Sur.

Cobertura vegetal en los puntos de muestreo

Las tablas 4 y 5 nos muestran el valor de la importancia (entendida como el producto de la frecuencia por su cobertura media) que adquieren las plantas leñosas en el estrato arbustivo de las diferentes localidades. Además, tras el nombre de la localidad se ofrece la

importancia media de las especies en dicho estrato en cada una de las estaciones. En esta tabla se recogen aquellas especies cuya importancia suponga al menos 0.1, por lo que se incluyen entre las especies más importantes. Por su parte, la tabla 5 recoge las leñosas de importancia en el estrato arbóreo de las diferentes localidades.

Tabla 4: Plantas leñosas más importantes en el estrato arbustivo de cada localidad en función de su valor de importancia (frecuencia x recubrimiento medio).

<i>Afur Sur</i> (0.47)	<i>Afur Norte</i> (0.77)	<i>La Gomera</i> (0.54)	<i>Teno</i> (0.79)
<i>Globularia salicina</i> (2.59)	<i>Artemisia thuscula</i> (7.97)	<i>Juniperus turbinata</i> (5.42)	<i>Euphorbia lamarckii</i> (5.50)
<i>Euphorbia lamarckii</i> (1.68)	<i>Rubia fruticosa</i> (1.49)	<i>Globularia salicina</i> (4.98)	<i>Rubia fruticosa</i> ssp. <i>melanocarpa</i> (2.11)
<i>Juniperus turbinata</i> (0.93)	<i>Juniperus turbinata</i> (0.53)	<i>Rubia fruticosa</i> (0.11)	<i>Euphorbia atropurpurea</i> (0.82)
<i>Rubia fruticosa</i> (0.88)	<i>Erica arborea</i> (0.47)		<i>Echium aculeatum</i> (0.41)
<i>Artemisia thuscula</i> (0.71)	<i>Euphorbia lamarckii</i> (0.17)		<i>Kleinia neriifolia</i> (0.39)
<i>Opuntia ficus-barbarica</i> (0.70)	<i>Rubus ulmifolius</i> (0.10)		<i>Rubia fruticosa</i> (0.10)
<i>Periploca laevigata</i> (0.53)			
<i>Jasminum odoratissimum</i> (0.23)			

La localidad Afur Sur adquiere los valores más altos de riqueza con hasta ocho especies diferentes con importancia superior a 0.1 en el estrato arbustivo. De estas ocho especies, siete presenta valores superior al promedio de la estación, por lo que aquí están representadas aproximadamente un tercio de las 18 arbustos leñosos bien representados. *J. turbinata* se sitúa tras *Globularia salicina* y *Euphorbia lamarckii* en tercer lugar de importancia. Es de notar la importancia que adquiere la especie introducida de América tropical *Opuntia ficus-barbarica*, que está amenazando la vegetación natural de las Canarias (Schönfelder & Schönfelder 1994).

La localidad Afur Norte está dominada por *Artemisia thuscula*, que muestra aquí no solamente altas frecuencias sino coberturas muy importantes, hasta el 80%. Su importancia es tal que tira de la del conjunto de la vegetación de esta estación elevando el valor medio de la localidad. Junto a *A. thuscula*, sólo *Rubia fruticosa* adquiere es así mismo cierta preponderancia. En total seis de las plantas leñosas aquí representadas pertenecen al conjunto

de las más importantes. De estas seis, cuatro –*E. lamarckii*, *J. turbinata*, *R. fruticosa* y *A. thuscula*– se presentan también en afur Sur entre las más importantes. Las otras dos, *Rubus ulmifolius* y *Erica arborea*, son indicadoras de humedad y por ello apenas representadas en Afur Sur. *J. turbinata* es la tercera especie en importancia en el estrato arbustivo de Afur Norte, pero en comparación con afur Sur y La Gomera obtiene aquí sus valores de importancia más bajos.

Los estratos arbustivos de la localidad de La Gomera están dominados por *J. turbinata* y *G. salicina*, siendo además las únicas especies que alcanzan valores de importancia por encima de la media de la estación. *R. fruticosa* también adquiere un valor superior a 0.1. En total en La Gomera se presentan hasta 20 especies en este estrato. Al contrario que en Afur Sur, aquí existen pocas especies con importancia y una pléyade de especies poco importantes que juegan un papel subordinado en el estrato arbustivo. La Gomera es la única localidad en la que *J. turbinata* domina simultáneamente los estratos arbustivos y arbóreos (Tabla 5).

En la localidad de Teno domina *E. lamarckii*. Comoquiera que aquí falta por completo el estrato arbóreo, esta especie constituye la más importante del lugar. *Rubia fruticosa* ssp. *melanocarpa* y *Euphorbia atropurpurea* están asimismo bien representadas, por encima del promedio de la localidad. Las tres especies son xerófilas. En total fueron encontradas hasta 12 especies en el estrato arbustivo, de las cuales la mitad adquirió una importancia de al menos 0.1.

Tabla 5: Valores de importancia de las diferentes especies leñosas representadas en el estrato arbóreo de las diferentes localidades.

<i>Afur Sur (8.00)</i>	<i>Afur Norte (3.07)</i>	<i>La Gomera (10.24)</i>	<i>Teno (0)</i>
Juniperus turbinata (24.003)	Juniperus turbinata (8.326)	Juniperus turbinata (20.486)	
Convolvulus floridus (0.0036)	Erica arborea (3.958)	Myrica faya (0.002)	
Erica arborea (0.0024)	Hypericum canariensis (0.011)		
	Convolvulus floridus (0.002)		

En Teno no existe estrato arbóreo, mientras que en el resto de las localidades domina *J. turbinata*, que presenta los valores más bajos en Afur Norte con 8.3 y los más altos en afur Sur con 24. En Afur Norte, junto a *J. turbinata* se encuentra *Erica arborea* fuertemente representado en el estrato arbóreo, con un valor de importancia aproximadamente igual a la mitad de la anterior. También el brezo participa de forma importante en el estrato arbustivo, con un valor (0.47) apenas inferior al de la sabina (0.53).

Similitudes florísticas entre las localidades

La similitud de las localidades desde el punto de vista de las especies leñosas que participan en el estrato arbustivo fué calculada entre cada pareja utilizando el índice de Sorensen (Fig. 7). Este índice toma valores entre 0 y 1, siendo los valores cercanos a la unidad indicativos de la existencia de una alta similitud florística entre las localidades comparadas.

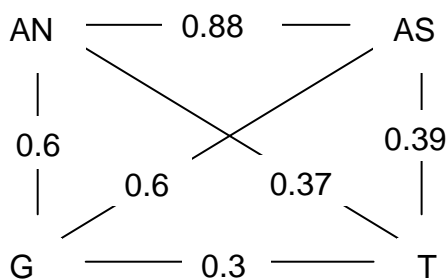


Figura 7: Similitud florística de Sorensen entre las localidades analizadas.

Las localidades más similares entre sí cuando se comparan en función de la composición de las especies leñosas del estratoarbustivo son las dos de Afur. De hecho ambas presentan la misma similitud con respecto a La Gomera. Por su parte las localidades de Teno y La Gomera son las más diferenciadas, diferencia así mismo existente entre Teno y las dos localidades de Anaga, siendo Afur Sur, expuesta al Sur al igual que Teno, algo más parecida a ella que Afur Norte.

Se analizó la composición en especies leñosas del estrato arbustivo, en un radio de tres metros a partir del punto de muestro, mediante un DCA (siglas inglesas del Análisis de Correspondencia Corregido). La figura 8 nos muestra la ubicación de los diferentes puntos de

muestreo de las distintas localidades en función de los dos primeros componentes de este análisis, Cada punto representa un punto de muestreo, a los que se han asignado formas y colores en función de la localidad a la que pertenezcan.

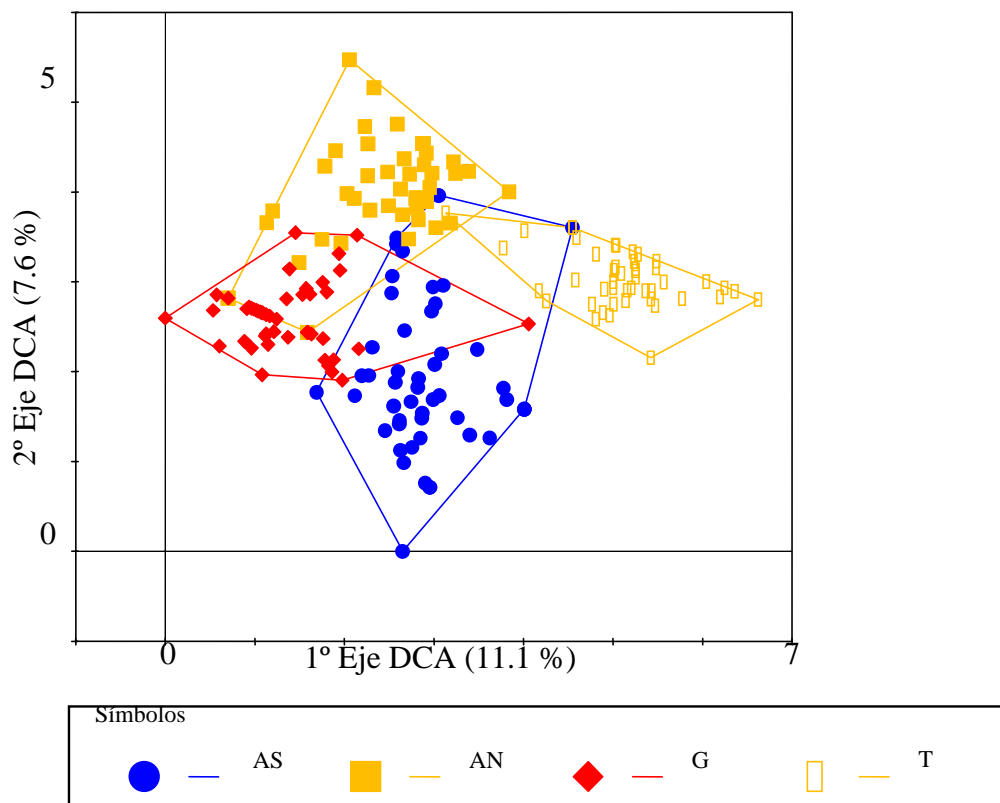


Figura 8: Representación resultante del DCA efectuado sobre las composiciones de plantas leñosas en el estrato arbustivo en un radio de tres metros a partir del punto de muestreo en todas las localidades. Los valores propios de los dos primeros ejes suponen 0,817 y 0,559, aclarando el 18,7% de la varianza total del sistema.

