



DECAIMIENTO DEL PINAR EN LOS MONTES URBANOS DE LA CIUDAD DE MÁLAGA

Ángel Lora González

Antonio Cachinero Vivar

Óscar Pérez Priego

Francisco José Ruiz Gómez

Rafael Sánchez de la Cuesta

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DE MONTES

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Contenido

1. Introducción	3
2. Antecedentes	3
2.1. Los montes urbanos de Málaga	4
2.2. Los procesos de decaimiento de coníferas en el ámbito Mediterráneo	9
3. Objetivos	9
3.1. Impacto de los factores abióticos	9
3.2. Impacto de los factores bióticos	9
3.3. Propuesta de medidas de gestión	9
4. Materiales y métodos	10
4.1. Caracterización dasocrática de los montes objeto de estudio	10
4.2. Caracterización climática	10
4.3. Selección de parcelas de muestreo	11
4.4. Muestreo de individuos para la posible determinación de las causas abióticas del decaimiento	12
4.5. Muestreo de individuos para la posible determinación de las causas bióticas del decaimiento	12
5. Resultados	15
5.1. Caracterización dasocrática de los Montes	15
5.2. Análisis climático	18
5.3. Análisis dendrocronológico	24
5.4. Defoliación, decoloración y mortalidad	28
5.5. Factores bióticos y abióticos relacionados con el decaimiento	29
6. Conclusiones y perspectivas de gestión	33
6.1. Monte Gibralfaro	33
6.1.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa	33
6.1.2. Perspectivas de evolución	33
6.1.3. Recomendaciones de gestión	33
6.2. Monte Victoria	34
6.2.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa	34
6.2.2. Perspectivas de evolución	35
6.2.3. Recomendaciones de gestión	35
6.3. Monte Morlaco	36
6.3.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa	36
6.3.2. Perspectivas de evolución	36
6.3.3. Recomendaciones de gestión	36

6.4. Monte San Antón.....	37
6.4.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa	38
6.4.2. Perspectivas de evolución	38
6.4.3. Recomendaciones de gestión	38
7. Conclusiones generales	39
8. Referencias	40
8.1. Bibliográficas	40
8.2. Web.....	40
9. Agradecimientos	41
10. Resumen de actuaciones propuestas	41

1. Introducción

El decaimiento generalizado de las masas de coníferas afecta especialmente al SE de la Península, donde las condiciones climáticas están generando un mayor estrés. La mayoría de estas masas proceden de repoblaciones que fueron hechas, por distintas causas, a partir de la década de los '50 del pasado siglo (aunque algunas de las que nos ocupan son anteriores) utilizándose fundamentalmente pino albar (*Pinus sylvestris* L.) y pino laricio (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *salzmanni* (Dunal) Franco) en altitudes más elevadas, así como pino negral (*Pinus pinaster* Aiton) y, sobre todo, pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en los pisos bioclimáticos más térmicos ubicados a menor altitud (www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/sanidad-forestal/seca-y-decaimiento-forestal/decaimiento-pinares-andaluces).

Algunas de estas actuaciones se hicieron en ámbitos urbanos o periurbanos lo que, sin duda, implica un paso más en el nivel de hostilidad ambiental en la que se cultivan estos árboles. Este es el caso de los bosques urbanos de Málaga capital que, como todos los demás entornos citados anteriormente, están sufriendo procesos de decaimiento, probablemente agravados por su ubicación dentro del entramado de la ciudad.

En este contexto, el Ayuntamiento de Málaga ha puesto en marcha determinadas iniciativas para intentar entender lo mejor posible el problema con el objetivo de poder poner en marcha medidas encaminadas a paliar los efectos de la rápida pérdida de las masas arbóreas de sus montes urbanos.

A una de estas iniciativas pretende responder, al menos parcialmente, este informe elaborado por un grupo de trabajo del Dpto. de Ingeniería Forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes (Universidad de Córdoba), que ha desarrollado los trabajos necesarios para su elaboración entre los meses de mayo y noviembre de 2024 y que está formado por:

Coordinador

Ángel Lora González. Dr. en Ciencias Biológicas. Prof. Titular

Determinación de factores abióticos

Antonio Cachinero Vivar. Ingeniero de Montes. Doctorando contratado

Óscar Pérez Priego. Dr. Ingeniero de Montes. Contratado "Beatriz Galindo"

Determinación de factores bióticos

Francisco José Ruiz Gómez. Dr. Ingeniero de Montes. Profesor Ayudante Doctor

Rafael Sánchez de la Cuesta. Dr. Ingeniero de Montes. Técnico Especialista

2. Antecedentes

La conservación de la naturaleza se ha convertido en una de las mayores preocupaciones de las sociedades desarrolladas y es por ello por lo que se han generado medidas para conseguir la preservación de los espacios naturales y el uso sostenible de los mismos. Fuera del entramado urbano, esta necesidad se implementa sobre la base de los ámbitos mejor preservados desde los puntos de vista ecológico y geológico o sobre aquellos que sirven mejor a los intereses de protección de las láminas de agua, del suelo o de la biodiversidad.

No obstante, la mayor parte de la población del planeta es urbana, como ya se preconizaba en trabajos que pueden considerarse ya algo lejanos (Girardet, 2001), pero que ven cómo se van cumpliendo las previsiones, tal y como se puede confirmar en fuentes como el Banco Mundial (<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>). A día de hoy, aproximadamente el

60% de la población mundial es urbana, siguiendo una curva creciente prácticamente en todas las economías y en todas las regiones geográficas del mundo.

Esto hace especialmente trascendente la gestión de la naturaleza urbana, porque es la naturaleza en la que cada día se desarrolla la vida de la mayor parte de la población mundial. Es especialmente trascendente y es especialmente compleja por los múltiples condicionantes a los que están sometidas las islas de naturaleza (parques, jardines, alineaciones, retazos de bosques, riberas...) que se salpican en las ciudades.

Málaga, como no puede ser de otra manera, no es ninguna excepción a esta tónica general. El extraordinario desarrollo de la ciudad, su ubicación estratégica con orientación preferentemente Este-Oeste entre dos líneas paralelas y próximas determinadas por los montes litorales y el mar, su expansión económica, su vinculación con sectores altamente productivos, han generado un espacio muy condicionado para el desarrollo de espacios de naturaleza interior.

En líneas generales, la ciudad responde a un clima típicamente mediterráneo con una fuerte estacionalidad, escasas precipitaciones (524 mm/año de promedio) con episodios relativamente frecuentes de torrencialidad (el último de ellos en el actual mes de noviembre de 2024), fuerte evapotranspiración (879 mm/año de promedio) y temperaturas muy suaves. Estos datos, por sí solos, ya confirman el fuerte déficit hídrico al que está sometida la vegetación establecida en este entorno urbano (Martos, 2015).

La superposición en el espacio de todos estos caracteres ha supuesto que históricamente la ciudad haya tenido que buscar un equilibrio entre el avance de las actividades productivas y la generación de espacios que posibilitaran el mantenimiento del soporte físico para dichas actividades. Es por esto por lo que nacen los primeros tratamientos de espacios forestales en el ámbito urbano de la ciudad.

2.1. Los montes urbanos de Málaga

El Informe sobre vegetación urbana de la Agenda 21 de Málaga capital establecía una dotación de zonas verdes de 4.019.535 m² para el año 2012. Muy por encima de esta cifra, el Ayuntamiento de Málaga estima en 2024 que esta dotación alcanza 8.375.113,01 m² y especifica que

el principal incremento sobre esta superficie se sustenta principalmente en la incorporación de ampliaciones relacionadas con los espacios forestales de carácter urbano, tal es la importancia de estos espacios; algunos de ellos son objeto de este informe. Los parques forestales y periurbanos de la ciudad, junto con alguna parcela de titularidad municipal, alcanzan una superficie total de 6.105.152,35 m², suponiendo un 72,89% de la infraestructura verde de la ciudad (Observatorio de

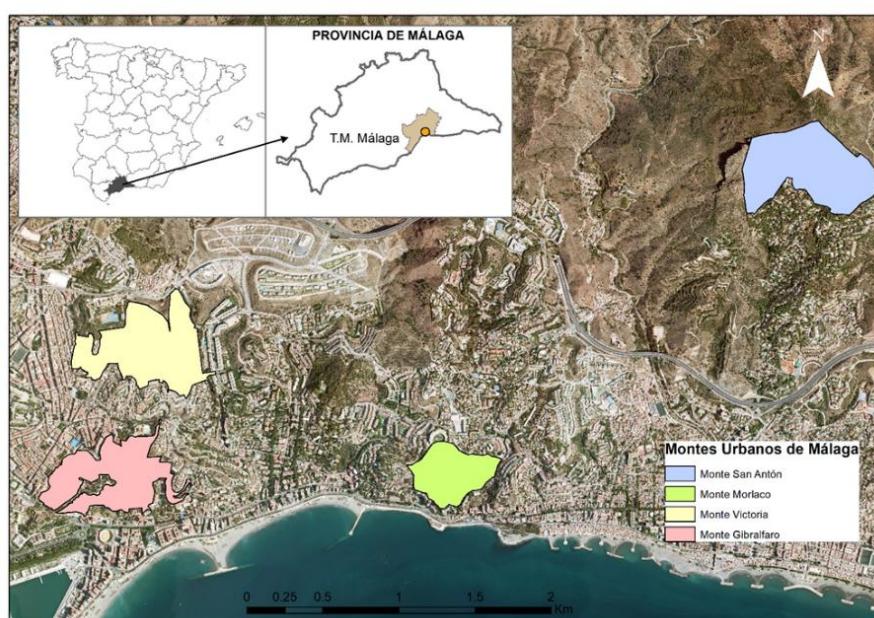


Fig. 1. Mapa de situación de los cuatro montes objeto de estudio.

