



J.L. Martín^{1*}, M.V. Marrero¹, M. del Arco², V. Garzón²

¹Parque Nacional del Teide. Centro de Visitantes Telesforo Bravo. C/. Dr Sixto Perera González, 25 38300 La Orotava, Tenerife, Islas Canarias

²Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Farmacia, Universidad de La Laguna, C/Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias

*Correo electrónico: jmaresq@gobiernodecanarias.org

53

Aspectos clave para un plan de adaptación de la biodiversidad terrestre de Canarias al cambio climático

Resultados clave

- El cambio climático en Canarias se manifiesta principalmente en un incremento progresivo de la temperatura y una disminución de las precipitaciones, sobre todo a barlovento de las islas. Los cambios que ciertas especies y determinados ecosistemas forestales están experimentando en su distribución son una derivación de estos efectos.
- Puesto que muchas especies y la mayoría de los hábitat forestales deberán enfrentar grandes desafíos para acoplarse a los escenarios emergentes, es el momento de planificar medidas para facilitar dicho proceso.
- Una eficaz estrategia de adaptación al cambio climático deberá tener como horizonte la mejora de la resiliencia, tanto a nivel de especie como de ecosistema.
- Así y todo no debe descartarse que algunas especies puedan requerir de técnicas de dispersión mediante traslocación asistida, al menos como último recurso de supervivencia.

Introducción. El clima e impactos

Los cambios en el clima a lo largo del último siglo y especialmente en las décadas recientes tienen a nivel global una apreciable evolución hacia el calentamiento (IPCC 2013). Esta variación también se refleja en Canarias, donde la tendencia media de ascenso en las dos islas centrales (Gran Canaria y Tenerife) ha sido de $0,09 \pm 0,04 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\alpha = 0,01$) - casi una décima de grado por década - desde 1944 (Martín et al. 2012, Luque et al. 2014). Sin embargo, desde mediados de la década de 1970 este ritmo se ha acelerado hasta $0,17 \pm 0,09 \text{ }^\circ\text{C/década}$ (Figura 1). El

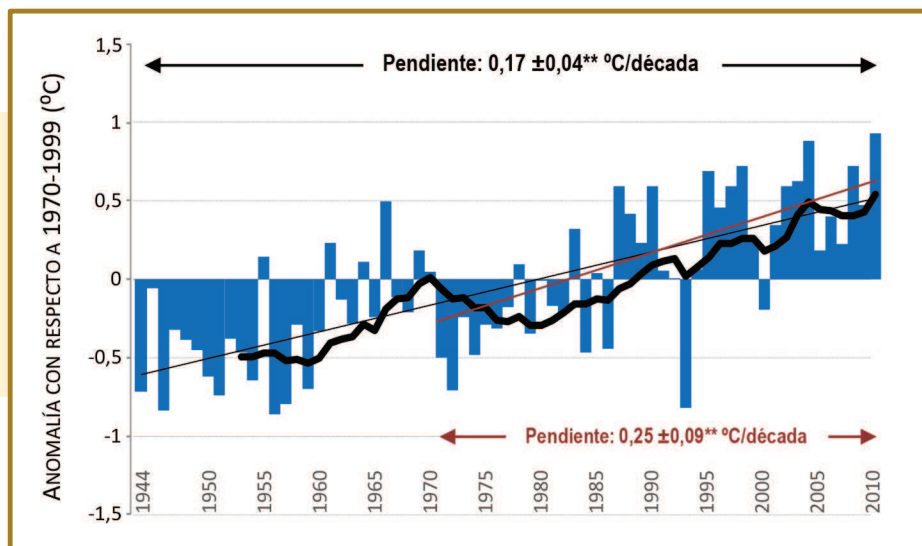
incremento es más palpable en las temperaturas nocturnas que en las diurnas y se aprecia tanto en el medio terrestre como en la superficie del mar (Luque et al. 2014) siendo mayor en las cumbres que en la costa (Sanroma et al. 2010, Martín et al. 2012). Así y todo el calentamiento observado es menor que el de las cercanas regiones continentales, europeas y norteafricanas, quizás debido a que los refrescantes vientos alisios que soplan sobre Canarias y la proximidad del mar ejercen un benévolo efecto atemperante.

La comparación de las respectivas curvas normalizadas de las temperaturas en dos periodos de 30 años, uno más antiguo (1944-1973) y otro más moderno (1981-2010) muestra como la variabilidad climática aumenta de forma paralela a la temperatura, especialmente durante la noche, lo cual se corresponde con un aumento en la cantidad de noches cálidas y una disminución en el número de noches frías. En las cotas medias y altas de la isla esto se traduce en una disminución en el número de días con heladas nocturnas. De hecho, el calentamiento nocturno a partir de los años setenta ha sido de dos décimas y media por década ($0,25 \pm 0,09 \text{ }^\circ\text{C/década}$, $\alpha = 0,01$; Martín et al. 2012).