Como puede observarse en la figura 8 los 50 puntos de muestreo de cada localidad forman grupos bien cohesionados y a la vez bien diferenciados de las demás localidades, especialmente la localidad Teno, que se diferencia bien de las localidades en donde domina *Juniperus*, con las que comparte pocas especies. También resulta interesante el hecho de que La Gomera se posiciona entre las dos localidades de Afur.

Características del microhábitat de la plántula

Características de la superficie edáfica

La tabla 6 nos ofrece los porcentajes de establecimiento de plántulas de sabina en función de la tipología de la superficie edáfica.

Tabla 6: Porcentuales de establecimiento de plántulas de sabina en las diferentes localidades en función de las diferentes características de la superficie del suelo.

Localidad	Establecimiento según características de la superficie edáfica (%)						
	Musgos	Grava	Grietas	Mantillo	Suelo abierto	Hierbas	Matillo de acículas
Afur Sur	7.8	9.8	7.8	2	41.2	5.9	25.5
Afur Norte	35.8	11.3	0	11.3	18.9	5.7	17
La Gomera	15.7	15.7	3.9	21.6	25.5	2	19.6

En Afur Sur dominan micrositios de regeneración abiertos (42.2%), mientras que los más infrecuentes fueron aquellos micrositios con mantillo (2%). Sin embargo, en Afur Norte, la mayoría de las plántulas se establecieron sobre suelos cubiertos por musgos, y ninguna en grietas. Finalmente en La Gomera, se establecieron mayoritariamente sobre suelo abierto, mientras que en menor proporción lo hicieron bajo vegetación herbácea (2%).

Parámetros descriptores del lugar del establecimiento de la plántula

Para reconocer qué condiciones favorecen el establecimiento de las plántulas de sabina, se sometieron a un análisis estadístico los diferentes parámetros fisiográficos de los micrositios: inclinación, profundidad del suelo y cobertura edáfica. El análisis muestra que son significativamente más frecuentes como micrositios para el establecimiento de las plántulas de sabina los lugares con una mayor profundidad, mayor cobertura de mantillo y menor cobertura de rocas que los puntos elegidos al azar junto a las plántulas como controles ($p < 0.01$). El resto de los parámetros fisiográficos no muestra diferencias significativas entre unos puntos y otros.

Además, se realizó el mismo análisis pero diferenciado según localidades. Se observó como en Afur Sur, en donde se dio la profundidad de suelo más escasa (6 cm) dentro de las localidades con crecimiento de sabina, este parámetro se diferencia significativamente entre

los controles y los micrositios de germinación ($p < 0.05$). Sin embargo, en las localidades con mayor profundidad edáfica, Afur Norte y La Gomera con valores que oscilan entre 9 y 11 cm, no se encontraron diferencias significativas entre los puntos de establecimiento y los controles.

Protección de las plántulas de la radiación solar.

Para conocer la relación entre el grado de protección de las plántulas frente a la radiación solar directa y el porcentaje de hojas marrones (no funcionales, marchitas) se analizó el estado de 60 plántulas de La Gomera y Afur Norte, mostrándose el grado de sombreado existente sobre las plántulas y el número de hojas marrones significativamente correlacionadas (r Pearson = + 0.264; $p = 0.042$). De manera que aquellas plántulas que crecen con menor sombreado debido a plantas mayores posee menos acículas marrones y pueden considerarse como con mayor vitalidad que aquellas otras que crecen en micrositios ensombrecidos. De aquí cabría preguntarse si es exclusivamente la sombra la causante de este efecto o, si por el contrario, la sombra desencadena una competencia radicular por agua que genera el amarchitamiento foliar.

Influencia de los parámetros estructurales de la vegetación sobre *J. turbinata*

Crecimiento, vitalidad y profundidad edáfica en los individuos más fuertes de sabina

Por norma general se asume que los individuos grandes y viejos de sabina se han establecido en micrositios especialmente favorables para su crecimiento. Estos individuos podrán ofrecernos una idea de las posibilidades de un lugar, es decir de su productividad, para el crecimiento de las sabinas y de la forma en que éste ha ocurrido. La tabla 7 nos ofrece algunos parámetros descriptores del crecimiento (como altura, diámetro a la altura del pecho, más conocido por sus siglas inglesas DBH, y diámetro de la copa) y de la vitalidad (grado de cerramiento de la copa y porcentaje de acículas marchitas) de los 10 individuos mejor desarrollados de cada localidad. Se ofrecen los promedios, valores máximos y mínimos y error estándar de los parámetros comentados, que fueron analizados para detectar diferencias significativas.

Tabla 7: Forma típica de crecimiento, vitalidad y profundidad edáfica de los 10 individuos más desarrollados de sabina en cada localidad.

<i>Parámetro</i>	<i>Localidad</i>	<i>Promedio</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Error estándar</i>
Altura [cm]	AN ^{ab}	544	760	377	41
	AS ^a	629	860	520	34
	G ^b	485	630	290	34
DBH [cm]	AN ^a	86	150	50	9
	AS ^b	129	200	90	10
	G ^b	121	190	49	13
Diámetro de la copa [cm]	AN ^a	728	920	620	35.8
	AS ^a	755	1050	555	45.6
	G ^a	789	925	638	27.5
Cerramiento de la copa [%]	AN ^a	86	99	75	2
	AS ^b	76	90	55	4
	G ^{ab}	82	97	50	4
Acículas marrones [%]	AN ^a	4	12	1	1
	AS ^a	6	15	1	2
	G ^a	6	12	2	1
Profundidad edáfica [cm]	AN ^{ab}	10.8	16.9	2.3	1.7
	AS ^a	6.6	19.3	1.3	1.9
	G ^b	13.4	24.1	3.5	2.1

Los supraíndices indican diferencias significativas

Parámetros de crecimiento: altura, DBH y diámetro de la copa

La tabla anterior nos permite observar que los árboles mejor desarrollados de La Gomera son significativamente más pequeños que los de Afur Sur, aunque entre los diámetros de la copa y a la altura del pecho no existen diferencias significativas. De hecho, parece que las sabinas gomeras estudiadas poseen diámetros de copa mayores que las de Afur Sur. Por su parte, en Afur Norte, los individuos más robustos posee significativamente menor DBH que los de las otras localidades, y aunque muestran diferencias en la altitud y el diámetro de copa con los más robustos de las otras localidades estas diferencias no son significativas. Poseen los diámetros de copa más pequeños, son más altas que las gomeras aunque más bajas que las de Afur Sur. Hasta qué punto son más bajas por las condiciones del lugar o por ser más jóvenes es algo que desconocemos.

Parámetros indicativos de la vitalidad: Cerramiento de copa y marchitamiento acicular

Los individuos más robustos de Afur Norte se diferencian significativamente de sus congéneres de Afur Sur por una poseer una copa más cerrada, mientras que las sabinas gomeras no se diferencian en este parámetro de las de Anaga. En lo que al marchitamiento de las acículas respecta no se han detectado diferencias significativas entre ninguna localidad. En todas las localidades los 10 individuos más robustos presentan una vitalidad promedio superior a la del resto de los individuos arbóreos de dicha localidad.

Profundidad de suelo

Las sabinas más vigorosas de La Gomera crecen en suelos más profundos que los de Afur Sur, mientras que en el resto de las comparativas no existen diferencias significativas. Además, es de interés saber que las profundidades del suelo son siempre más importantes en los sitios donde crecen los árboles más vigorosos que en los controles, aunque dichas diferencias nunca se mostraron significativas.

Forma típica del crecimiento de los árboles dominantes

La tabla 8 nos ofrece los promedios de los parámetros de crecimiento de los árboles dominantes de cada localidad. El parámetro „dominancia parcial“ nos indica el porcentaje de sabinas que hay entre los árboles dominantes de cada localidad.

Tabla 8: Valores medios que alcanzan los parámetros de crecimiento de los árboles dominantes en cada localidad.