SRC: ETRS89 UTM 30M

Medio Ambiente Urbano de Málaga, 2020). La ubicación de los montes objeto de estudio se puede observar en la Fig. 1.

Sin la intención de ser exhaustivos, se caracterizan a continuación de forma sucinta los espacios forestales urbanos objeto de estudio:

Parque Forestal de Gibralfaro

El Monte de Gibralfaro (Gibal al-Faruḥ) está indisolublemente unido a la historia de la ciudad, hasta el punto de aparecer en el Escudo de Armas de Málaga (Fig. 2) desde que los Reyes Católicos, se lo otorgaran por Real Cédula de 30 de agosto de 1494 (Sedeño, 2000): *“...E acatando de cómo la ciudad de Málaga, por la gracia de Dios fue ganada por conquista, e los moros de ally fueron presos e cautivos, le damos por armas la forma de la mesma ciudad e fortaleza de Gibralfaro.”*

El Parque, de 278.000 m² se ubica en las laderas del monte y es históricamente uno de los enclaves más significativos de la ciudad desde todos los puntos de vista: como elemento de referencia para la navegación y como elemento defensivo (tiene 130 m de altitud junto al mar) debió permanecer despejado de vegetación durante largo tiempo (especialmente desde la restauración de las ruinas fenicias y romanas como castillo llevada a cabo en la época andalusí); como elemento de aprovisionamiento, fue objeto de explotación mediante la extracción de piedra de cantera desde el s. XVI hasta el XVIII; como elemento de trascendencia en ritos religiosos y funerarios, no fue compatible con aprovechamientos de carácter agrícola, ganadero o forestal salvo de manera residual.

A raíz de las terribles y periódicas inundaciones sufridas por la ciudad de Málaga desde principios del siglo XVI (se tienen referencias desde 1544) como consecuencia de las deforestaciones de las cuencas de arroyos y ríos que desembocan en la ciudad y, en especial, tras la ocurrida el 24 de septiembre de 1907 se crean dos comisiones, una compuesta por Ingenieros de Caminos y otra por Ingeniero de Montes, para la propuesta de soluciones a este problema. Ambas comisiones se centraron en el río Guadalmedina sin considerar el resto de los arroyos que pasan por la ciudad: mientras los Ingenieros de Caminos propusieron la construcción del Pantano del Agujero y la canalización del río en un tramo determinado, los Ingenieros de Montes propusieron la corrección y repoblación de su cuenca.

Como consecuencia de estas determinaciones, hasta 1936 se repoblaron casi 4.762 ha en la cuenca del río. Desde entonces no se volvió a adquirir más superficie para este fin por lo que los arroyos subsidiarios seguían provocando daños. A partir de 1938 se decide acometer otro conjunto de correcciones y repoblaciones forestales para estas pequeñas cuencas, que van acompañadas de la construcción de diques y albardadas en los cauces de las torrenteras, muretes de abancalamiento y contención de laderas, descrestamiento, depósitos de decantación, etc., plantándose durante 14 campañas en este espacio y los montes aledaños hasta 26 millones de pinos carrascos y 300.000 árboles más (sobre todo chopos, álamos blancos, eucaliptos, cipreses...). Para conseguir una rápida cobertura se emplearon densidades altísimas, llegando en algunos casos a 5.000 pies/ha y plantando varios pies en cada hoyo (Martínez-Falero, 1950).

En el área ocupada por el pinar se pueden diferenciar varias zonas en cuanto a exposición solar, distintas pendientes y otros factores físicos y biológicos. A pesar de ello, el origen de la masa arbórea y el factor antrópico condicionan que la diversidad de especies entre ellas sea mínima. El estrato arbóreo está dominado claramente por el pino carrasco (*Pinus halepensis*) acompañado principalmente en bordes de caminos y torrenteras por eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*) y cipreses (*Cupressus sempervirens*). En un estrato inferior y relativamente frecuente aparecen algarrobos (*Ceratonia siliqua*) y en menor medida olivos (*Olea europaea* var.



Fig. 2. Escudo de Armas de la ciudad de Málaga
(fuente:
<http://www.malaga.eu>)

europaea), acebuches (*Olea europaea* var. *sylvestris*) y almendros (*Prunus dulcis*). Hay que destacar la presencia, aunque escasa y de pequeño porte, del almez (*Celtis australis*) en algunas vaguadas de las umbrías y de encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) de porte arbustivo.

Precisamente el estrato arbustivo está escasamente representado por la alta densidad del pinar en gran parte de la zona, lo que no permite el desarrollo de muchas especies. Dentro del grupo de las más umbrófilas destaca la presencia de aladierno (*Rhamnus alaternus*) y ocasionalmente de lentisco (*Pistacia lentiscus*) y de majuelo (*Crataegus monogyna*).

En aquellos lugares donde la densidad de arbolado es más baja, la alta pendiente del terreno, los afloramientos rocosos o bien la titularidad privada no han permitido el asentamiento de la masa arbórea, ha prosperado un estrato arbustivo más diverso, aunque escaso en superficie ocupada. Se pueden encontrar en estos lugares especies como las esparagueras (*Asparagus albus* y *A. horridus*), jara estepa (*Cistus albidus*), jaguarzo morisco (*C. salvifolius*), palmito (*Chamaerops humilis*), bolina (*Genista umbellata*), matagallo (*Phlomis purpurea*), espliego o alhucemilla (*Lavandula multifida*), cantueso (*Lavandula stoechas*), manzanilla yesquera (*Phagnalon saxatile*), marrubio (*Marrubium vulgare*), aulagas (*Ulex baeticus* y *U. parviflorus*), retama (*Retama sphaerocarpa*), altabaca (*Dittrichia viscosa*), erguen (*Calicotome villosa*), cañaheja (*Thapsia villosa*), etc.

En espacios abiertos y como acompañantes, aparece un cortejo variado de especies herbáceas y trepadoras típico de lugares rocosos y con cierto grado de nitrificación. Finalmente, es destacable la presencia de una cierta cantidad y diversidad de especies naturalizadas de origen ornamental, por la cercanía de espacios privados y de jardines públicos.

Su indudable carácter como atalaya de privilegio para la captación de unas vistas inmejorables de Málaga y su entorno le otorgan una trascendencia paisajística de primer orden. De la información extraída de diferentes fuentes se destaca que este carácter como atalaya hace que, sin tener un altísimo valor desde el punto de vista de la biodiversidad, resulte un enclave estratégico para la conservación de especies notables como el camaleón común (*Chamaeleo chamaeleon*) y para el descanso de multitud de aves de paso, muchas de ellas nidificantes en el cercano Paraje Natural de la Desembocadura del Guadalhorce (Martos, 2015).

Finalmente, el Monte ha servido de protección y morada para todas las culturas que han pasado por la ciudad de Málaga y que han dejado huellas tan destacadas y reconocibles como el Castillo y la Alcazaba entre otros valores históricos y culturales.

Parque Forestal Monte Victoria

El Monte Victoria, próximo al Santuario de la Victoria, patrona de la ciudad, también conocido como Cerro de San Cristóbal o Cerro de las Tres Letras, constituye el Parque Forestal Monte Victoria, que tiene 312.000 m² de superficie y una altitud máxima de 194 m sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Parque Natural Montes de Málaga, al sur con el Parque Forestal Monte Gibralfaro, al este con el Parque Forestal Monte San Antón y al oeste con el Cerro Calvario.

Este Monte fue objeto del mismo tratamiento simultáneo de corrección hidrológico-forestal descrito anteriormente para el Monte Gibralfaro, existiendo algunas zonas más desprotegidas en la cumbre y su vertiente oriental usadas en la actualidad para albergar algunas infraestructuras con una baja ocupación superficial y, sobre todo, para el desarrollo de algunas actividades ambientales relacionadas con iniciativas ciudadanas entre las que destacan plantaciones de unos pocos pies de especies de interés forestal.