En cuanto a la precipitación, ésta tiende a disminuir, pero en la mayoría de los casos la tendencia no es estadísticamente significativa, quizás debido a que la alta variabilidad en las lluvias exige largos periodos para vislumbrar tendencias robustas. Las lluvias en las laderas al norte de las islas (barlovento) sí muestran una tendencia a la baja altamente significativa, de entre 25 y 39 mm por década en Gran Canaria y Tenerife, respectivamente. La caída de las lluvias tiene en el mes de noviembre su mayor representación (Martín et al. 2013).

La precipitación en forma de nieve en Tenerife también ha disminuido de forma notable, hasta el punto de

■ **Figura 1.**



▲ **Figura 1.** Anomalías en la temperatura nocturna en Tenerife, con respecto al periodo base de referencia 1970-1999. La curva muestra la evolución de la media móvil de 10 años y las rectas la regresión lineal con una significación del 99% en los periodos señalados.

Fuente: Elaborado a partir de Martín et al. (2012).

que las nevadas otoñales son prácticamente testimoniales. Lejos quedan los tiempos con seis meses de nieve cada año en el Pico Teide de los que hablan las crónicas históricas (Martín-Moreno 2011). Sorprende sin embargo como las lluvias de febrero-marzo han aumentado sobre los 2.000 m, aparentando una sustitución de las nevadas por lluvia, lo cual en otras regiones se ha reconocido como una consecuencia directa del calentamiento climático (Trenberth 2011).

Estos cambios tienen consecuencias en todos los ámbitos, tanto en lo social, como en lo económico o lo puramente ambiental. Un reciente estudio de vulnerabilidad, realizado en el archipiélago con la participación de más de una treintena de expertos, identificó los principales impactos derivados del cambio climático en Canarias, clasificados según su fiabilidad y probabilidad (Tabla 1).

■ **Tabla 1.** Principales aspectos derivados del cambio climático en Canarias categorizados según el grado de confianza deducido a partir del estado del conocimiento y de las tendencias de cambio observadas.

CONFIANZA ALTA O MUY ALTA EN QUE PUEDA SUCEDER	CONFIANZA MEDIA EN QUE PUEDA SUCEDER	CONFIANZA MODERADA EN QUE PUEDA SUCEDER
Aumento de la temperatura media terrestre	Disminución de las precipitaciones invernales	Desplazamiento estacional
Aumento de las temperaturas diurnas (máximas)	Aumento de la frecuencia de conatos de incendios	Cambios en la nubosidad
Aumento en la frecuencia de temperaturas extremas cálidas Aumento de las temperaturas nocturnas (mínimas)	Aumento de las intrusiones de polvo sahariano	Aumento de la frecuencia de tormentas tropicales
Disminución de la precipitación anual Disminución de las precipitaciones otoñales	Cambios en el upwelling	Cambios en la dirección de los vientos
Aumento de eventos de precipitaciones extremas Aumento de la temperatura media del mar		
Incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en la atmósfera		
Acidificación del agua de mar Elevación del nivel del mar		

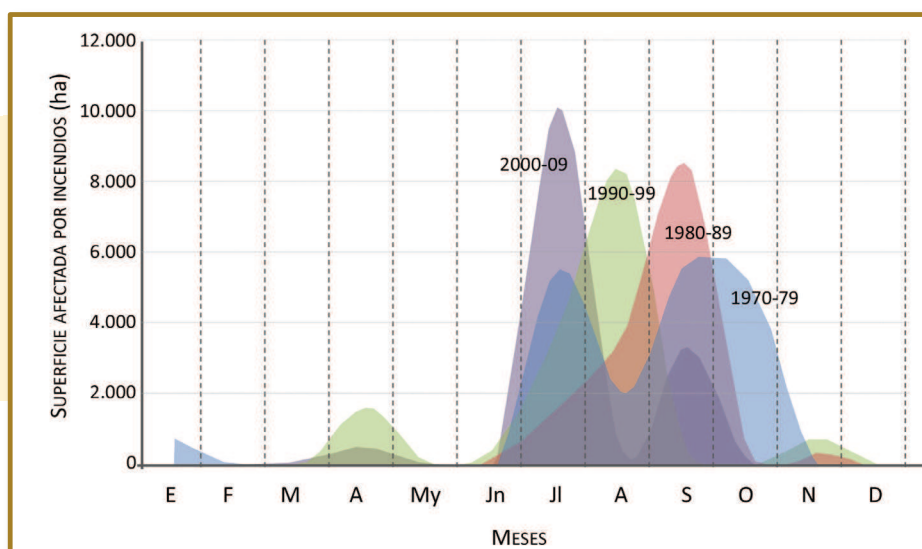
Los efectos asociados a extremos de temperatura, especialmente las olas de calor, están entre los más críticos. Aunque la ubicación geográfica y la condición insular resguardan al archipiélago del tremendo calentamiento en el norte de África, los cambios en la circulación global no impiden que, cada vez con más frecuencia, el archipiélago sufra repentinas olas de calor. Estas suelen acompañarse de importantes intrusiones de polvo sahariano, –las popularmente llamadas calimas– que durante días disminuyen la visibilidad de forma apreciable. La frecuencia de vientos del este se ha visto incrementada en los meses de diciembre a febrero (Alonso-Pérez et al. 2011), y aunque no ha sido suficientemente estudiado, parece haber también una ligera tendencia en el mismo sentido en los meses estivales (Sanz et al. 2008).