<i>Localidad</i>	<i>Dominancia parcial</i>	<i>Altura [cm]</i>	<i>Altura de la 1ª ramificación [cm]</i>	<i>Diámetro del tronco a ras de suelo [cm]</i>	<i>DBH [cm]</i>	<i>Frecuencia de ramificación</i>	<i>Diámetro de la copa [cm]</i>
Afur Sur	46%	317	10	64	28	0.833	453
Afur Norte	47%	321	14	67	28	0.583	459
La Gomera	44%	347	4	81	45	0.842	523

En las tres localidades las sabinas participan entre un 4 y un 47% en la dominancia del estrato arbóreo. Al contrario de como ocurrió al analizar los diez árboles más vigorosos, donde los más altos estaban en Afur Sur, por término medio los más altos fueron encontrados en La Gomera. Para todos los parámetros de crecimiento estudiados los individuos gomeros muestran los valores mayores. Es particularmente interesante comparar los valores del DBH (diámetro a la altura del pecho) y el diámetro a la altura del suelo, en donde los árboles gomeros se desmarcan claramente por encima del resto de las localidades. Los DBH de los árboles gomeros se diferencian significativamente ($p < 0.05$), mientras que el diámetro a ras de suelo aún siendo mayores no son significativos por un estrecho margen.

Por su parte, las copas comienzan a formarse en todas las localidades muy cerca del suelo. La frecuencia de ramificación alcanza valores similares en la Gomera y Afur Sur, y en ambos casos es superior a la mostrada por Afur Norte.

Vitalidad media del estrato arbóreo

La vitalidad de la sabina está claramente influida por las características de la localidad en la que crece. La tabla 9 nos compara la vitalidad de las sabinas de cada localidad en función de las características del lugar de crecimiento. Se ofrecen valores medios, máximos y mínimos, desviación estándar y número de muestras, datos testados para encontrar diferencias significativas.

Tabla 9: Parámetros vitales de *J. turbinata* en el estrato arbóreo.

Parámetro	Localidad	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación estándar	Número de muestras
Cerramiento de la copa [%]	AN ^a	80	97	20	13	48
	AS ^b	68	93	20	15	50
	G ^a	76	98	50	12	50
Marchitamiento foliar [%]	AN ^a	8	30	1	5	49
	AS ^b	13	30	1	8	50
	G ^a	9	20	2	5	50
Número de furtos /200 cm ² de área de copa	AN ^a	5.796	35.5	0	9.493	49
	AS ^b	3.069	27.75	0	5.691	50
	G ^a	5.65	19.5	0	5.233	50
Perímetro del fruto [cm]	AN ^a	3.9	4.5	2.5	.5	41
	AS ^b	3.4	4.2	2	.5	41

	G ^c	4.6	5.7	3.5	.5	45
Número de frutos /200 cm ² de suelo bajo la copa	AN ^a	3.224	18.5	0	4.894	49
	AS ^b	2.08	12.75	0	2.587	50
	G ^a	3.527	18.75	0	4.189	50

Los superíndices muestran diferencias significativas.

Para todos los índices de vitalidad estudiados se diferencia significativamente la localidad de Afur Sur de La Gomera y Afur Norte: posee los promedios más bajos de cerramiento de copa, la fracción más alta de marchitamiento foliar, el número más bajo de frutos en la copa y sobre el suelo, así como los frutos más pequeños. Por su parte, las otras dos localidades se reparte los valores más altos de vitalidad. El cerramiento de la copa, el marchitamiento foliar y el número de frutos son en general ligeramente más altos en Afur Norte que en La Gomera, aunque estas diferencias son estadísticamente no significativas. Los frutos más grandes se encuentran en La Gomera, existiendo diferencias significativas entre todas las localidades respecto a este parámetro.

La Gomera se distingue bien de las demás localidades en base a los valores máximos y mínimos: el cerramiento mínimo de la copa alcanza el 50%, por sólo el 20% de ambas estaciones en Anaga. La fracción máxima de hojas marchitas se sitúa en La Gomera en el 20%, 10 puntos por debajo de los valores individuales en Afur Norte y Sur donde se alcanzan valores del 30%. También en La Gomera se obtienen los valores más bajos de los máximos de frutos en la copa, mientras que muestra simultáneamente los tamaños de fruto más grandes y pequeños.

Estructura de la vegetación

Cobertura

La tabla 10 nos ofrece la cobertura media, la frecuencia y el valor de importancia del estrato arbustivo en los círculos de 1 y 3 m de radio definidos alrededor del punto de muestro, así como los mismos parámetros descriptivos del estrato arbóreo en los círculos de 1, 3 y 5 m de radio.

Tabla 10: Recubrimiento, frecuencia y valor de importancia de *J. turbinata*.

Localidad	Radio del círculo	Estrato	Cobertura media [%]	Frecuencia [1]	Importancia [%]
Afur Sur	1 m	Arbustivo	0.23	0.06	0.01
		Arbóreo	26.36	0.48	12.65
	3 m	Arbustivo	2.74	0.34	0.93
		Arbóreo	27.72	0.78	21.62
	5 m	Arbóreo	26.67	0.90	24.00
	Afur Norte	1 m	Arbustivo	0.49	0.10
Arbóreo			11.08	0.22	2.49
3 m		Arbustivo	1.61	0.33	0.53
		Arbóreo	11.24	0.49	5.51
5 m		Arbóreo	11.64	0.71	8.32
La Gomera		1 m	Arbustivo	7.12	0.32
	Arbóreo		32.01	0.58	18.57
	3 m	Arbustivo	7.13	0.76	5.42
		Arbóreo	24.50	0.82	20.09
	5 m	Arbóreo	21.34	0.96	20.49

En el estrato arbustivo, la sabina obtiene en este estrato sus valores más altos de cobertura y de frecuencia en la localidad gomera. Por su parte, en lo que al estrato arbóreo respecta, es Afur Sur quien obtiene los valores más altos de cobertura, con cerca de 26%, siendo en La Gomera con 22% algo inferiores y muy inferiores en Afur Norte con sólo el 11%, la mitad de La Gomera. Las frecuencias en el círculo de 5 m de radio varían entre 0.78 en Afur Norte y 0.96 en La Gomera.

Dependiendo del radio, las coberturas apenas varían en Afur (AS: 26.36 – 27.72%; AN: 11.08 – 11.64%), lo que habla de un estrato arbóreo relativamente homogéneo. En La Gomera, sin embargo, la frecuencia disminuye con el radio del círculo.

Densidad de la vegetación

La tabla 11 nos enseña el número de pies de sabina por hectárea por estrato y localidad, calculado por dos vías: i) según el método del individuo más próximo (IMP, ver métodos) y ii) mediante recuento.

Tabla 11: Densidad de *J. turbinata*.

<i>Localidad</i>	<i>Estrato</i>	<i>Método</i>	<i>Número de pies/ ha</i>
Afur Sur	Plántula	IMP	113
		Recuento	227
	Arbustivo	IMP	89
	Arbóreo	IMP	202
	Ambos	IMP	291
Afur Norte	Plántula	IMP	178
		Recuento	655
	Arbustivo	IMP	79
	Arbóreo	IMP	90
	Ambos	IMP	169
La Gomera	Plántula	IMP	841
		recuento	1039
	Arbustivo	IMP	303
	Arbóreo	IMP	184
	Ambos	IMP	487

Comparación entre los estratos arbustivo (50-200 cm) y arbóreo (>200 cm)

Se evidencia que en las dos localidades de Afur el número de pies en el estrato arbustivo es menor que en el arbóreo. Especialmente desigual es Afur Sur en donde el estrato arbóreo agrupa a casi el 70% de los individuos sin considerar las plántulas. En Afur Norte, este balance está más compensado con un valor cercano al 53 %. Muy diferentes es la situación de la localidad gomera, donde el estrato arbustivo domina en el número de individuos con el 62% de ellos sin considerar las plántulas.

Plántulas (< 50 cm)

La mayor densidad de plántulas de encuentra en La Gomera, mientras que las más baja ocurre en afur Sur. Las cifras exactas dependen en gran medida del procedimiento seguido para su evaluación. En La Gomera, donde se encontró el mayor número de plántulas, el estrato arbustivo es también el mas ´densamente representado.

En Afur Norte hay aproximadamente la mitad de plántulas que en La Gomera, lo que parece ser un reflejo de la importancia del estrato arbóreo, que en Afur Norte también es sólo la mitad de denso que en La Gomera, y consecuentemente produce aproximadamente la mitad

de frutos. Este dato cuadraría bastante bien con que el número de plántulas en Afur Norte sea de la mitad, si consideramos que hay una relación directa entre producción de frutos y establecimiento de plántulas. De hecho una correlación demuestra que la producción de frutos / ha se encuentra altamente relacionada ($R^2 > 0.93$) con el número de plántulas establecidas. No obstante, como sólo pudieron analizarse tres localidades dicha correlación no es significativa.

Distribución de las clases de altura

Las figuras 8, 9 y 10 representan la distribución de las clases de altura para las diferentes localidades. Las barras representan clases de altura de 0.5 m, que han sido coloreadas de forma diferente en función del estrato al que pertenezcan: Estrato de plántulas (verde claro), arbustivo (verde oliva) y arbóreo (verde oscuro). Para cada barra se da su altura y número de individuos que la componen.