De nuevo el pino carrasco (*Pinus halepensis*) es la especie más representada, salpicándose en las áreas más arboladas algunos ejemplares aislados de olivos, acebuches, algarrobos, encinas, etc.

Y también el estrato arbustivo y subarbustivo responde al mismo patrón anterior, con presencia de arrayán (*Myrtus communis*), granado (*Punica granatum*), aladierno, cantueso, espliego, bolina, retama, varitas de San José (*Asphodelus fistulosus*), diferentes especies de jaras, genisteas espinosas, etc.

Las partes más desprotegidas tienen una cubierta clara de matorral heliófilo dominado por palmito y jaguarzo (*Cistus monspeliensis*) y la presencia herbácea de escasa entidad está dominada por el pastizal ruderal, nitrófilo y terofítico con algunos tréboles (*Trifolium* spp.), carretones (*Medicago* spp.) y caléndula (*Calendula arvensis*) a los que acompañan algunas espiguillas (como *Aegylops ovata*), avenas silvestres (*Avena sterilis*) y, sobre todo, esparto (*Stipa tenacissima*). En lugares más a cubierto se salpican algunos helechos.

Las fuentes confirman que la fauna, como la flora, es similar a la que se encuentra en Gibralfaro. Es posible encontrar aquí reptiles como el camaleón, la lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*) y varias especies de culebras (destacando la bastarda, *Malpolon monspessulanus*); mamíferos como el erizo europeo (*Erinaceus europaeus*), la musaraña gris (*Crocidura russula*), el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) o la ardilla roja (*Sciurus vulgaris*). Junto a ellos aparecen también aves sedentarias como la lechuza común (*Tyto alba*), el mirlo (*Turdus merula*), el herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*), el jilguero (*Carduelis carduelis*), el verdecillo (*Serinus serinus*) o la collalba negra (*Oenanthe leucura*); aves estacionales como la abubilla (*Upupa epops*), la golondrina común (*Hirundo rustica*), el papamoscas gris (*Muscicapa striata*), la tórtola (*Streptopelia turtur*), el vencejo (*Apus apus*), el petirrojo (*Erythacus rubecula*), el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*), entre otras (<https://www.geaesp.org/projects/monte-victoria/>).

Parque Forestal de El Morlaco

El tercer espacio objeto de estudio es el Parque Forestal El Morlaco que, con 90 m de altitud máxima y 161.720 m², se configura como un auténtico pulmón para todos los residenciales que lo flanquean en todas sus orientaciones.

Se trata de una antigua cantera de yeso que estuvo en explotación hasta el s. XX. Como los anteriores Montes, al cesar este uso se repobló con pino carrasco (en la década de los '50) por parte de la propiedad que, en este caso, utilizó densidades muy altas para evitar escorrentías y pérdidas de suelo por las lluvias. Salpicados entre los pinos se encuentran eucaliptos y cipreses, algunos de ellos probablemente vinculados al pasado privado del espacio.

La extraordinaria densidad de carrascos en este Parque impide la llegada de luz al interior de la masa y, por lo tanto, el cortejo de especies presentes bajo las copas de los árboles es muy escaso, tanto en el estrato arbustivo como en el herbáceo. En los pocos claros existentes, generados por la red de caminos e infraestructuras o por la pérdida de algunos pies de pino, aparecen bolina, romero (*Salvia rosmarinus*), marrubio y esparaguera amarguera o de roca (*Asparagus albus*) entre los arbustos y matas, acompañados de candilito (*Aisarum simorrhinum*), aristoloquia (*Aristolochia baetica*), gamones (*Asphodelus* spp.), caléndula (*Calendula arvensis*), diversas ajonjeras (*Chondrilla juncea* y *Andryala ragusina* sobre todo), correhuella (*Convolvulus arvensis*), zanahoria silvestre (*Daucus carota*) o lechetreznas (*Euphorbia* spp.).

Las consultas realizadas (<https://parquemorlaco.blogspot.com/2013/08/bienvenidos-la-pagina-oficial-del.html>) y el trabajo de campo realizado nos indican que es muy abundante la ardilla roja, siendo también frecuente el erizo común. De la misma manera, es un lugar ideal para el camaleón. Finalmente, entre las aves se pueden reconocer abubillas, aguililla calzada (*Hieraaetus pennatus*, que gusta de espacios forestales que se encuentren en mosaico con terrenos más abiertos), la collalba negra, el gorrión común (*Passer domesticus*), el cernícalo común (*Falco tinnunculus*), el jilguero, el papamoscas gris, el verderón (*Chloris chloris*), el petirrojo y el arrendajo (*Garrulus glandarius*) entre otros.

Parque Forestal Monte San Antón

El Parque Forestal del Monte San Antón es, con diferencia, el espacio más natural y mejor conservado de los que son objeto de estudio en este trabajo, a pesar de haber sido poblado sistemáticamente desde hace varios miles de años, tal y como atestiguan estudios arqueológicos llevados a cabo en este lugar (Heredia, 1998; Barberá, 2011). Con una superficie de 370 ha, fuertes pendientes (20% de media, pero con 100% en algunas laderas), 500 m de altitud máxima media que se alcanzan en dos cumbres gemelas (Cruz de San Antón con 491 m y Cerro de San Antón con 507 m) y “alejado” de la línea de costa (dista unos 3 km aproximadamente), presenta cualidades típicas de un espacio forestal de carácter periurbano.

La información que ofrece el Ayuntamiento de Málaga (<https://medioambiente.malaga.eu/parques-y-jardines/parques-y-jardines-de-malaga/zonas-forestales/detalle-del-parque/Parque-Forestal-Monte-San-Anton/>) nos describe un espacio que mantiene una zona de pino carrasco, sobre todo en la margen inferior del escarpe sur del Monte, procedente de repoblaciones de la misma época de los Parques anteriormente descritos. Entre los pinos quedan restos de cultivos leñosos de olivos y almendros.

Si los tres espacios anteriores salpicaban algunos vestigios escasos de vegetación natural entre las masas muy densas de carrasco, en este caso el cortejo de especies típicamente termomediterráneas está ampliamente representado, mucho mejor en la falla que por su parte occidental limita los entornos urbano y forestal.

Sabinas moras (*Juniperus phoenicea*), enebros (*Juniperus oxycedrus*), algarrobos, palmitos, acebuches, coscojas (*Quercus coccifera*), lentiscos, aladiernos, zarzaparrillas (*Smilax aspera*), esparraqueras de roca, matagallos (*Phlomis purpurea*), bolinas, romeros, espartos, varas de San José (*Asphodelus fistulosus*), espliegos (*Lavandula multifida*) abundan en sus laderas de pH más elevado, disminuyendo su cobertura en los espacios más escarpados y a mayor altitud; entre estos matorrales se cría *Sideritis reverchonii*, un endemismo de las provincias de Málaga y Cádiz. En suelos más ácidos, se desarrollan con fuerza bolinas, cerrillos (*Hyparrhenia hirta*), retamas, jara estepa (*Cistus albidus*), espliegos, cantuesos y aulagas (*Ulex parviflorus*). Los espacios más frescos albergan vegetación típicamente freatófila, con presencia de adelfas (*Nerium oleander*), vincas (*Vinca minor*) o sauzgatillos (*Vitex agnus-castus*). La abundancia de escarpes, paredes y grietas hace que sobre todo en las partes más altas del Monte se encuentre una amplia representación de especies típicamente rupícolas (como *Putoria calabrica* o *Mucizonia hispida* por citar algunas). Finalmente, los suelos con menos cobertura de vegetación leñosa están ocupados por múltiples especies herbáceas, entre las que destacan algunas orquídeas tanto del género *Ophrys* como del género *Orchis*.

El presente documento no puede glosar con detalle la riqueza vegetal de este lugar. Es suficiente con destacar las dos visitas que el botánico Edmond Boissier realizó a este enclave en 1837 (<https://malagadesdesuscumbres.org/sanantonintro2.htm>): podrían ser de aquí los ejemplares que sirvieron para la descripción de las dos nuevas especies malagueñas que descubrió para la ciencia: el arbustillo *Cytisus malacitanus* y la herbácea rupícola *Fumaria macrosepala*.

Lo mismo ocurre con la fauna. Rosado (1981) inventarió un total de 120 especies de vertebrados (4 anfibios, 14 reptiles, 84 aves y 18 mamíferos); otros estudios (como el de Fernández et al., 2005) citan como posible la existencia de varios miles de especies de invertebrados. No es posible destacar las especies presentes, pero se puede asegurar que la biodiversidad de este Parque es excepcional, mucho más cuando se trata de un ámbito fuertemente condicionado por el entorno urbano. Sin embargo, la mayoría de ellas tienen sus poblaciones en regresión debido a la presencia humana y a la especulación inmobiliaria.