■ Impactos y efectos sobre los ecosistemas

Las olas de calor han pasado de ser un fenómeno esporádico a algo más común. La frecuencia de éstas ha aumentado en todas las estaciones, pero sobre todo en otoño e invierno a partir de 1994 (Sanz et al. 2008). Cuando tienen lugar en los meses más cálidos favorecen la aparición de grandes incendios forestales. En efecto, el mayor riesgo de incendios se da con temperaturas superiores a 30°C, humedad por debajo del 30% y vientos soplando a más de 30 km/hora. Estas son las condiciones climáticas más temidas por los servicios de prevención de incendios forestales.

El verano también comienza antes, de modo que la temperatura media del mes de junio es una de las que más rápidamente sube, lo cual está provocando un adelanto del período de mayor riesgo de incendios. Según la estadística general de incendios forestales de la base EGIFW del Ministerio de Medio Ambiente, en junio o comienzos de julio es cuando se han registrado los mayores incendios forestales en la última década. El más grande desde 1970, fecha desde la cual existen registros detallados, tuvo lugar en 2007, cuando ardieron más 30.000 ha simultáneamente en las dos islas de Tenerife y Gran Canaria (Huesca et al. 2008).

■ Figura 2.



▲ **Figura 2.** Superficie media quemada en Canarias por grandes incendios (>150 has). No se consideraron los incendios que afectaron a más de 10.000 Has (dos en junio-julio de 2007), para no distorsionar excesivamente el resultado.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra que al segregarse por décadas la superficie quemada a consecuencia de los incendios, excluyendo los incendios menores de menos de 150 ha y los únicos dos que afectaron a más de 10.000 has, cada vez es más evidente el adelanto del periodo donde se han producido los mayores daños. Una buena decisión de gestión relacionada con la adaptación al cambio climático podría ser adecuar la temporada de prevención de incendios forestales a los datos que muestra la Figura 2.

Cuando los incendios tienen lugar en bosques fuera de su ámbito natural aumenta el riesgo de afección de incendios. Así sucedió en julio de 2012 cuando un fuego en cotas relativamente bajas se expandió hacia la cumbre, afectando a las plantaciones del raro endemismo *Bencomia exstipulata*, a más de 2.000 m de altura, en una zona donde dicha especie convivía con un pinar artificial. Los cambios en el régimen de temperaturas hacia unas condiciones más cálidas pueden tener otro tipo de efectos. Por ejemplo, algunas plagas de carácter agrícola que hasta fechas recientes quedaban acantonadas en los entornos rurales de medianías y zonas bajas, podrían expandirse hacia las zonas forestales y de cumbre. De hecho, coincidiendo con primaveras húmedas y cálidas, se ha constatado la aparición en *Bencomia exstipulata* de un hongo parásito similar al del oidio.

Pero uno de los procesos más drásticos y patentes que quizás puedan ser explicados, al menos parcialmente, por el cambio climático es la expansión del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) en altura. La actual distribución de los retamares de cumbre de Tenerife muy difícilmente podría explicarse con una presencia en el pasado de este herbívoro introducido similar a la actual. Con las actuales tasas de herbivoría y el daño que este mamífero es capaz de producir, habría que pensar que la expansión de estos matorrales observada en la década de 1960 (Elena-Rosello & Rodríguez 2005) se efectuó casi en ausencia del mismo. No obstante, en la actualidad se constata la presencia de conejos incluso a 3.500 m snm, lo que posiblemente esté relacionado con una disminución del rigor climático a esas altitudes. Esta situación conlleva un importante perjuicio para determinadas comunidades, como los violetares de

altura, y un estancamiento en el desarrollo de otras como los retamares (Kyncl et al. 2006), a la par que una proliferación de especies menos palatables como el rosalillo (*Pterocephallus lasiospermus*).

Aunque las evidencias actuales no permiten detectar aun cambios en la distribución de la vegetación, sí que se aprecian ciertos indicios en este sentido. La pauta previsible de la respuesta de los bosques a las nuevas condiciones es expandirse en altura (Del Arco et al. 2008). Las islas montañosas como Tenerife son un magnífico laboratorio para observar estas variaciones, las cuales normalmente ocurren con gran lentitud por la propia longevidad de las especies forestales. Un estudio realizado en 2012 en el marco del proyecto europeo “Clima impacto” (www.climaimpacto.eu) para modelizar la distribución de los bosques teniendo en cuenta únicamente su potencialidad en función de los tipos climáticos relacionados con la precipitación (ombrotipo) y la temperatura (termotipo), permitió obtener algunas conclusiones interesantes sobre los patrones probables de respuesta de los sistemas vegetales (Garzón & del Arco 2012). En primer lugar, los matorrales por debajo de los 600 m de altura tendían a expandirse en altitud sin pérdida en sus cotas inferiores. En segundo lugar, los sistemas forestales de laurisilva y pinar, a mayor altitud, también tendían a desplazarse hacia cotas superiores, pero como la superficie disponible a estas alturas era menor, la extensión forestal se veía constreñida.