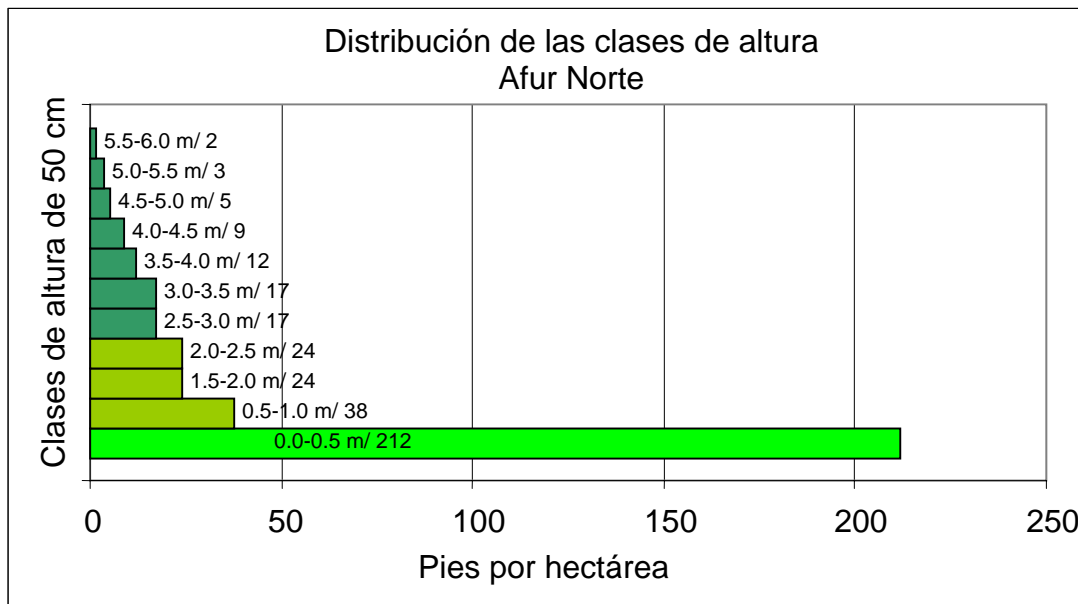


Figura 8: Distribución de clases de altura en Afur Norte. El número de pies por ha en los estratos arbustivo y arbóreo es de 168.

La distribución actual (2005) de las clases de altura en Afur Norte muestra una estructura por la cual la importancia numérica de cada clase de tamaño va decreciendo progresivamente

según aumenta el tamaño, como sería de esperar en una población equilibrada, con la única excepción de que la clase 1.0-1.5 m no está representada. Por su parte, como se puede apreciar en la base de la figura, el estrato de plántulas está muy bien representado.

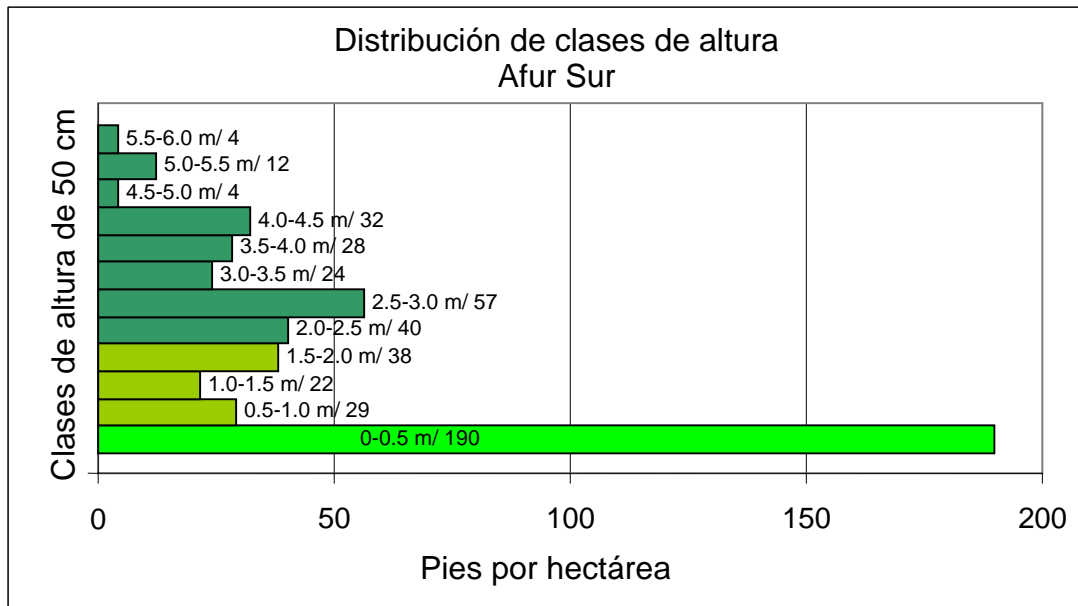


Figura 9: Distribución de clases de altura en Afur Sur. El número de individuos por ha en los estratos arbustivo y arbóreo es de 290.

A diferencia del caso anterior, la distribución actual (2005) de clases de altura en la localidad de Afur Sur es bastante irregular. El estrato arbustivo está escasamente representado, mientras que las alturas de transición entre los estratos arbustivo y arbóreo (1.5-3.0 m) sí están bien representadas, y de hecho siendo progresivamente más numerosas al ganar en altura. Así mismo, las clases de mayor altura están de nuevo subrepresentadas con distribuciones irregulares entre ellas. Finalmente, de nuevo las plántulas están muy bien representadas en el diagrama.

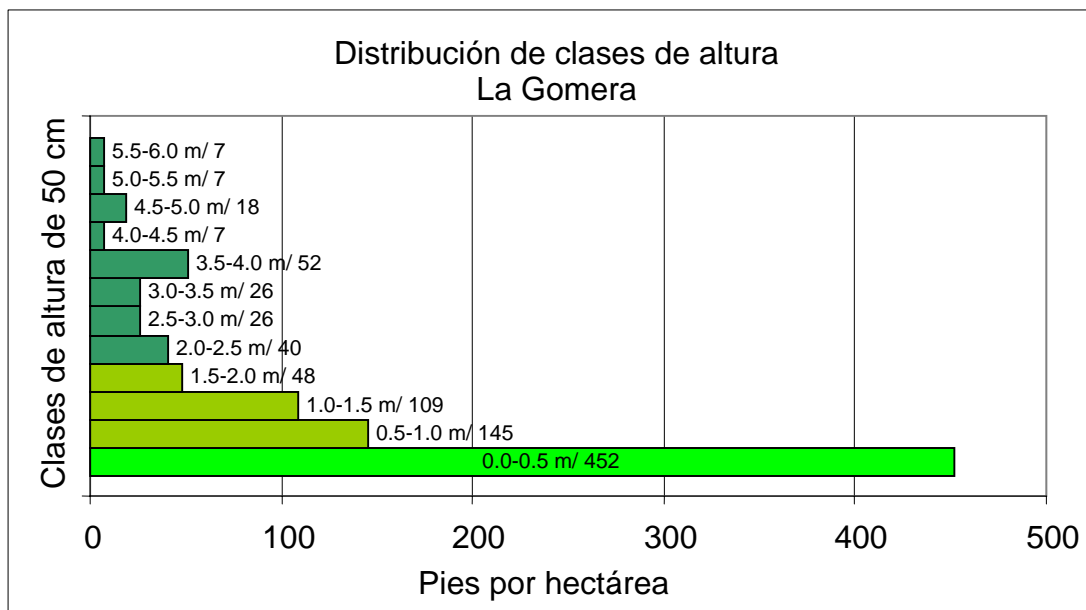


Figura 10: Distribución de clases de altura en Afur Sur. El número de individuos por ha en los estratos arbustivo y arbóreo es de 485.

La figura 10 nos ofrece la distribución actual (2005) de las clases de altura en la localidad de La Gomera, que responde a un patrón similar al detectado en Afur Norte, tal vez con la excepción de que las clases de altura 3.5-4.0 m y 4.5-5.0 m están sobrerrepresentadas. Una diferencia adicional a Afur Norte es la mucho mayor densidad de pies por hectárea (hecho observable en las unidades representadas en las abscisas).

Dinámica vegetal

Rejuvenecimiento

Las figuras 11, 12 y 13 nos ofrecen los datos del estado de vitalidad de los diferentes pies de plantas por estrato y localidad. Se distinguieron tres tipos de vitalidad: individuos muertos (en rojo), individuos debilitados (en naranja) e individuos vitales o en forma (en verde oscuro). Las abscisas, con escalas diferenciadas según la localidad, nos proporcionan la cantidad de individuos por hectárea y estado vital.