2.2. Los procesos de decaimiento de coníferas en el ámbito Mediterráneo

El ámbito forestal está sufriendo procesos de decaimiento (combinación de varios factores que deterioran las formaciones forestales) en diferentes especies y en muchas partes del mundo.

La dureza del clima mediterráneo, caracterizado por una estacionalidad que genera un fuerte estiaje con condiciones de estrés hídrico acusado, determina un caldo de cultivo óptimo para estos procesos de decaimiento. El levante ibérico y el sudeste andaluz son zonas en las que se registran pérdidas de decenas de miles de individuos por estas causas.

Y es en el sudeste andaluz, donde el estrés hídrico es más intenso, donde las masas de coníferas procedentes de repoblación son especialmente vulnerables a estos procesos debido a varios factores que se suman a la falta de precipitaciones y el aumento de las temperaturas: la diversidad de muchas de estas masas es baja (lo que posibilita el avance de plagas), la densidad es alta (generándose competencia entre individuos de la misma edad por los escasos recursos disponibles), los suelos son poco fértiles y están poco desarrollados (motivos principales y a veces únicos por los que se desarrollaron las repoblaciones), en muchas ocasiones las pendientes sobre las que se asientan las formaciones son muy elevadas y, finalmente, algunas veces la elección de la especie a utilizar pudo ser adecuada para el momento en que se desarrollaron las repoblaciones pero esas condiciones, dados los cambios climáticos actuales, pueden no ser las mismas en la actualidad (<https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/sanidad-forestal/seca-y-decaimiento-forestal/que-es>).

El reto no puede ser otro que llevar a cabo una gestión adaptativa de estas formaciones para asegurar la viabilidad de los ecosistemas en las que se enclavan, en estos escenarios climáticos cambiantes.

3. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es determinar los factores y las causas principales del decaimiento de los pinares de los montes urbanos de la ciudad de Málaga, para proporcionar a los gestores una herramienta válida para la toma de decisiones sobre su mantenimiento. Este objetivo se alcanzará sobre la base de estudio de tres objetivos específicos:

3.1. Impacto de los factores abióticos

Se analiza el pasado, presente y futuro de las variables fitoclimáticas de la zona de estudio que pudieran estar influyendo en el debilitamiento y en el cambio del estado vegetativo que están experimentando los pinares presentes en los montes objeto de estudio.

3.2. Impacto de los factores bióticos

Se realiza un diagnóstico, a través de inventarios fitosanitarios del ecosistema, de los agentes bióticos principales (plagas y enfermedades) que agraván el decaimiento y provocan mortalidad en el pinar.

3.3. Propuesta de medidas de gestión

Se valora la situación actual y la previsión futura de los mencionados montes, usando como base los datos históricos y de inventario, en caso de no revertir las condiciones actuales del ecosistema. Obtenida la previsión a futuro de la masa, procede la elaboración de un catálogo de medidas de gestión como propuesta de mejora de su estado y, por consiguiente, de freno de los procesos de decaimiento.

4. Materiales y métodos

Se detallan en este capítulo los materiales y los métodos empleados durante el desarrollo del trabajo en cada una de sus partes.

4.1. Caracterización dasocrática de los montes objeto de estudio

La descripción cuantitativa de variables de masa del arbolado se ha realizado a partir de una nube de puntos LiDAR tomados en el 2020 con un escáner láser aéreo (ALS) y proporcionados por el PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de España). El sistema de referencia geodésico fue ETRS89 UTM Zona 30N, con alturas ortométricas referenciadas al EGM08-REDNAP. La densidad final de las nubes de puntos tomó un valor medio de 2,3 puntos/m².

Para la fase de normalización, también se extrajo para cada monte de referencia un modelo digital del terreno (MDT) con una separación de rejilla de 1 m y libre de valores atípicos. El flujo de trabajo para la extracción de métricas LiDAR constó en los siguientes pasos (Fig. 3):

1. Normalización de datos de nubes de puntos.
2. Generación de datos de entrada (construcción de CHM, suavizado de CHM, detección de semillas o copas de árboles iniciales (LM)).
3. Segmentación de árboles individuales.
4. Evaluación de la precisión para seleccionar la mejor combinación de parámetros.
5. Extracción de variables de árbol y masa.

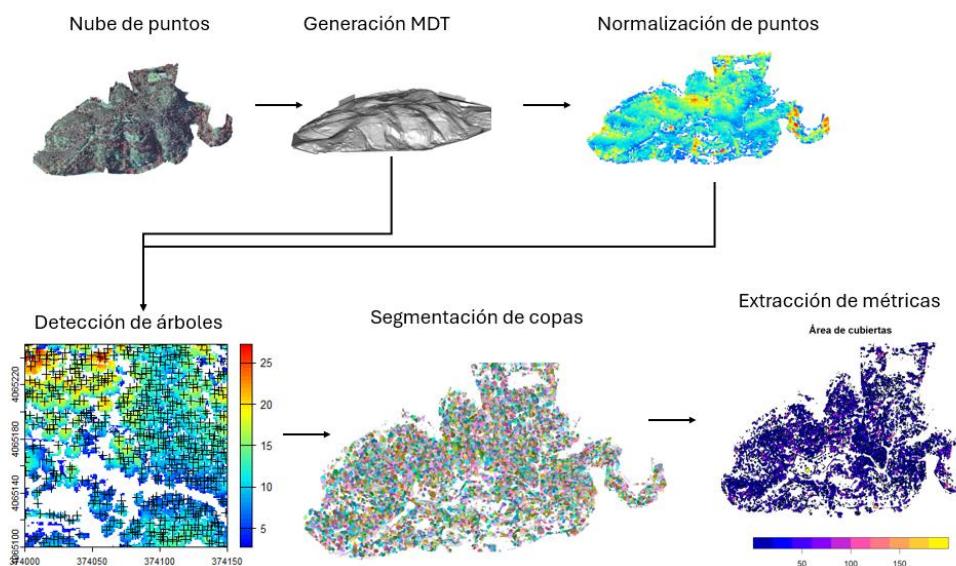


Fig. 3. Flujo de trabajo en la extracción de variables dendrométricas de árboles a partir de datos LiDAR.

4.2. Caracterización climática

Para la obtención del registro climático se procedió a acceder a las fuentes de información de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de la provincia de Málaga, principalmente para las variables de temperatura media y precipitación anual acumulada desde el año 1960 a 2024.

Con la finalidad de proyectar el crecimiento a futuro de estas masas con las densidades que presentan es necesario acceder a la información sobre los escenarios climáticos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados en Fase 6 (CMIP6, <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-cmip6?tab=download>) para evaluar los cambios proyectados en el clima futuro y su impacto en el servicio ecosistémico evaluado.

Para proporcionar escenarios futuros recomendables para la gestión, seleccionamos dos escenarios SSP (Escenarios de Cambios Globales) diferenciados: SSP126, más favorable en cuanto a sostenibilidad atmosférica y SSP585, escenario más desfavorable de desarrollo impulsado por combustibles fósiles presentes en la capa atmosférica de la baja troposfera). Estos escenarios se refieren al primer período de 20 años (2021-2040), según fuentes disponibles.

4.3. Selección de parcelas de muestreo

El criterio principal para la localización dirigida de las cinco parcelas de muestreo establecidas en cada uno de los cuatro montes urbanos objeto de estudio (Fig. 4) fue el de la exposición del terreno hacia las orientaciones norte o sur de las masas forestales de pino carrasco (Tabla 1), con objeto de obtener las máximas diferencias que las condiciones ambientales locales pudieran generar sobre su microclima, el crecimiento y la sanidad del arbolado, la densidad de pies y el cortejo de especies acompañantes.

Para el análisis de datos de estructura y humedad se llevaron a cabo muestreos en los 4 Montes durante 4 visitas distribuidas a lo largo del periodo de estudio. Inicialmente se hizo una primera visita de reconocimiento de la zona (tomando como espacio modelo el Monte Gibralfaro) tomándose algunas muestras de individuos sanos, afectados y muertos del Monte Victoria para valorar y proyectar los trabajos a realizar en los 4 Montes Urbanos. Posteriormente, se planificaron 3 visitas más al final de la época de crecimiento de los árboles para tomar datos de estructura, y contenidos de humedad.