Más grave parece ser la situación de algunos bosques de cumbre, como la laurisilva de Anaga en la isla de Tenerife y de Garajonay en La Gomera, o el pinar de Inagua en la isla de Gran Canaria que, sin posibilidad de expandirse a cotas superiores, podrían verse irremediabilmente condenados a evolucionar hacia sistemas más xéricos, análogos o no a alguno de los actualmente conocidos. Conviene subrayar la importancia la laurisilva, un bosque subtropical de niebla que alberga la mayor biodiversidad endémica de Canarias, y uno de los centros de diversidad más importantes de toda la región templada del Hemisferio Norte. Este tipo de

bosque ha sido considerado a nivel global como uno de los sistemas más vulnerables al cambio climático (Foster 2001).

Un efecto colateral del calentamiento global son los cambios en el nivel del mar, que por pequeños que sean en unas islas que se elevan bruscamente desde los fondos oceánicos, no dejan de tener importantes consecuencias a nivel local. Las previsiones de IPCC de ascenso en un metro en el nivel del mar pueden afectar de forma trágica a los saladares costeros sumergidos parcialmente con las mareas en algunos puntos del archipiélago. Por ejemplo, los existentes en la costa sur del parque natural de Jandía o en el Sitio de Interés Científico del Matorral, ambos en la isla de Fuerteventura, o el saladar de las lagunitas del islote de Lobos (hábitat único de *Limonium bollei*, Figura 3). Todos ellos se verán amenazados con que el mar se eleve solamente un metro. El ritmo de variación en Canarias del nivel del mar entre 1911 y 1998 ha sido de 0,19 mm/década (Miller & Douglas 2004).

■ Impactos y efectos sobre las especies

El cambio climático tiene sobre las especies un efecto doble, por un lado abre nuevas oportunidades para elementos de otras regiones que ocasionalmente alcanzan las islas y ahora pueden asentarse en ellas, y por otro, representa una amenaza para las especies menos capaces de absorber los cambios, como muchos endemismos locales.

Cada vez llegan más especies potencialmente invasoras merced a los mecanismos de transporte de la sociedad de las comunicaciones, que en Canarias se intensifican por la importancia del flujo turístico. Gracias a los cambios en la temperatura, precipitación y humedad, algunas de estas especies que alcanzan las islas encuentran que el mismo hábitat que otrora les resultaba poco idóneo, constituye ahora un buen lugar para asentarse y asilvestrarse. Es el caso del himenóptero polinizador *Eupristina verticillata*, que se ha expandido

■ Figura 3.



▲ Figura 3. *Limonium bollei* en las Lagunitas del islote de Lobos.

Fuente: Juanmi Alemany.

por todo el mundo siguiendo al Laurel de Indias (*Ficus microcarpa*), un árbol ampliamente extendido en jardinería e introducido en Canarias a mediados del siglo XIX. Sin embargo, la naturalización en Canarias del himenóptero no se produjo hasta los años ochenta, provocando de forma repentina la maduración simultánea de los frutos de *Ficus microcarpa* en varias islas (Báez 1998, Montelongo-Parada 1996).

En Gran Canaria, el coleóptero tropical *Mimosestes mimosae* contribuye a acortar el periodo de germinación de las semillas de la planta introducida *Acacia farnesiana*, favoreciendo su expansión. Este insecto junto con el potencial dispersor de herbívoros introducidos (conejos) ha influido para que su población haya aumentado desde los 40 ejemplares de hace cuarenta años, hasta los más de 5.000 que hay en la actualidad (Arevalo et al. 2010).

Igual de sorprendente es la presencia en Tenerife de *Schizomus portoricensis*, un arácnido tropical proveniente de Centroamérica y perteneciente a un orden desconocido antes en todo el Paleártico (Schizomida). Desde que fue citado por vez primera en los ochenta (Martín & Oromí 1984), ha ocupado rápidamente amplios sectores de la isla de Tenerife, y datos recientes relatan cómo poco a poco se está expandiendo por Europa.

A veces es difícil diferenciar si las especies han llegado utilizando medios de transporte humanos o medios propios. La cantidad de taxones que desde África alcanzan las islas de esta última forma ha aumentado en las últimas décadas, posiblemente ligado a la frecuencia de vientos del Este. Varias aves africanas conocidas en Canarias desde antaño se han vuelto comunes en las últimas décadas, como los halcones de berbería (*Falco pelegrinoides*), el tarro canelo (*Tadorna ferruginea*) o la cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*). También aparecen aves divagantes, a menudo solitarias y en mal estado de salud, como el Chotacabras egipcio (*Caprimulgus aegyptius*), que en marzo de 2007 fue capturado en Fuerteventura tras un episodio de invasión de aire sahariano (Ramos 2009).