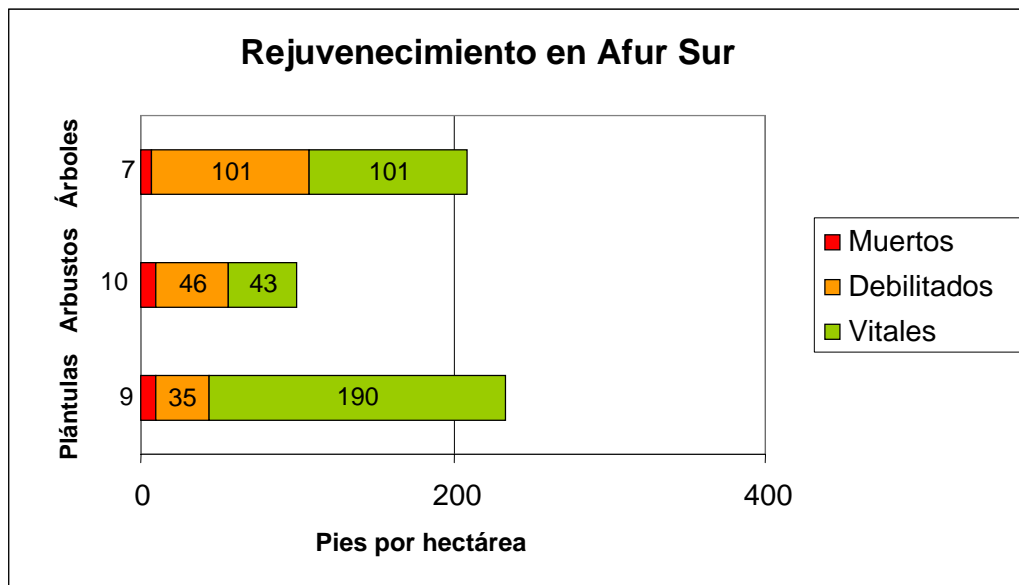


Figura 11: Rejuvenecimiento en Afur Sur.

En cada estrato de Afur Sur se contabilizaron aproximadamente el mismo número de individuos muertos por hectárea, aunque porcentualmente diferenciados: en el estrato arbóreo suponen un 3%, en el arbustivo un 10 % y en las plántulas un 4%. De esta forma la capa arbustiva, la menor representada tiene también el mayor número de individuos muertos. Una posible explicación a este fenómeno podría estribar en la competencia de las raíces de los individuos pertenecientes a los estratos arbustivo y arbóreo por agua, hecho que también podría explicar el porcentaje de árboles muertos. Llama la atención el alto porcentaje de plántulas en forma (81%), mientras que en los dos otros estratos el número de individuos vitales y debilitados es aproximadamente el mismo.

Los estratos arbustivo y arbóreo de Afur Norte están participados en similar medida por individuos vitales e individuos debilitados, aunque no así en el número de individuos muertos, siete entre los árboles por ningún arbusto. Las plántulas suponen un total de 662 individuos por ha., de las cuales un 2% están muertas, un 66% debilitadas y un 32% vitales. Pese a que casi no existen plántulas muertas, sí hay muchas debilitadas. La promoción de las plántulas parece no obstante asegurada, pese al bajo número de arbustos y árboles que hay en esta localidad, en comparación con las demás, lo que tal vez estuviera relacionado con la edad del lugar, mucho más joven que las otras localidades. Las plántulas no habrían tenido aún tiempo

de alcanzar el estatus de arbusto o de árbol. Por ello la producción de frutos es también muy escasa, por la ausencia de sabinas adultas.

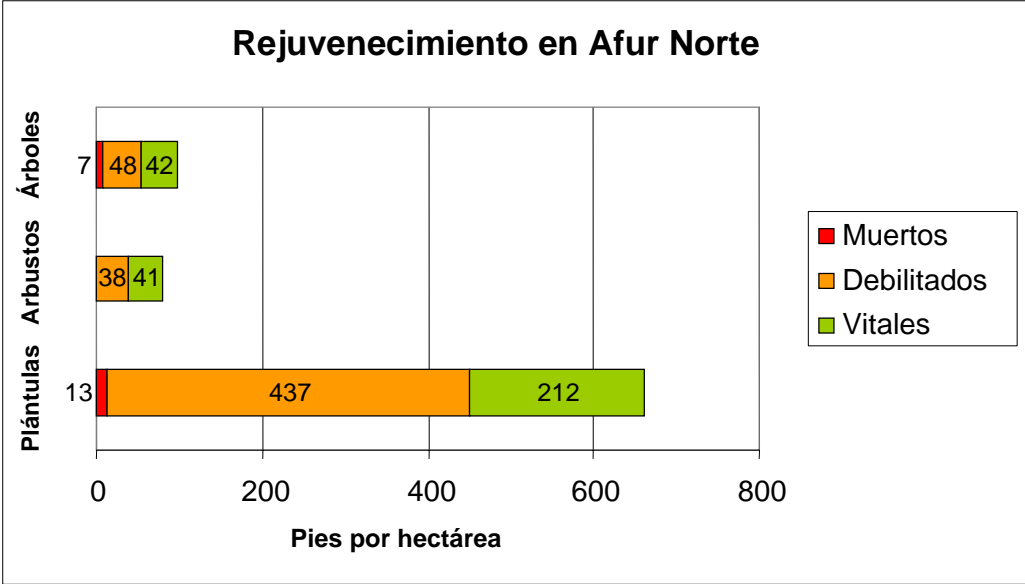


Figura 12: Rejuvenecimiento en Afur Norte.

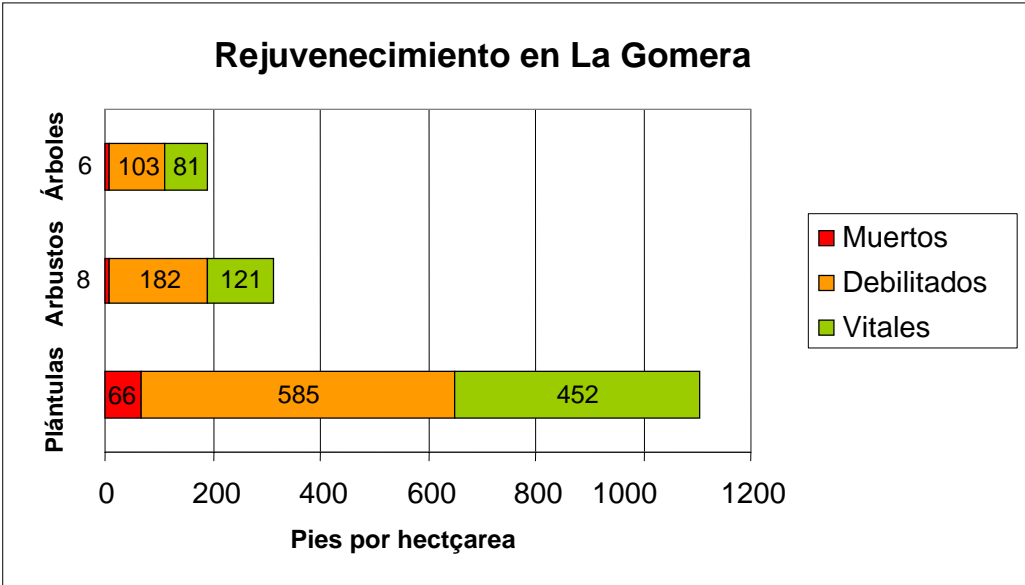


Figura 13: Rejuvenecimiento en La Gomera

Aunque en La Gomera crece de forma importante el número total de individuos representados en cada uno de los estratos, las proporciones de los mismo en función de su

estado de vitalidad es aproximadamente igual: los individuos más vitales y los debilitados son los más numerosos en todos los estratos, mientras que los muertos sólo tienen alguna importancia entre las plántulas (6%).

Comparación de los diagramas de rejuvenecimiento

Tanto en Afur Norte como en La Gomera el estrato de las plántulas está claramente representado en comparación con el arbustivo o arbóreo. Sin embargo, en Afur Sur se encontraron pocas plántulas, y aunque la gran mayoría (> 80%) está en buen estado de vitalidad, en números absolutos suponen menos que en las otras dos localidades. Teniendo en cuenta los valores obtenidos en La Gomera y Afur Norte, en Afur Sur serían de esperar un estrato arbustivo y arbóreo más débilmente representados, lo que de hecho ocurre. Las sabinas arbóreas, con un 8%, suponen la mayor fracción de árboles muertos de todas las localidades.

4.2. Resultados cualitativos

Diversidad vegetal del estrato herbáceo

La tabla 12. nos ofrece las especies herbáceas más frecuentes que participan en la comunidad de los sabinares en cada localidad.

Tabla 12: Especies herbáceas más frecuentes, ordenadas alfabéticamente, en las diferentes localidades analizadas.

Afur Sur	Afur Norte	La Gomera	Teno
<i>Aeonium lindleyi</i>	<i>Aeonium lindleyi</i>	<i>Aeonium viscatum</i>	<i>Avena</i> sp.
<i>Bituminaria bituminosa</i>	<i>Asphodelus aestivus</i>	<i>Asteriscus spinosus</i> (= <i>Pallenis spinosa</i>)	<i>Asteriscus spinosus</i> (= <i>Pallenis spinosa</i>)
<i>Lavandula canariensis</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i>	<i>Bituminaria bituminosa</i>
<i>Plantago arborescens</i>	<i>Lavandula canariensis</i>	<i>Brachypodium</i> sp.	<i>Phalaris</i> sp.
<i>Satureja</i> sp.	<i>Satureja</i> sp.	<i>Lotus emeroides</i>	
		<i>Satureja</i> sp.	