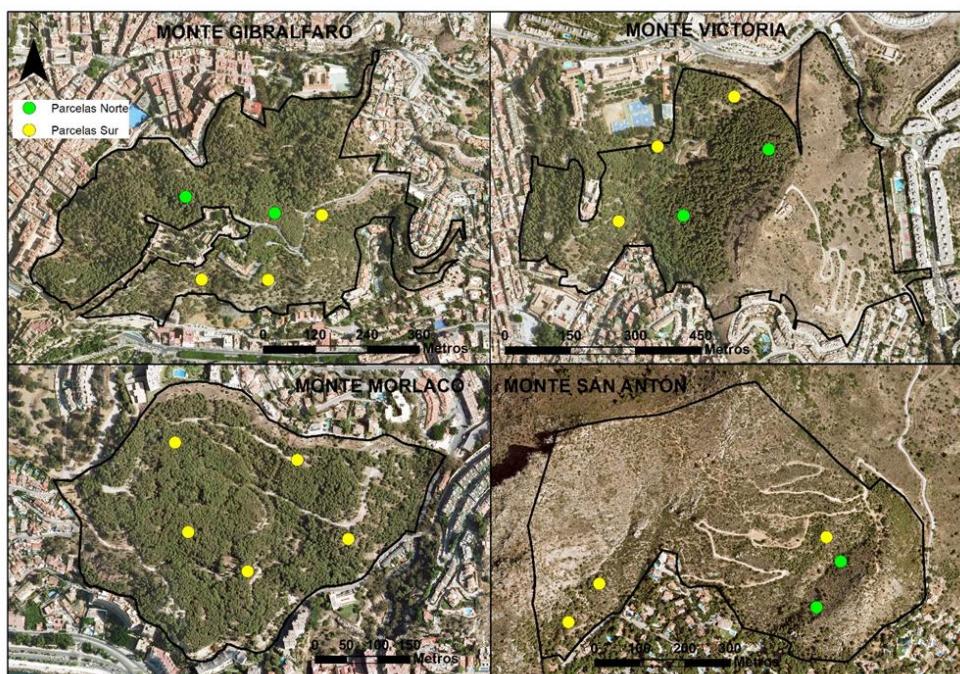


Fig. 4. Perímetro de los Montes Urbanos de Málaga (Gibralfaro, Victoria, Morlaco y San Antón) y parcelas de estudio según orientación.

Tabla 1. Número de parcelas de muestreo según la exposición

Monte / Orientación	N	S
Gibralfaro	2	3
Victoria	2	3
San Antón	2	3
Morlaco	0	5

4.4. Muestreo de individuos para la posible determinación de las causas abióticas del decaimiento

Se tomaron muestras de 12 árboles en la primera visita citada anteriormente y de 160 individuos en las visitas posteriores, repartidos en los 4 Montes por orientaciones y estado de salud.

Para la toma de datos de estructura y humedad se tomaron medidas en campo del diámetro medio a 1,30 m de altura de todos los individuos y se anotaron los pesos en húmedo de muestras extraídas con barrena Pressler.

Para la toma de datos en campo se intentó homogeneizar entre los individuos presentes eligiendo aquellos que presentaban un porte lo más recto posible con un diámetro aproximado que fuese representativo de cada una de las zonas estudiadas.

Para el análisis de crecimiento se obtuvieron 2 muestras por cada uno de los 5 árboles representativos de cada orientación y de cada estado de salud, con un total de 40 muestras o testigos de madera por Monte. Para ello se utilizó una barrena de Pressler con la dirección de extracción perpendicular a la pendiente máxima y con una separación mínima de 90° entre pares de muestras. Las muestras se pesaron y encapsularon para asegurar su seguridad en el transporte hasta las instalaciones de la Universidad de Córdoba. Al llegar al laboratorio, las muestras se examinaron para excluir cualquier madera de reacción, excentricidades o evidencia de heridas. Luego, se dejaron secar al aire y se lijaron con lijadora industrial con grano creciente hasta que los límites de los anillos fueran claramente visibles. Posteriormente, las muestras se dataron a través del conteo del ancho de los anillos desde la zona exterior o corteza (último año de formación de tejido leñoso) hasta la médula (primer año de formación). Individualmente los testigos de madera se dataron y validaron hasta formar la colección representativa de cada Monte por orientación y estado de salud, obteniéndose un total de 16 colecciones o cronologías.

La datación se llevó a cabo con programas especiales para este tipo de tratamiento para posteriormente ser verificada y validada con otro programa informático, que calcula las correlaciones móviles entre las series individuales de anillos de árbol y la serie promedio de cada sitio. Finalmente, los datos del ancho de los anillos de los árboles se transformaron en incremento de área basimétrica, que es una unidad biológicamente más significativa para cuantificar las variaciones de crecimiento entre años, estado de salud y orientaciones. Esto último, junto a la obtención de las gráficas y procesado de datos se llevó a cabo mediante programación de datos con paquetes asociados a este tipo de análisis.

4.5. Muestreo de individuos para la posible determinación de las causas bióticas del decaimiento

En cada una de las parcelas de 20 m de radio se seleccionaron 5 árboles de pino carrasco, posicionados de forma circunscrita al centro de la parcela, de forma que se abarcasen las principales orientaciones (norte/sur/este/oeste).

A cada árbol se le realizó una evaluación fitosanitaria individualizada siguiendo los criterios de la Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Red CE de Nivel I) al igual que se lleva a cabo en la Red SEDA (Red Andaluza de Seguimiento de Daños sobre Ecosistemas Forestales), donde se evalúan los parámetros de Defoliación y Decoloración de la copa (Tabla 2), así como los niveles de daño y abundancia de agentes bióticos y abióticos presentes que contribuyen sobre los citados parámetros (Tabla 3).

Los árboles muertos o completamente defoliados (con o sin acícula en la rama) no se tuvieron en cuenta para el cálculo de la defoliación ni decoloración media de los montes y las parcelas, pero sí se tuvieron en cuenta para calcular los porcentajes de mortalidad de las parcelas respecto a la densidad total de la parcela.

A continuación, se indica la codificación usada en los parámetros y agentes evaluados:

Tabla 2. Clasificación y codificación de los niveles de defoliación y decoloración, respectivamente, de la copa del árbol (Red Europea de Daños Nivel I).

DEFOLIACIÓN DE COPA (%)		DECOLORACIÓN DE COPA	Código
Clase 0.	Árboles no defoliados (0 – 10%)	Nula	0
Clase 1.	Árboles ligeramente defoliados (11-25%)	Ligera	1
Clase 2.	Árboles moderadamente defoliados (26-60%)	Moderada	2
Clase 3.	Árboles gravemente defoliados (>60%)	Grave	3
Clase 4.	Árboles secos o muertos (100%)	Árbol Muerto	4

El porcentaje de defoliación debe estar relacionado con los niveles de daño de los agentes que están presentes en el arbolado. Este nivel de daño indica la contribución del agente al porcentaje de defoliación. El nivel de abundancia cuantifica la presencia del agente indicado.

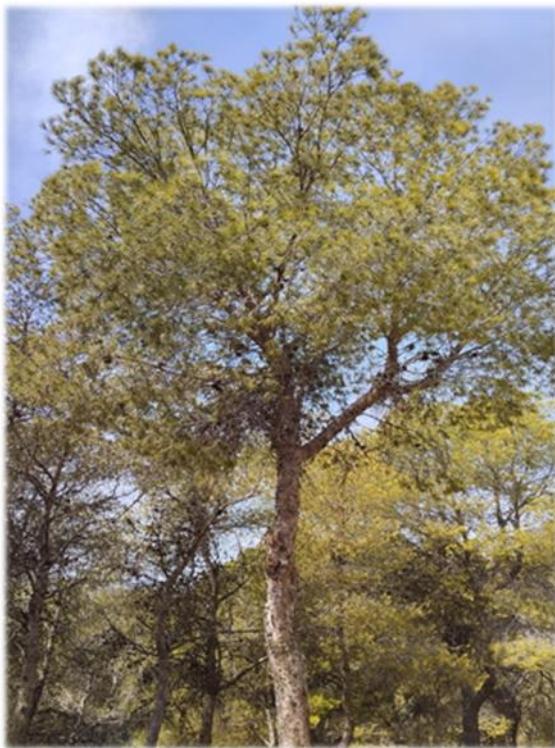
Tabla 3. Clasificación y codificación de los niveles de daño y abundancia de los agentes bióticos y abióticos presentes en el árbol (Red Europea de Daños Nivel I).

Nivel de Daño	Código	Nivel de Abundancia	Código
Sin daño (Presente)	0	Bajo	B
Leve	1	Medio	M
Moderado	2	Alto	A
Importante	3	Incuantificable	I

Se muestran a continuación (Fig. 5) algunos individuos de cada uno de los niveles de defoliación presentes en los montes estudiados.