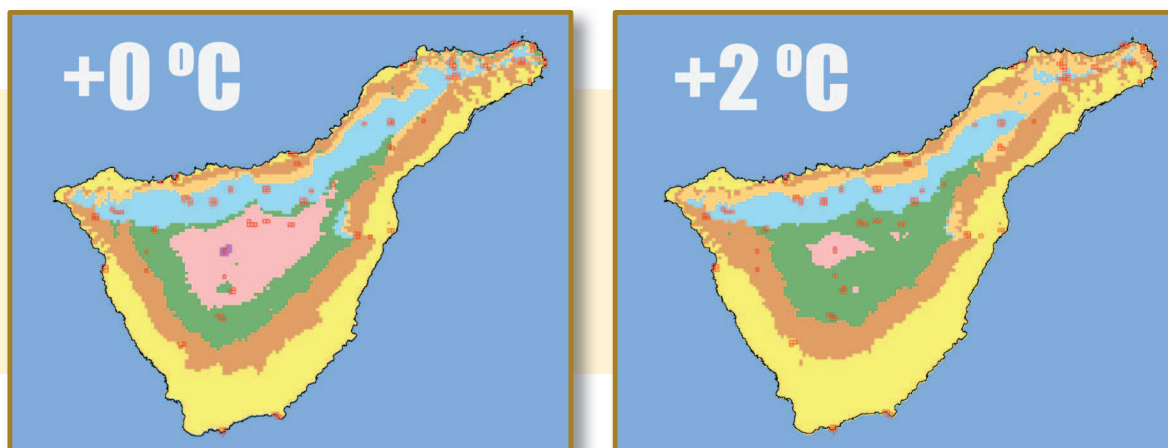
Entre los insectos se conocen oleadas de especies de mariposas como la que en octubre de 1985 protagonizó *Cynthia cardui*. En los últimos años se han citado la mariposa de los geranios *Cacyreus marshalli* (Acosta-Fernández 2009), originariamente de Sudáfrica y considerada un indicador del avance del cambio climático en Europa, y la mariposa *Hypolimnas missipus*, conocida en Cabo Verde desde hace mucho tiempo. Es difícil saber si obedecen a introducciones artificiales o a expansiones naturales de la propia especie.

Entre la rica flora de Canarias también abundan los ejemplos, no solo crece la proporción de especies exóticas termofilicas, sino que cada vez es más común observar como especies propias de las zonas cálidas a cotas bajas ascienden a alturas mayores (Hayder et al. 2010). Un caso llamativo lo constituye el brezo (*Erica arborea*) propio de las formaciones de pinar mixto y monteverde por debajo de los 1.500 m de altura. Esta especie, de hábitos termófilos, cuenta ya con un número importante de citas dentro del Parque Nacional del Teide, a más de 2.000 m snm.

Pero el cambio climático también es un factor de riesgo para las especies que se mueven entre límites más estrechos de tolerancia ecológica (estenoicas), como algunos endemismos conocidos en contadas localidades, o especies que, sin ser endémicas, provienen de zonas templadas y tienen en Canarias el límite meridional de su distribución. Un renombrable ejemplo del primer caso es la fanerógama *Helianthemum juliae*, que habita las cumbres de Tenerife. Estudios de viabilidad poblacional en sus localidades de origen han demostrado que las nuevas condiciones climáticas pueden ser la causa de su retroceso (Marrero-Gómez et al. 2007). Entre los ejemplos del segundo caso tenemos especies de aves como el Charrán común (*Sterna hirundo*) o la Pardela pichoneta (*Puffinus puffinus*) (Ramos 2009).

Si tenemos en cuenta que entre fauna y flora, la cantidad de endemismos locales con una distribución conocida inferior a 2,5 km² de superficie asciende a más de 400 taxones (Martín et al. 2005), no es extraño

■ **Figura 4.**



▲ **Figura 4.** Variación predecible en el óptimo bioclimático de los bosques de Tenerife en la actualidad (izquierda) y en un escenario futuro con una temperatura media 2°C mayor que en la actualidad (derecha), según Garzón & del Arco (2012). Amarillo: cardonal-tabaibal; Marrón: sabinars; Verde: pinares; Azul: monteverde; Crema: monteverde seco; Rosado: matorral de cumbre; Malva: violetas. Los recuadros rojos se corresponden con endemismos cuya distribución es <2,5 Km² según Martín et al. (2005).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Martín et al. (2005) y Garzón & del Arco (2012).

imaginar que los mismos cambios que pueden provocar variaciones en la distribución de los bosques pueden alterar su hábitat de forma irremediable. Obsérvese en la Figura 4 la diferencia en el óptimo bioclimático de las diferentes formaciones vegetales entre las condiciones actuales y un escenario futuro con una temperatura media 2 grados más alta, y como algunas de las localidades donde habitan los 150 endemismos locales de Tenerife experimentarán importantes cambios.