Dos especies que crecen bajo la protección de la sabina, *A. lindleyi* en Afur Norte y Sur, como *A. viscatum* (*A. lindleyi* var. *viscatum*) en La Gomera, forman habitualmente la

mayor proporción del estrato herbáceo. Además, *Lavandula canariensis* fue frecuente en Afur Sur, aunque escasa en Afur Norte. Posiblemente debido a la gran cobertura de *Artemisia thuscula*, (componente del estrato arbustivo) en Afur Norte el estrato herbáceo se presenta aquí muy reducido. Además, aquí se presenta una especie de líquen tapizante del suelo con estructura de musgo, aunque fue detectada en estado vital reseca. Además, la tederia (*Bituminaria bituminosa*) está mucho menos representada en Teno que en el resto de las localidades.

Especies del bosque termófilo ausentes

Algunas especies características de los bosques termófilos como (*Maytenus canariensis*, *Bosea yervamora*, *Justicia hysopifolia*, *Sideroxylon murmulano*, *Pistacia atlantica* o *Withania aristata*), no fueron detectadas en ninguna de las localidades analizadas. Del acebuche (*Olea europaea* ssp. *Cerasiformis*) sólo se detectó un individuo arbustivo en La Gomera.

Dispersión zoocora de la sabina

Los considerados como mejores dispersores de los frutos de *Juniperus* en Canarias, los cuervos (*Corvus corax tingitanus*) se han vuelto raros en las últimas décadas. Dispersores más abundantes son, sin embargo, los mirlos (*Turdus merula*), las ratas (*Rattus rattus*), y sobre todo, los lagartos (*Gallotia* sp.). Durante los tres meses de trabajo de campo sólo hemos detectado en Afur una única vez una pareja de cuervos, lo que parece contradecir la afirmación de que este animal juega un papel importante en la dispersión de la sabina (Ceballos y Ortuño 1976, Gaissberg 2005). Especialmente en La Gomera pero sólo puntualmente en Afur fueron encontradas bajo sabinas frutos depredados y excrementos con semillas de sabina, que posiblemente pertenezcan a ratas de campo

Algunas particularidades de las localidades analizadas:

Afur Sur y Afur Norte

- El color de las acículas de sabina de Afur Norte es mucho más intenso que el de Afur Sur, en donde las más cercanas al cauce del barranco frente a las más elevadas en altitud, muestran así mismo un déficit de color.
- La intensidad del color de las agujas disminuyó también en ambas localidades durante el trabajo de campo (Mayo a Julio), hecho que podría deberse al incremento de la aridez al aproximarnos al verano.
- *Erica arborea* está representada en Afur Norte en mayor o menor medida por toda la localidad, pero fue más abundante en altitudes mayores. En Afur Sur sólo está representada en los lugares más húmedos.
- La especie introducida *Opuntia ficus-barbarica* es muy numerosa en Afur Sur, aunque nunca alcanzó alturas superior a 50 cm. La mayor parte de los individuos fueron incluidos por su escasa altura en el estrato herbáceo.

La Gomera

- En lugares expuestos al viento, especialmente en los lugares cercanos a las crestas, las copas expuestas de sabina no poseen acículas, creciendo en su lugar líquenes. Sin embargo, a sotavento, las copas sin embargo no muestran déficit foliares; ni tampoco los individuos más cercanos a los cauces de los barrancos. Durante el trabajo de campo se observaron vientos más habituales que en Afur, lo que podría estar relacionado con las copas incompletas de La Gomera.
- Existen zonas pequeñas en las que se encontraron restos de arbustos quemados, zonas en las que faltan individuos altos de *J. Turbinata*, estando sin embargo *Agave americana* muy representada. Fuera de las áreas de estudio se encontraron zonas con claros indicios de haber sido pasto del fuego. Presumimos por ello, que las manchas de *J. turbinata* lejanas de los barrancos, pueden estar amenazadas por los incendios en las épocas más secas (Ceballos & Ortuño 1976).

- En la mayor parte de los individuos arbóreos de *J. turbinata* las ramas más próximas al suelo han sido taladas por algún motivo que desconocemos, aunque tal vez relacionado con la intención de evitar los comentados incendios. También podría ocurrir que dichas ramas tengan un uso tradicional en agricultura o ganadería o artesanía
- *Visnea mocanera* sólo fue observada en las partes más altas de los barrancos, donde también abunda más *Myrica faya* que respecto a las zonas más bajas.

Teno

- Salvo en las terrazas ancestrales, el suelo está fuertemente erosionado y cubierto de piedras de tamaño importante. Prácticamente no existen zonas con tierra fina y una estructura edáfica.
- Debido a la ausencia de un estrato arbóreo y a la casi ausencia de un arbustivo, existen pocos lugares sombreados, por lo que las especies tolerantes a la sequía poseen ventajas competitivas y dominan el paisaje.
- Han sido encontrados muchos individuos de *Echium aculeatum* parcial o totalmente muertos.
- Especialmente en las zonas más occidentales de las localidades analizadas, fueron encontrados individuos de *Euphorbia canariensis*, lo que podría hablar de una profundidad escasa del suelo en estas zonas.

5. Discusión

5.1. El estado de madurez de las poblaciones estudiadas

Afur Sur

En el sabinar de Afur Sur, la vitalidad de los individuos es más baja que en los dos sabinares estudiados en Afur Norte y La Gomera. Tal hecho lo corroboran los parámetros de vitalidad significativamente más bajos de las tres áreas de estudio, en concreto la vitalidad de los individuos adultos, el porcentaje de hojas marrones y la cobertura de la copa. Además, se puede observar que las hojas de los individuos de *J. turbinata* en Afur Sur tienen en general un color más claro que también indica una vitalidad más reducida. Sin embargo, no parece coincidir con esta tendencia el hecho de que Afur Sur tiene un porcentaje alto de plántulas vitales.

No obstante, la reducida vitalidad existente en Afur Sur se podría explicar en función de unas condiciones más áridas que influyen la productividad y vitalidad de la población. Pese a que las precipitaciones medias anuales son muy parecidas en las tres áreas de estudio, Afur Sur tiene una orientación (al sur) que aumenta drásticamente la evapotranspiración, y asimismo, cuenta con los suelos menos profundos, lo que influye negativamente en la capacidad de retención del agua en el suelo. Estos dos factores reducen la cantidad de agua disponible para las plantas, factor ambiental limitante en la productividad en el piso basal de Canarias (Otto *et al.* 2001).

Coherente con esta conclusión es la abundancia de especies del cardonal-tabaibal en Afur Sur y la pobre presencia de musgos. *Euphorbia canariensis* es una especie que suele crecer sin problemas en lugares secos con suelos pobremente desarrollados (v. Gaisberg 2005). La presencia de otras especies con un valor de importancia alto, como *Rubia fruticosa* y *Euphorbia lamarckii*, indican claramente que se trata de un sabinar seco (Rodríguez *et al.* 1990). También coincide con esta tendencia la observación que las plántulas en Afur Sur crecen preferentemente en lugares con suelos significativamente más profundos que en los puntos de muestreo que representan las condiciones normales. Por lo tanto, las plántulas

podrían mostrar una vitalidad elevada porque crecen en micro-sitios favorables. Intentan evitar las condiciones de estrés hídrico que reina generalmente en el lugar.

La estructura de la población indica que el sabinar en Afur Sur está bien desarrollado. La densidad de individuos en el estrato de los adultos es el doble de la densidad en el estrato arbustivo. Además, en el estrato arbustivo encontramos un porcentaje relativamente alto de individuos muertos (10%). Esto nos indica que en esta población probablemente existe una fuerte competencia intraespecífica tanto dentro del estrato arbustivo, como entre el estrato arbustivo y el estrato arbóreo, lo que significaría que la población habría alcanzado la capacidad de carga del lugar, es decir, la población estaría en equilibrio con las condiciones ambientales y la densidad de individuos no aumentará significativamente en el futuro. La elevada competencia intraespecífica por los recursos hídricos explicaría la reducida vitalidad de los individuos, señal de una exclusión por competencia. El análisis de fotos aéreas de 1953 en Afur documenta el aumento de la densidad de individuos en los últimos 50 años.

No obstante, se considera el estado de madurez de la población de *J. turbinata* en Afur Sur como mediocre. La alta presencia de plantas introducidas como *Opuntia maxima*, la ausencia de especies típicas del sabinar como *Olea europaea*, *Pistacia atlantica* o *Bosea yervamora* (Rodríguez *et al.* 1990, Hohenester & Welss 1993, Schneider 2004), la abundancia de individuos con ramas cortadas y la presencia de muchos senderos de cabras nos indica una perturbación fuerte por la acción humana en el pasado. El pastoreo es muy reducido hoy en día, pero no ha cesado.

Tamargada (La Gomera)

El sabinar de Tamargada en La Gomera parece ser el más húmedo de los tres estudiados, respecto los recursos hídricos disponibles para las plantas. Ello se refleja en la vitalidad de los individuos de *J. turbinata*, en concreto en el alto porcentaje de individuos vitales, el bajo porcentaje de hojas marrones y una cobertura de copa elevada. La orientación es hacia el Norte y el porcentaje de musgos en el suelo es el más alto, además de poseer el suelo significativamente más profundo de todos los sitios. También su composición florística, con

la presencia de *Visnea mocanera* y *Myrica faya* en la parte más alta, nos indica que se trata de un sabinar húmedo (Rodríguez *et al.* 1990).