Clase 0: 0-10% - Monte Victoria



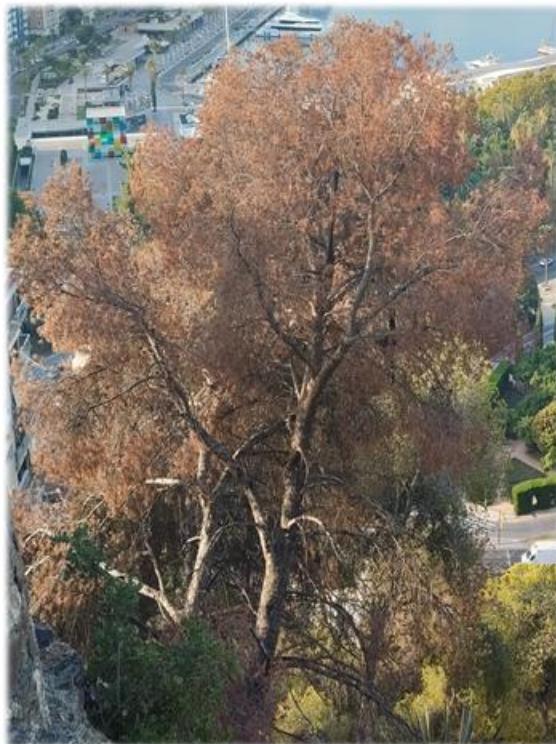
Clase 1: 11-25% - Monte Morlaco



Clase 2: 26-60% - Monte San Antón



Clase 3: >60% - Monte Victoria



Clase 4: 100% - Monte Gibralfaro



Clase 4: 100% - Monte Victoria

Fig. 5. Aspecto de las clases de defoliación en los Montes Urbanos de estudio.

Finalmente, en el proceso de evaluación de los agentes presentes sobre el arbolado, se recogieron muestras de aquellos que no se pudieron identificar en campo y requerían de análisis y clasificación en el laboratorio.

5. Resultados

Se muestran en este capítulo los resultados más relevantes del trabajo realizado.

5.1. Caracterización dasocrática de los Montes

Se muestra a continuación el resultado sobre la distribución de las alturas de los árboles y las proyecciones de área de copas para cada uno de los espacios estudiados. También se recogen valores de densidad, que se refieren a la superficie total de cada Monte y no a la superficie exclusivamente ocupada por el pino carrasco, motivo por el que los valores son bajos; los valores para el pinar se encuentran en las propuestas de medidas de gestión. Los datos son los siguientes:

Monte de Gibralfaro

Se reconocieron un total de 7.992 individuos en una superficie total de 37,78 ha (211 pies/ha). La altura media de la población alcanzó los $12m \pm 4 m$. Los individuos presentaron una media de superficie de copa proyectada de 20 m (Fig. 6) La fracción de cabida cubierta (Fcc) del total de la superficie de Monte de Gibralfaro alcanzó el 44%. Si atendemos exclusivamente a la distribución de superficies arboladas podemos observar que la Fcc alcanza la máxima cobertura (100%) en la mayor parte de su extensión (Fig. 7).

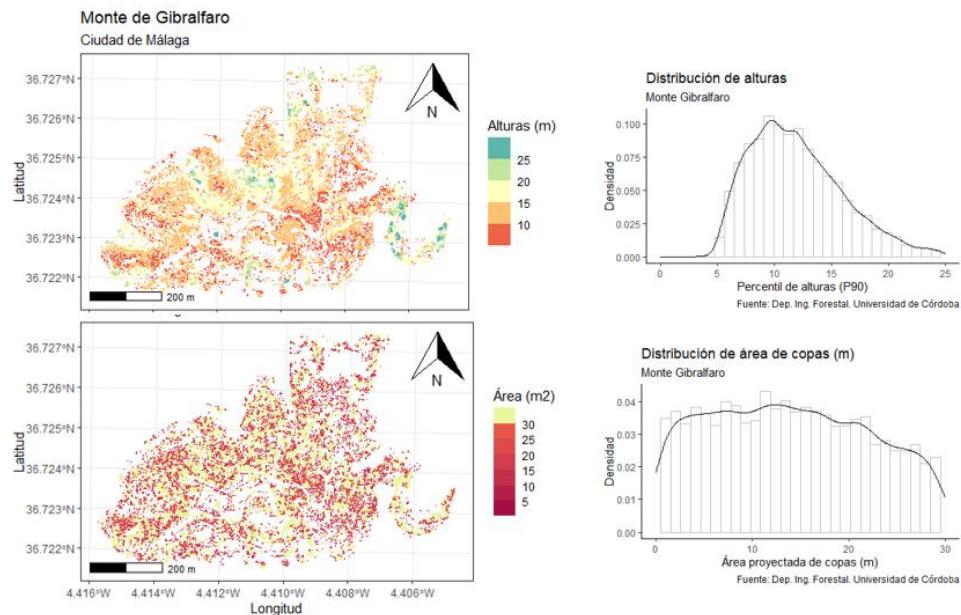


Fig. 6. Cartografía de resultados de la distribución de alturas y proyección de copas, así como su distribución de densidad de dichas variables.

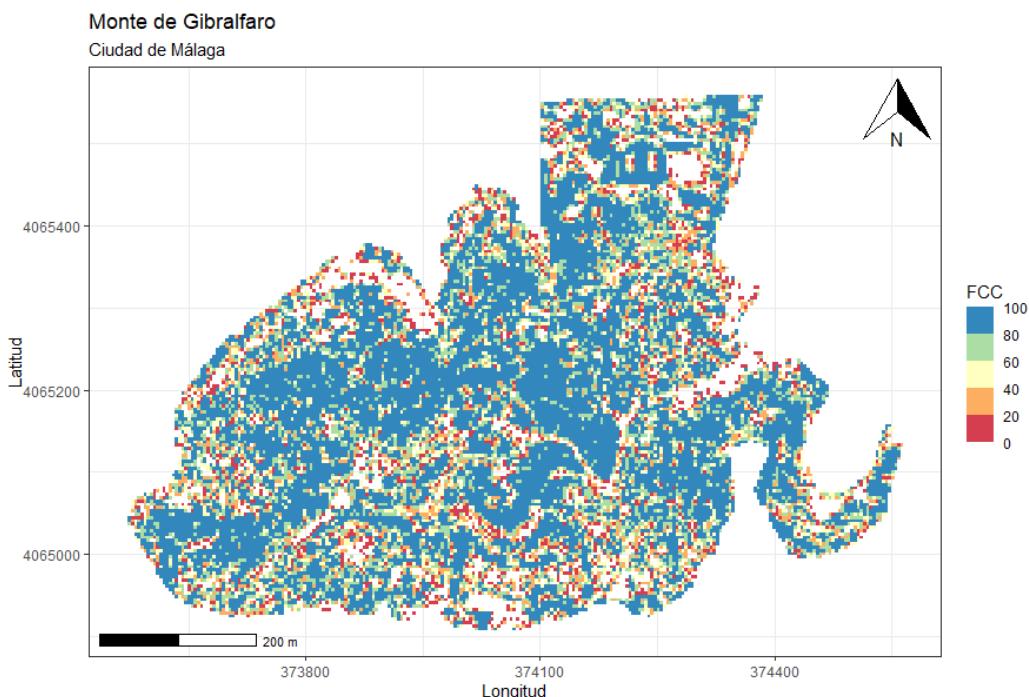


Fig. 7. Cartografía de la distribución de fracción de cabida cubierta (Fcc).

Monte Victoria

Se reconocieron un total de 3.226 individuos en una superficie total de 48,63 ha (66 pies/ha). La altura media de la población alcanzó los $13,4m \pm 4,4$ m. Los individuos presentaron una media de superficie de copa proyectada de $34,67 m^2$. La fracción de cabida cubierta (Fcc) del total de superficie de Monte Victoria alcanzó el 22%. Si atendemos exclusivamente a la distribución de superficies con cobertura arbolada podemos observar que la Fcc alcanza la cobertura máxima del 100% (Fig. 8).

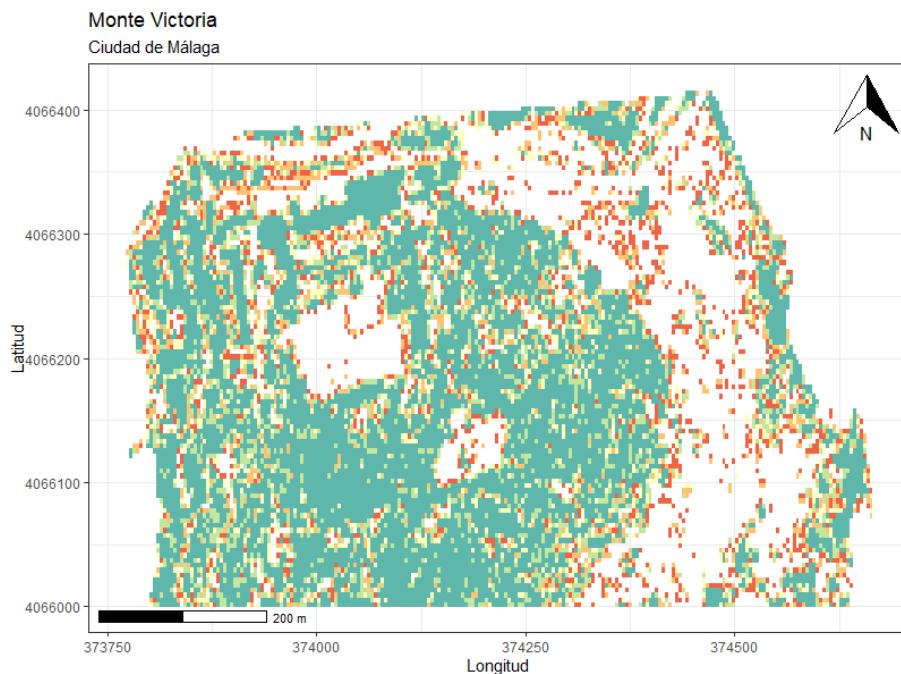


Fig. 8. Cartografía de la distribución de fracción de cabida cubierta (Fcc).