La salida más probable para muchas de estas especies es migrar hacia zonas más idóneas, normalmente a mayor altura. Pero esta estrategia posee algunos inconvenientes, porque no todas las especies tienen la misma capacidad dispersiva, porque puede haber obstáculos que impidan la dispersión (infraestructuras humanas), o simplemente, porque no queda hábitat disponible a mayor altitud. Las especies endémicas de regiones cimeras, al igual que los bosques de cumbre, están entre las más vulnerables al cambio climático.

■ Perspectivas y estrategias de adaptación

Una de las ventajas de los modelos de futuro en la distribución de los bosques en función del previsible cambio de clima es que permiten detectar las zonas menos vulnerables y así ayudan a priorizar las restauraciones/repoblaciones forestales. De este modo, las zonas cuya idoneidad se verá reducida a corto plazo por el cambio climático, que previsiblemente serán las primeras en desaparecer, serán menos prioritarias que las que tienen mayores posibilidades de perpetuarse más tiempo. Es posible identificar “áreas refugio” formada por los lugares más persistentes, que serán los últimos en transformarse. Por ejemplo, los bosques a mayor altura constituirán áreas refugio y, por ende, deberían considerarse prioritarios sobre los que se localizan en cotas más bajas. Por otro lado, las redes de áreas protegidas deberían asegurar la conectividad y ser lo suficientemente grandes para posibilitar los desplazamientos naturales de la vegetación en respuesta al cambio climático y así mejorar la resiliencia de los ecosistemas (Dunlop 2013)

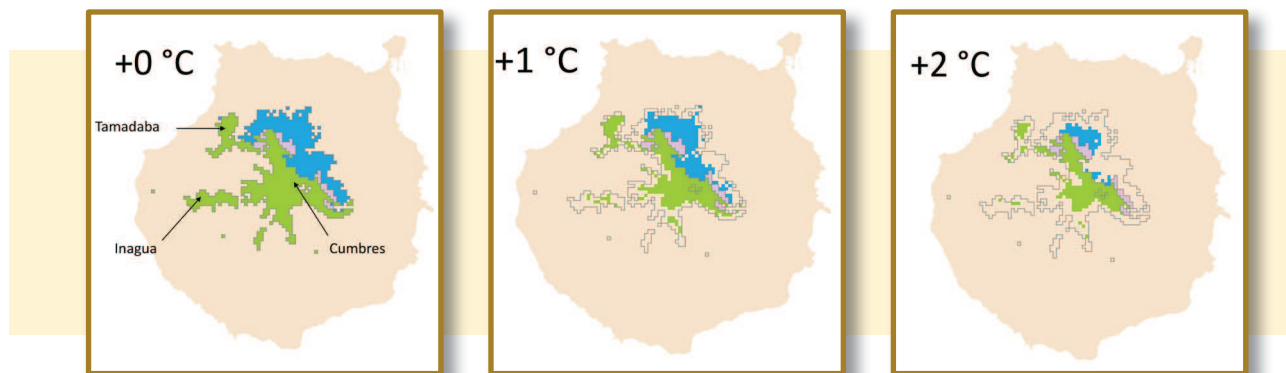
Veamos un caso práctico. El muy amenazado pinzón azul de la isla de Gran Canaria tiene su principal

hábitat en los bosques de Inagua (1.100-1.500 m de altitud). Hay registros en el pasado de que la especie habitaba también el pinar de Tamadaba, al oeste de la isla (1.000-1.400 m). Sin embargo, más hacia el centro de la isla está el pinar de la Cumbre (1.500-1.800 m de altitud), donde también se ha registrado la presencia de pinzones. ¿Cuál de las dos localidades, Tamadaba o la Cumbre, debería ser prioritaria como hábitat futuro para los pinzones? Teniendo en cuenta las previsiones de cambio climático el pinar de la Cumbre debe ser prevalente sobre el de Tamadaba, pues este último podría perder antes su idoneidad en condiciones ambientales extremas (Figura 5). Este ejemplo muestra como cuando nos proyectamos al futuro, la variable climática alumbrada sobre cuáles podrían ser las mejores decisiones de gestión.

Otro ejemplo relacionado con el riesgo de cambio climático lo tenemos en Tenerife. El monteverde es uno de los bosques más ricos en composición y estructura. Su declive representaría una pérdida considerable en términos de biodiversidad. Hoy pervive en dos núcleos principales: al Este de la isla (Anaga) y al Oeste (Teno). Son dos bosques de niebla acantonados en las cumbres de sendos macizos montañosos. Antiguamente habitaban una franja intermedia en las medianías de toda la parte norte de la isla, hoy ocupada mayormente por cultivos, edificaciones y otras infraestructuras humanas, aunque una parte fue repoblada en el siglo pasado con pinos canarios y de Monterrey. Una buena política de adaptación al cambio climático podría consistir en recuperar el monteverde intermedio de las medianías, sustituyendo las repoblaciones de pinar. De esta forma, además de reconstruir la situación que prevalecía en origen, se dispondría de monteverde en una ubicación estratégica menos vulnerable en la medida que podría expandirse en altura si fuera necesario. Bajo la perspectiva del cambio climático, la recuperación de los bosques de medianías al norte de la isla es una prioridad de primer orden.