Se supone, que el sabinar de La Gomera se encuentra en un estado de desarrollo avanzado, dado que la densidad de individuos adultos es alta (200 troncos / ha). La densidad de individuos en el estrato arbustivo es también muy alta lo que significa una buena regeneración. La estructura de clases de edades parece equilibrada. La falta de señales de una competencia intraespecífica (el porcentaje de individuos muerto es bajo) y la cobertura de vegetación de un 20% nos indica que este sabinar más húmedo y productivo probablemente todavía no ha alcanzado la capacidad de carga del lugar. El número de individuos y la altura media de los individuos adultos posiblemente van aumentar en el futuro. La cobertura de un sabinar húmedo maduro debería ser más alta y superar tal vez los 50%. V. Gaisberg (2005) menciona un rango de cobertura de 15 a 80% para la asociación fitosociológica Rubio-Juniperetum.

La baja frecuencia de plantas exóticas como *Agave americana* y *Opuntia maxima* y la falta de indicios de una actividad agrícola en el área de estudio, nos hablan de un sabinar poco perturbado en el pasado. El estado de madurez se considera bastante bueno. No obstante, debió de existir una explotación de madera bastante intensiva en el pasado ya que se encontraron muchos individuos de *J. turbinata* con ramas cortadas.

Afur Norte

La vitalidad de los individuos del sabinar de Afur Norte es buena, puesto que la cobertura de copa es alta y el porcentaje de hojas marrones es bajo. Aquí también suponemos una relación entre la vitalidad de los individuos y la cantidad de recursos hídricos disponibles. La orientación Norte y la alta frecuencia de un elemento de la laurisilva, como el brezo (*Erica arborea*) indica que se trata de un sabinar húmedo. Se considera un sabinar en fase de desarrollo o regeneración dado que la cobertura es aproximadamente un 10% inferior al rango establecido para un sabinar (15% según V. Gaisberg 2005) y la densidad de individuos es la más baja de los tres sabinares (170 individuos / ha para los dos estratos). Además, el número de individuos muertos es el más bajo con 7 / ha. Otro indicio de un estadio inicial de la

sucesión son los valores de importancia altos que obtienen especies pioneras como *Artemisia thuscula* ligada al matorral costero (Otto *et al.* 2005) y *Erica arborea* ligada al monteverde (Fernández-Palacios *et al.* 2004). Atípico para una población en fase de regeneración es el alto porcentaje de individuos adultos en comparación con los arbustos. Una explicación podría a este hecho podría estribar en que cuando cortaron el sabinar por última vez, probablemente hace unos 50 años, eliminaron sobre todo los arbustos y individuos pequeños y respetaron los individuos grandes, que es lo que hoy se refleja en la clase de los adultos.

Los cultivos abandonados en los alrededores indican un uso agrícola de la zona, como también la presencia de especies introducidas como la pitera (*Agave americana*). Este sabinar fue probablemente cortado para la explotación de madera y para el pastoreo en el pasado por ser una zona más húmeda donde crecen mejor las hierbas para las cabras y donde se podía sembrar algo de trigo en los bancales. El análisis de las fotos aéreas de 1953 muestra claramente que el sabinar Afur Norte era mucho menos denso y gran parte de los individuos jóvenes (tal vez < 2 m) que existen hoy tienen menos de 50 años de edad lo que significa la recuperación del sabinar en este lugar fue relativamente rápida, lo que indudablemente se relaciona con condiciones ambientales favorables (suelos más profundos, exposición al norte).

5.2. Crecimiento de la población y capacidad de carga del sistema

Si los recursos hídricos disponibles para las plantas son el factor limitante para la productividad en el hábitat del bosque termófilo igual que se mostró en el matorral costero (Otto *et al.* 2001), debería ser el sabinar de La Gomera el más productivo dado que tiene los suelos más profundos y está también expuesto al Norte. Si la velocidad de crecimiento se corresponde con la productividad, deberíamos encontrar los individuos más altos en el sabinar de La Gomera teniendo en cuenta también que este sabinar se considera el más maduro, lo que significaría más tiempo para la regeneración. No obstante, los resultados muestran que existen relativamente pocos individuos de más de 4 m de altura. Lo que podría explicar esta contradicción es el hecho que los individuos del sabinar en Tamargada muestran un crecimiento horizontal más pronunciado, es decir, la relación entre el diámetro del tronco y la

altura del individuo, al igual que la relación entre el diámetro de la copa y la altura del individuo, son mucho más altas que en el caso de Afur. Además, la copa se encuentra en general más baja y la ramificación es más intensa en los individuos de La Gomera.

Este crecimiento horizontal podría estar relacionado con el predominio de los vientos alisios que tienen mucha más influencia en el sabinar de La Gomera que en Azur, donde el Barranco del Sabinar está abierto hacia el oeste y más protegido de ellos. El efecto de los vientos alisios sobre el crecimiento de los individuos de *J. turbinata*, especie que además crece muy lentamente, se ve muy bien en el sabinar de La Dehesa, región en el oeste de la isla de El Hierro, donde se encuentran las sabinas más famosas del Archipiélago por ser muy grandes y a la vez muy retorcidas por el viento constante (v. Gaisberg 2005).

El sabinar de Tamargada muestra también la inclinación del terreno más alta (45°) lo que supone un estrés mecánico adicional para los individuos. La reacción de la planta a este estrés es el crecimiento horizontal y una ramificación más intensa para conseguir una mejor estabilidad. La relación entre estrés mecánico (p.e. viento) y el crecimiento horizontal y la ramificación se ha documentado con especies arbóreas en Alemania, comparando individuos que crecen cerca del mar, y por ello expuestos al viento, con individuos que crecen en el interior del país cuando la tasa de crecimiento era constante para todos los individuos (Otto 1994). En consecuencia, se debería comparar el biovolumen o la biomasa de los tres sabinares para averiguar si la estructura de la población se corresponde con la velocidad del crecimiento en relación con los factores ambientales.

5.3. Regeneración de la población

Afur Sur

En el sabinar de Afur Sur se han contado muchas menos plántulas que en los otros dos sabinares y, por lo tanto, la regeneración es más reducida. Ello se explica posiblemente con la alta densidad de árboles y de arbustos que implica una competencia intraespecífica más intensa, que influye en la vitalidad y la productividad de frutos. De hecho, los individuos arbóreos de Afur Sur muestran parámetros de vitalidad más bajos a los de las otras

localidades. Además, la elevada competencia intraespecífica por los recursos hídricos podría aumentar la mortalidad de las plántulas. Estimamos que el hecho de que el sistema se acerque a la capacidad de carga del lugar influye negativamente en la productividad y, sobre todo, en la fertilidad de los individuos adultos. En consecuencia, los individuos débiles del estrato arbustivo se eliminarán a largo plazo, dando lugar a una bóveda más densa y alta de individuos adultos, con menos sotobosque, exactamente lo que se espera de un bosque cercano a su madurez.

Afur Norte y Tamargada

En cambio, los sabinares de Afur Norte y Tamargada se caracterizan por un porcentaje elevado de plántulas vitales y una producción de frutos también muy alta. Por lo tanto, la regeneración de la población está asegurada. Se supone que en las dos comunidades la capacidad de carga no ha sido alcanzada hasta ahora teniendo en cuenta la productividad debido a los recursos ambientales. Estimamos que la población de Tamargada alcanzará la capacidad de carga en los próximos cien años, y la cobertura habrá llegado aproximadamente a 60% y la densidad de individuos a unos 500 por hectárea. Ello equivaldría al doble de la densidad de Afur Sur, en congruencia con las condiciones ambientales que reinan en este lugar.

El sabinar de Afur Norte está en plena fase de regeneración y se notará en el futuro también un aumento de la densidad de individuos y de la cobertura. A causa de la productividad elevada y la falta de estrés mecánico intenso por los vientos, encontraremos dentro de 100 años los individuos más altos en este lugar, que superarán con seguridad los 8 m de altura.

5.4. Valoración de la zona en Teno Alto para la restauración de un sabinar

La zona de restauración en el Barranco de Taburco abarca un rango altitudinal entre 525 y 700 m y tiene una orientación Sur. Por lo tanto, el lugar es más alto que los sabinares estudiados pero cuenta con un poco menos precipitación que las otras zonas. Las condiciones

climáticas se podrían comparar con las de Afur Sur. Además, la profundidad de los suelos es escasa, al igual que ocurre con Afur Sur. El estrés hídrico más intenso se refleja en los dos sitios en la participación de especies xerófilos en el estrato arbustivo. En Afur Sur igual que en la zona de restauración de Teno Alto, son dos especies del matorral costero, *Euphorbia lamarckii* y *Rubia fruticosa*, las más abundantes. Además, se encuentran en los dos lugares tuneras (*Opuntia sp.*) y el cardón como indicadores de condiciones áridas. La tabaiba de Teno (*Euphorbia atropurpurea*) que es muy común en la zona de restauración es una especie suculenta y, por tanto, adaptado a un clima árido. Debido a la ausencia de un estrato arbóreo en Teno Alto, la cantidad de desfronde en el suelo es bastante escasa e igualmente debería ser reducido el porcentaje de materia orgánica en el suelo, dato que no fue analizado. Justamente los resultados de este estudio nos indican que las plántulas tienen más probabilidad de supervivencia en micro-sitios con suelos más profundos y un porcentaje de desfronde más alto, en resumen, en lugares donde hay más recursos hídricos y probablemente más nutrientes.