Monte Morlaco

Se reconocieron un total de 3.277 individuos en una superficie total de 17,95 ha (182 pies/ha). La altura media de la población alcanzó los $11,9 \text{ m} \pm 3,4 \text{ m}$. Los individuos presentaron una media de superficie de copa proyectada de $31,26 \text{ m}^2$. La fracción de cabida cubierta (Fcc) del total de superficie de Monte Victoria alcanzó el 57%. Si atendemos exclusivamente a la distribución de superficies con cobertura arbolada podemos observar que la Fcc alcanza la cobertura máxima del 100% (Fig. 9).

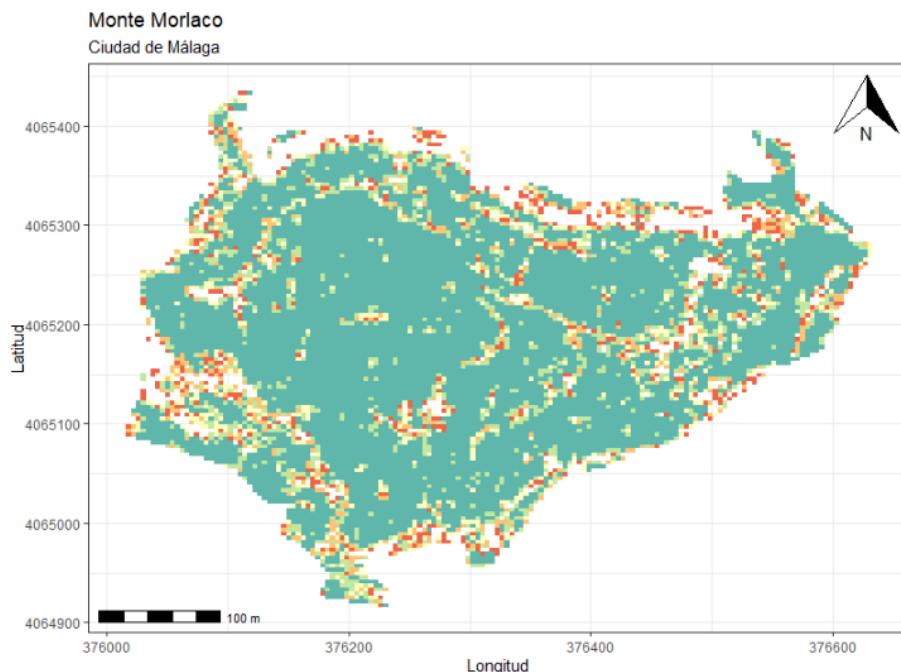


Fig. 9. Cartografía de la distribución de fracción de cabida cubierta (Fcc).

Monte San Antón

Se reconocieron un total de 11.409 individuos en una superficie total de 359,95 ha (31 pies/ha). La altura media de la población alcanzó los $8,9 \text{ m} \pm 4,4 \text{ m}$. Los individuos presentaron una media de superficie de copa proyectada de $18,9 \text{ m}^2$. La fracción de cabida cubierta (Fcc) del total de superficie Monte San Antón alcanzó el 7%. Si atendemos exclusivamente a la distribución de superficies con cobertura vegetal podemos observar que la Fcc es considerablemente menor en comparación a los casos anteriores, encontrando valores entre el rango del 20% al 30% (Fig. 10).

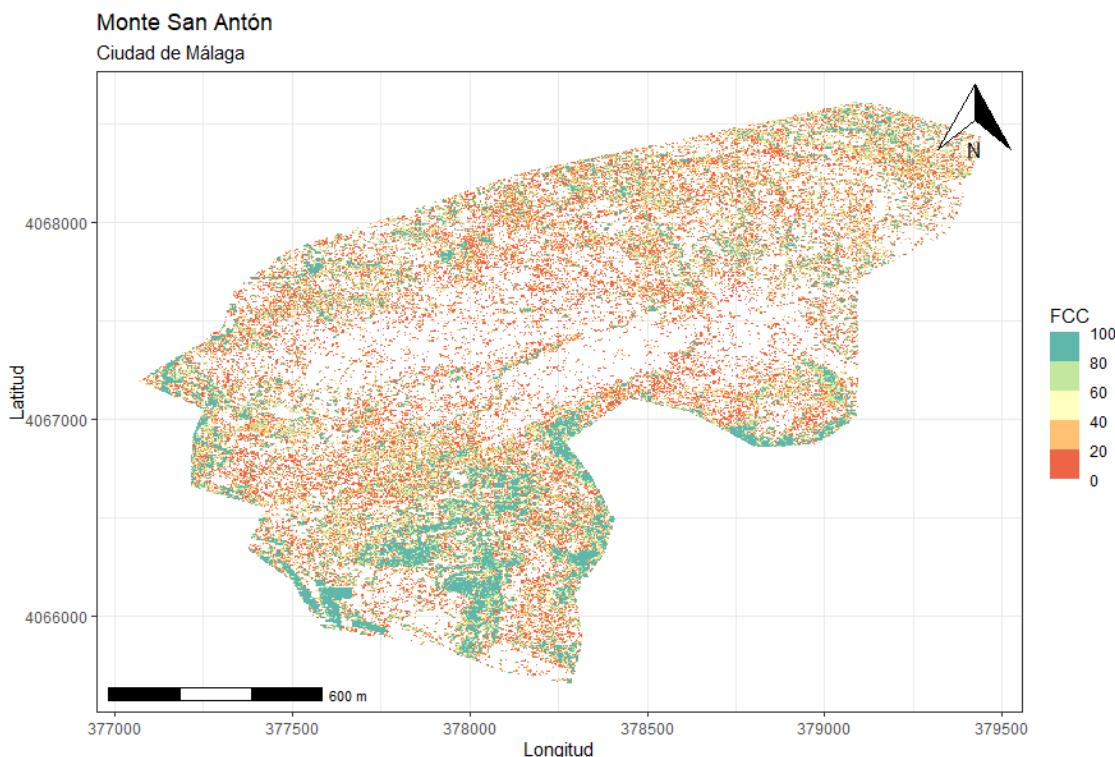


Fig. 10. Cartografía de la distribución de fracción de cabida cubierta (Fcc).

5.2. Análisis climático

Analizando los datos se puede observar tendencias importantes en las variables climáticas de precipitación (prcp) y temperatura (temp) (Fig. 11). En términos de precipitación, el año más seco fue 2023, con apenas 182,9 mm, mientras que el año más lluvioso fue 2010, alcanzando 1.214,2 mm. Aunque la precipitación presenta variabilidad significativa, se evidencian períodos de sequías prolongadas y disminución en la cantidad acumulada en años recientes, lo que sugiere un riesgo creciente de sequía en la región.

En cuanto a la temperatura, el año más frío registrado fue 1972, con una temperatura promedio de $14,8^{\circ}\text{C}$, mientras que el año más cálido hasta la fecha de este estudio (noviembre 2024) ha sido 2024, con un promedio de $20,74^{\circ}\text{C}$. Las temperaturas han mostrado una tendencia ascendente a lo largo del tiempo, lo que indica un calentamiento regional progresivo, exacerbando los efectos de la sequía debido a un aumento de la evapotranspiración. Estos cambios sugieren un aumento acumulativo del estrés hídrico en la región a lo largo de las décadas.

La reducción en las precipitaciones acumuladas, especialmente en años recientes, y los períodos prolongados de sequía reflejan una alteración en los patrones hídricos de la región. Esto no solo afecta la disponibilidad de agua para uso humano, agrícola y ambiental, sino que también

tiene el potencial de transformar los ecosistemas locales. La disminución de las precipitaciones, combinada con eventos más extremos, sugiere un aumento en la irregularidad climática, un fenómeno que es consistente con lo que se espera bajo escenarios de cambio climático global.