Las decisiones de planificación y gestión son importantes, deben estar conectadas entre sí y considerar la variable temporal de proyección futura, puesto que el cambio climático puede hacer disminuir la representatividad de ciertas especies y/o ecosistemas en las áreas que fueron protegidas precisamente para garantizar su conservación (Johnston et al. 2013).

■ **Figura 5.**



▲ **Figura 5.** Evolución del potencial climatófilo de los bosques de la isla de Gran Canaria en tres escenarios distintos (de izquierda a derecha), cada uno de los cuales muestra una diferencia de calentamiento medio de la isla de un grado. Bosques de pinar en verde y bosques de Monteverde en azul y malva (según Garzón & del Arco 2012).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Garzón & del Arco (2012).

Una conjunción adecuada de planificación y gestión, además de la consideración permanente de las variables climáticas, contribuirá a aumentar la resiliencia de las redes de áreas protegidas para mantener su eficacia.

Es necesario tener en cuenta, que lo que realmente prevén los modelos son cambios en la idoneidad del hábitat. Los cambios reales en la distribución, tanto de las especies como de las comunidades, podrán tener lugar o no, dependiendo de muchos factores externos. Las especies de mayor longevidad mostrarán más dificultad a desplazarse a zonas más adecuadas que las de ciclo corto. Aun así, dada la velocidad a que se producen los cambios es muy probable que las especies no puedan por sí solas alcanzar otros territorios ante la merma de su hábitat original. Esto ha abierto un intenso debate sobre en qué medida la gestión de la conservación de la naturaleza debería implicarse favoreciendo desplazamientos (traslocación asistida) que de forma natural quizás no se dieran nunca (Ricciardi & Simberloff 2009, Shoo et al. 2013).

En Canarias ya ha sido aplicada a escala local, por ejemplo, las introducciones asistidas en nuevas localidades de las especies amenazadas del Parque Nacional del Teide: *Helianthemum juliae*, *Stemmacantha cynaroides*, *Bencomia exstipulata*. En algunos casos la viabilidad de las nuevas poblaciones muestra mejores expectativas que la de las localidades históricas conocidas (Marrero-Gómez et al. 2007). Es probable que estas acciones ilustren un fenómeno que a medida que el clima se vuelva más extremo podría ser común, y quizás abarcar a otros grupos biológicos. Por ejemplo, ya en alguna ocasión se ha sugerido que la pérdida irremediable de hábitat del ave *Calandrella rufescens* en Tenerife, se compensara con su introducción en zonas donde nunca había sido citada (Lorenzo 2004).

La traslocación asistida está en el centro del debate de las políticas de conservación ligadas a la adaptación al cambio climático (Shoo et al. 2013), especialmente cuando se refiere a especies amenazadas (Rout et al. 2013), y representa una estrategia de gestión intervencionista, ante una situación sobrevenida y en parte irremediable. El mensaje no es solo qué hemos de hacer para evitar el calentamiento global, sino que decisiones hay que tomar para minimizar las pérdidas en biodiversidad ante un cambio inevitable.

■ Referencias bibliográficas

- Alonso-Pérez S, Cuevas E, Pérez C, Querol X, Baldasano JM, Draxler R, De Bustos JJ (2011) Trend changes of African air mass intrusions in the marine boundary layer over the subtropical Eastern North Atlantic region in winter. *Tellus B* 63:255-265
- Acosta-Fernández B (2009) Presencia de *Cacyreus marshalli* Butler, [1898] en la isla de Tenerife, Islas Canarias, España y otros registros de interés sobre *Rhopalocera* endémicos de la isla (*Lepidoptera: Papilionoidea*). *SHILAP Revista Lepidopterológica* 37:155-159
- Arévalo, JR, Afonso L, Naranjo A, Salas M (2010). Invasion of the Gran Canaria ravines ecosystems (Canary Islands) by the exotic species *Acacia farnesiana*. *Plant ecology* 206:185-193
- Báez M (1998) Sobre la presencia del himenóptero polinizador de los “Laureles de Indias” en Canarias. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 22:225
- Del Arco M (2008) La flora y la vegetación canaria ante el cambio climático actual. En: Afonso J, editor. *Naturaleza amenazada por los cambios en el clima*. Actas III Semana Científica Telesforo Bravo, Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. pp. 105-140
- Dunlop M (2013) Strategy conservation. *Nature Climate Change* 3:1019-1020
- Elena-Rosello R, Rodríguez O (2005) *Evolución del paisaje vegetal del Parque Nacional del Teide*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid
- Foster P (2001) The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55:73-106
- Garzón V, del Arco M (2012) Estudio predictivo de distribución de los pisos de vegetación en Tenerife y Gran Canaria, para diferentes escenarios de Cambio Climático. En: Martín JL, Santana B, Nazco N, López B (2013) *Evaluación preliminar de la vulnerabilidad ante el cambio climático en las Islas Canarias*. Proyecto Climaimpacto (MAC/3/C159). Informe inédito. Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias
- Haider S, Alexander J, Dietz H, Trepl L, Edwards PJ, Kueffer Ch (2010) The role of bioclimatic origin, residence time and habitat context in shaping non-native plant distributions along an altitudinal gradient. *Biological Invasions* 12:4003-4018
- Huesca M, González-Alonso F, Cuevas JM, Merino-de-Miguel S (2008) Estimación de la superficie quemada en los incendios forestales de Canarias en 2007 utilizando sinérgicamente imágenes MODIS y anomalías térmicas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 17:308-316
- IPCC (2013) Summary for Policymakers. En: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM, editores.

Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge & New York

- Johnston A, Ausden M, Dodd AM, Bradbury RB, Chamberlain DE, Jiguet F, Thomas CD, Cook ASCP, Newson SE, Ockendon N, Rehfisch MM, Roos S, Thaxter CB, Brown A, Crick HQP, Douse A, McCall RA, Pontier H, Stroud DA, Cadiou B, Crowe O, Deceuninck B, Hornman M, Pearce-Higgins JW (2013) Observed and predicted effects of climate change on species abundance in protected areas. *Nature Climate Change* 3:1055-1061
- Kyncl T, Suda J, Wild J, Wildová R, Herben T (2006) Population dynamics and clonal growth of *Spartocytisus supranubius* (*Fabaceae*), a dominant shrub in the alpine zone of Tenerife, Canary Islands. *Plant Ecology* 186:97-108
- Lorenzo JA (2004) Terrera Marismeña, *Calandrella rufescens*. En: Madroño A, González C, Atienza C, editores. *Libro Rojo de las aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO, Birdlife España, Madrid. pp. 318-321
- Luque A, Martín JL, Dorta P, Mayer P (2014) Temperature Trends on Gran Canaria (Canary Islands). An Example of Global Warming over the Subtropical Northeastern Atlantic. *Atmospheric and Climate Science* 4:20-28
- Marrero-Gómez MV, Oostermeijer JG, Carqué Alamo E, Bañares A (2007) Population viability of the narrow endemic *Helianthemum juliae* (*Cistaceae*) in relation to climate variability. *Biological Conservation* 134:552-562
- Martín JL, Oromí P (1984) Consideraciones sobre la presencia de *Schizomus portoricensis* (Chamberlin, 1922) (Arach., Schizomida) en cuevas de Tenerife (Islas Canarias). *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 8:265-270
- Martín JL, Marrero MC, Zurita N, Arechavaleta M, Izquierdo I (2005) *Biodiversidad en gráficas. Especies silvestres de las Islas Canarias*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias
- Martín JL, Bethencourt J, Cuevas-Agullo E (2012) Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change* 114:401-415
- Martín JL, Santana B, Nazco N, López B (2013) *Evaluación preliminar de la vulnerabilidad ante el cambio climático en las Islas Canarias*. Proyecto Climaimpacto (MAC/3/C159). Informe inédito. Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias
- Martín-Moreno R (2010) La Pequeña Edad de Hielo en el Alto Teide (Tenerife, islas Canarias). Menciones históricas y morfogénesis periglaciaria. *Eria* 83:331-342
- Miller L, Douglas BC (2004) Mass and volume contributions to twentieth-century global sea level rise. *Nature* 428:406-409
- Montelongo-Parada V (1996) Los laureles de Indias de Canarias comienzan a reproducirse por sí solos. *Noticias del Museo Canario* 7:10-11
- Ramos JJ (2009) *Aves y cambio climático en las islas Canarias*. BirdingCanarias Servicios Ambientales – Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio climático. Informe inédito. Gobierno de Canarias
- Ricciardi A, Simberloff D (2009) Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology & Evolution* 24:248-253
- Rout TM, McDonald-Madden E, Martin TG, Mitchell NJ, Possingham HP, Armstrong DP (2013) How to Decide Whether to Move Species Threatened by Climate Change. *Plos one* 8:e75814
- Sanroma E, Palle E, Sánchez-Lorenzo A (2010) Long-term changes in insolation and temperatures at different altitudes. *Environmental Research Letters* 5:1-6
- Sanz R, Cardós C, Barrera E (2007) Heat waves in the Canary Islands. *Proceedings of 7th EMS Annual Meeting 8th European Conference in San Lorenzo de El Escorial (Spain)*
- Shoo LP, Olson DH, McMenamin SK, Murray KA, Van Sluys M, Donnelly MA, Stratford D, Terhivuo J, Merino-Viteri A, Herbert SM, Bishop PJ, Corn PS, Dovey L, Griffiths LA, Lowe K, Mahony M, McCallum H, Shuker JD, Simpkins C, Skerratt LF, Williams SE, Hero JM (2011) Engineering a future for amphibians under climate change. *Journal of applied ecology* 48:487-492
- Hoegh-Guldberg O, Hughes L, McIntyre S, Lindenmayer DB, Parmesan C, Possingham HP, Thomas CD (2008) Assisted colonization and rapid climate change. *Science* 321:345-346
- Trenberth KE (2011) Changes in precipitation with climate change. *Climate Research* 47:123