Por consiguiente, la zona del proyecto LIFE en Teno Alto se parece más a la zona de Afur Sur donde se desarrolla un sabinar seco y, por tanto, es una zona apropiada para un proyecto de restauración de *Juniperus turbinata ssp. canariensis*. No obstante, los suelos poco profundos y pedregosos, con poco desfronde (materia orgánica), probablemente consecuencia de la erosión causada por un pastoreo intenso en los siglos pasados, no son idóneos para la plantación como muestran los resultados de este estudio. La capacidad de retención de agua reducida de estos suelos va influir negativamente en el crecimiento de los individuos que será con seguridad bastante lento. Se estima que tardará 90 años para desarrollarse un estrato arbóreo de 2 m de altura y una densidad de individuos de unos 150 ind./ ha. La máxima cobertura podría llegar a 15-20%, es decir, se formará lentamente un sabinar bastante abierto y seco parecido al sabinar de Afur Sur donde pueden participar otros elementos termófilos igual que elementos del cardonal-tabaibal según las condiciones ambientales locales.

6. Conclusiones

En Tenerife y en La Gomera todavía se encuentran poblaciones de *Juniperus turbinata ssp. canariensis* relativamente bien conservadas, estables y capaces reproducirse con éxito en el futuro. La vitalidad y el crecimiento de los individuos igual que la estructura de la población dependen en gran parte de las condiciones ambientales. En función de los resultados de este estudio proponemos la siguiente hipótesis: No sólo la vitalidad y el crecimiento de los individuos, sino también la capacidad de carga en las poblaciones de la sabina canaria están positivamente relacionadas con los recursos hídricos disponibles para las plantas en el lugar. El estrés mecánico por acción del viento y la inclinación tienen una influencia negativa en el crecimiento vertical de los individuos y favorecen el crecimiento horizontal.

En cuanto al proyecto LIFE de restauración de *Juniperus turbinata ssp. canariensis* en el Barranco de Taburco en Teno Alto, Tenerife, se llega a las siguientes recomendaciones:

- *Juniperus turbinata* germina preferentemente en micro-sitios con suelos más profundos y cubiertos por desfronde. Por tanto, para la plantación se deberían evitar las zonas más degradadas con suelo erosionado y poca tierra y material orgánico. Zonas más adecuadas dentro de la finca de restauración podrían representar los bancales de cultivos abandonados u otros sitios con un suelo un poco más desarrollado en la parte alta del barranco.
- Las condiciones ambientales, son semejantes a las del sabinar en Afur Sur, nos muestran que la restauración de un sabinar es posible. No obstante y teniendo en cuenta el estado de los suelos degradados, una regeneración y reproducción natural de la población plantada en la primera fase del proyecto no parece del todo asegurada. Probablemente sería necesario un seguimiento a largo plazo con plantaciones de plántulas anuales para reforzar y asegurar la regeneración de la población.
- Desde el punto ecológico, una restauración del sabinar debería realizarse con preferencia en las inmediaciones de poblaciones existentes para reforzar la población existente y para garantizar la regeneración natural de la zona restaurada.

- En cuanto al objetivo de un uso tradicional del sabinar por parte de la población local, sería más sensato realizar repoblaciones en el futuro en lugares a barlovento protegidos de los vientos alisios donde existen más recursos hídricos y, por tanto, se podría esperar una regeneración más rápida y una densidad más alta de individuos por explotar.

7. Bibliografía

- Acebes Ginovés, J.R. et al. 2004. Pteridophyta, Spermatophyta. En: Izquierdo I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (eds): Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres). Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias.
- Arco Aguilar, M. Del, F. Ardevol Gonzalez & P.L.Perez De Paz 1991. Contribución al conocimiento de la vegetación de Icod de los Vinos. Tenerife. *Vieraea*, 19 (1990): 63-93. Santa Cruz de Tenerife.
- Arco Aguilar, M. Del, Acebes J.-R. & P.L. Perez De Paz 1996. Bioclimatology and climatophilous vegetation of the Island of Hierro (Canary Islands). *Phytocoenologia* 26 (4): 445-479.
- Arco Aguilar, M. Del, Acebes Ginovés, J.-R., Rodríguez Rodríguez, A., Padrón, A., Rodríguez Delgado, O., Perez De Paz, P.L. & W. Wildpret De La Torre 1997. Cormophytic vegetation of the Malpaís de La Rasca, Tenerife (Canary Islands). - *Fitosociologia* 34: 159-170.
- Barquin Diez, E & W. Wildpret De La Torre 1975. *Rhamnion crenulatae*, una posible nueva alianza de las clase Crassi-Euphorbieteae macaronésica Riv. Goday et Esteve Chueca 1965, en las Isla de Tenerife. II Bienal Real Soc. Esp. Hist. Nat., (Resumen).
- Barquin Diez, E. & V. Voggenreiter 1988. Prodrómus del Atlas Fitocorológico de las Canarias Occidentales. Mscr, Bonn- La Laguna: ca. 1200.
- Gaisberg, v. M. 2005. die Vegetation der Fussstufe von El Hierro (Kanarische Inseln). *Dissertationes Botanicae* 395: 1-364.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - a FORTRAN program for detrented correspondence analysis and reciprocal averaging. Dep. Ecology and Systematics, Cornell Univ. Ithaca, New York.
- Hohenster A.& W. Wells 1993. Exkursionsflora für die Kanarischen Inseln. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Jongmann, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. & Van Tongeren (eds.) 1987. Data Analysis in Community and Landscape Ecology. PUDOC, Wageningen, the Netherlands.
- Kunkel, G. 1992. Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico. 2. parte. Dicotyledóneas. Edirca. Madrid.
- Kunkel, G. 1992. Flora y Vegetación del Archipiélago Canario. Tratado florístico. 1. parte. Helechos, Gimnospermas, Angiospermas, Monocotiledóneas. 2. parte. Dicotiledóneas. Edirca. Madrid.
- Marrero Gómez, M.V., et al. 1992. Contribución al estudio fitocorológico de los restos de sabinas y otras comunidades termófilas del Sur de Tenerife (Islas Canarias). - *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 3 (4): 25-44.
- Müller-Dombois, D. & H. Ellenberg 1974. Aims and Methodes of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York.
- Otto, H.-J. 1994a. Waldökologie. Eugen Ulmer Verlag , Stuttgart.
- Otto, R.1994b. Pflanzengeographische Untersuchung im Süden der Kanareninsel Tenerife. Ist-Zustand der Vegetation und Flora, Landschaftswandel, Naturschutzkonzept im Küstengebiet von Los Cristianos bis El Guincho. Thesis de Licenciatura (ined. en alemán), Geograph. Inst. Univ. Zürich.

- Otto, R., Krüsi, B.O., Burga, C.A. & Fernández-Palacios, J.M. 2005. Old-field succession along a precipitation gradient in the semi-arid coastal region of Tenerife. Elsevier (en prensa).
- Otto, R., Fernández-Palacios, J.M. & B.O. Krüsi (2001): Variation in species composition and vegetation structure of succulent scrub on Tenerife in relation to environmental variation. *J. Veg. Sci.* 12: 237-248.
- Reyes Betancort, J.A., Wildpret W., Del Arco Aguilar & Pérez de Paz, P.L. 2001. The vegetation of Lanzarote ((Canary Islands). *Phytocoenologia* 31: 185-247.
- Rivas Martínez, S., W. Wildpret et al. 1993. Las Comunidades Vegetales de las Isla de Tenerife (Islas Canarias). En: *Itinera Geobotanica*: 169-375. Asociación Española de Fitosociología (AEFA), Vol 7. Leon.
- Rodríguez Delgado, O. & M.V. Marrero Gomez .1991. Evolución y aprovechamiento de los bosques termófilos (los ""montes bajos"" de la Isla de Tenerife. *Anuario de Estudios Atlánticos*, 36: 595-630."
- Rodríguez Delgado, O. 1990. Flora y Vegetación de las Bandas del Sur de Tenerife: la Comarca de Agache (Güímar). Secretariado de Publicaciones, Universidad de La Laguna. Resumen Memoria Doctoral.
- Rodríguez Delgado, O., Wildpret De La Torre, W., Del Arco Aguilar, M. & P.L. Perez De Paz 1990. Contribución al estudio fitosociológico de los restos de sabinares y otras comunidades termófilas de la Isla de Tenerife (Canarias). *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, 2: 121-142.
- Santos Guerra, A. 1980. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la isla de Hierro (Islas Canarias). Fundación Juan March, Serie Universitaria, 114. Madrid.
- Santos Guerra, A. 1983. Vegetación y Flora de La Palma. Ed. Interinsular Canaria S.A. Santa Cruz de Tenerife.
- Schneider, F. 2004. Verbreitung, Standortfaktoren und Soziologie der Kontaktvegetation Thermophiler Buschwälder im Barranco de Baranda. Thesis de Licenciatura (ined. en alemán). Friedrich-Alexander-Universität. Erlangen-Nürnberg.
- Schönfelder, I. & P. Schönfelder 1997. Die Kosmos-Kanarenflora. Franckh Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart.
- Vidacovic, M. 1991. Conifers – morphology and variation. URL: <http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/cu/ju/phoenicea>