El incremento sostenido en las temperaturas promedio es una evidencia clara de un proceso de calentamiento global que tiene repercusiones locales. Este aumento no solo implica mayores demandas hídricas debido a la evapotranspiración, sino que también podría alterar los ciclos de plantas y cultivos y poner en riesgo la biodiversidad local. A medida que las temperaturas continúan aumentando, es probable que los efectos de las sequías sean más intensos, creando un círculo vicioso que aumenta el estrés hídrico en la región.

Estos datos destacan la urgencia de implementar medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Estrategias como la gestión sostenible del agua, la restauración de ecosistemas degradados y la promoción de prácticas agrícolas y forestales resilientes al clima serán esenciales para contrarrestar estos efectos. Además, es crucial que se prioricen políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, ya que el calentamiento observado en esta región forma parte de una tendencia más amplia.

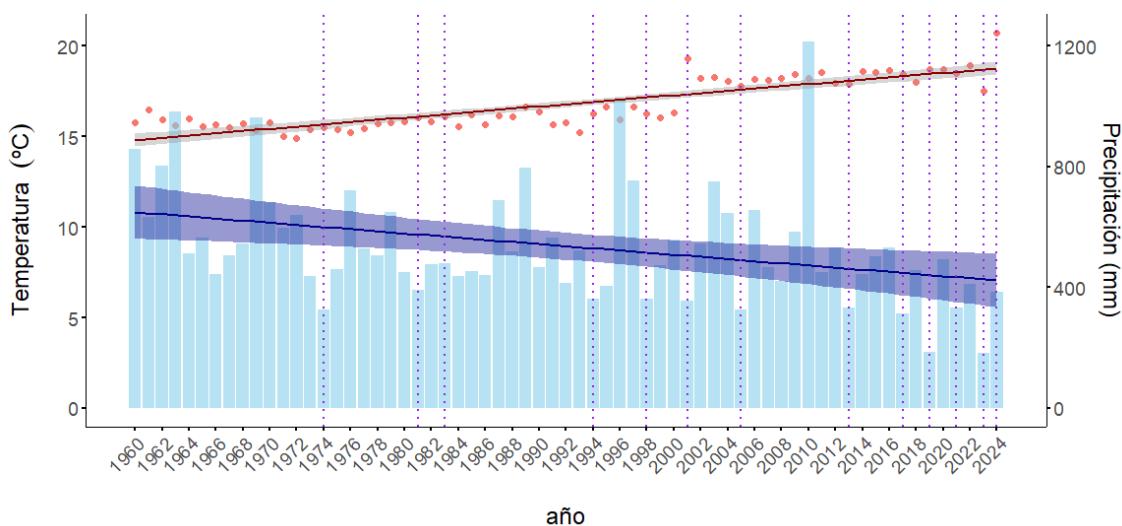


Fig. 11. Evolución del clima en cuanto a precipitación media (mm en azul) y temperatura media (°C en rojo) en los 4 Montes Urbanos de la ciudad de Málaga desde 1964 hasta 2024. Las barras punteadas en vertical reflejan los años más secos.

En resumen, el análisis de las tendencias de temperatura y precipitación en esta región resalta los desafíos asociados al cambio climático. La combinación de sequías más frecuentes, disminución de las precipitaciones y un calentamiento progresivo subraya la necesidad de acciones urgentes para proteger a las comunidades y ecosistemas vulnerables frente a estas transformaciones climáticas.

Proyección climática hasta 2040

Escenario favorable (bajas emisiones)

Este escenario asume que se implementan políticas globales de mitigación efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que resulta en un aumento moderado de las temperaturas y una estabilización parcial de las precipitaciones.

En cuanto a la temperatura, se espera que la región experimente un aumento moderado en la temperatura promedio anual hasta 2040, pero el calentamiento sería significativamente más lento en comparación con escenarios de altas emisiones. El incremento en las temperaturas podría estar en el rango de 0,5 °C a 1 °C adicionales sobre los valores actuales de 2024. Para 2040, la temperatura promedio podría alcanzar aproximadamente 21,5 °C a 22 °C, dependiendo de la magnitud del esfuerzo de mitigación y la implementación de políticas. A pesar del aumento moderado, el efecto de la evapotranspiración podría ser notable, exacerbando el estrés hídrico en años más secos, pero con menos intensidad que en el escenario de altas emisiones.

Respecto a la precipitación, la tendencia está direccionada hacia una ligera estabilización en las precipitaciones. Aunque las precipitaciones seguirían siendo variables, es posible que se observe una ligera recuperación o estabilización en las precipitaciones acumuladas, pero no una gran mejora. A pesar de la estabilización, las sequías prolongadas seguirían siendo un riesgo, aunque su frecuencia podría ser algo más baja en comparación con el escenario de altas emisiones. Las precipitaciones extremas podrían seguir siendo un desafío, pero las sequías severas no serían tan frecuentes. La disminución de precipitaciones en los últimos años podría continuar, pero sería menos pronunciada que en el escenario de emisiones elevadas.

Escenario desfavorable (altas emisiones):

Este escenario supone un aumento continuo y elevado de las emisiones de gases de efecto invernadero, sin esfuerzos de mitigación suficientes. En este contexto, los efectos del cambio climático serían mucho más intensos.

Respecto a la temperatura y bajo este escenario, el promedio anual aumentaría rápidamente en la región. El calentamiento sería más pronunciado en las próximas dos décadas. Se estima que la temperatura promedio podría aumentar entre 1,5 °C y 2,5 °C en comparación con las temperaturas actuales. Para 2040, la temperatura promedio en la región podría llegar a 22,5 °C a 23,5 °C. Este aumento acelerado afectaría no solo la calidad de vida de las poblaciones humanas, sino también el bienestar de los ecosistemas locales. El estrés hídrico sería más severo debido al incremento de las evaporaciones y a la mayor demanda de agua, exacerbando los efectos de la sequía, y posiblemente creando un círculo vicioso de sequías más intensas y prolongadas.

Respecto a la precipitación, disminuiría de manera más drástica a lo largo del tiempo, con una reducción significativa en la cantidad total de lluvia. Se espera que la región experimente más períodos de sequía prolongados, con sequías más severas y eventos de lluvia más intensos, pero menos frecuentes, lo que podría generar una mayor irregularidad climática. Las sequías extremas se volverían más frecuentes y severas, con impactos mucho mayores en la disponibilidad de agua para consumo humano, agricultura y ecosistemas. Patrones climáticos más erráticos serían la norma, con episodios de lluvias intensas alternando con largos períodos de sequía, lo que aumentaría los desafíos de gestión del agua y la adaptación en la región.

En ambos escenarios climáticos, la región enfrentará retos importantes en cuanto a la disponibilidad de agua y la gestión de los recursos hídricos. Las políticas de mitigación y adaptación serán clave, especialmente en el escenario de altas emisiones, para reducir los impactos y aumentar la resiliencia de las masas forestales ante los efectos del cambio climático.

Estructura y contenido de humedad en madera

En las Tablas 4-7 y en la Figs. 12 A-C, se muestran los datos referidos a este ítem.

Tabla 4. Tabla resumen de los valores medios y desviación estándar de diámetro de los árboles (cm) y contenido de humedad en madera en el momento de muestreo de Monte Gibralfaro.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Diámetro (cm)	Contenido de humedad en madera (%)
Gibralfaro	Norte	Afectado	19,8 (1,40)	27,12 (3,77)
		Sano	24,4 (1,92)	33,39 (3,32)
	Sur	Afectado	19,9 (3,08)	24,12 (1,18)
		Sano	22,3 (4,00)	28,31 (1,45)

Tabla 5. Tabla resumen de los valores medios y desviación estándar de diámetro de los árboles (cm) y contenido de humedad en madera en el momento de muestreo de Monte Victoria.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Diámetro (cm)	Contenido de humedad en madera (%)
Victoria	Norte	Afectado	21,4 (1,47)	26,41 (0,62)
		Sano	26,7 (3,70)	31,22 (1,18)
	Sur	Afectado	19,0 (1,78)	23,73 (0,69)
		Sano	24,9 (2,74)	26,14 (1,05)

Tabla 6. Tabla resumen de los valores medios y desviación estándar de diámetro de los árboles (cm) y contenido de humedad en madera en el momento de muestreo de Monte Morlaco.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Diámetro (cm)	Contenido de humedad en madera (%)
Morlaco	Norte	Afectado	17,7 (1,43)	25,87 (1,29)
		Sano	23,2 (1,77)	29,42 (2,54)
	Sur	Afectado	16,2 (1,70)	24,47 (2,09)
		Sano	22,5 (1,46)	28,18 (2,95)

Tabla 7. Tabla resumen de los valores medios y desviación estándar de diámetro de los árboles (cm) y contenido de humedad en madera en el momento de muestreo de Monte San Antón.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Diámetro (cm)	Contenido de humedad en madera (%)
San Antón	Norte	Afectado	22,8 (2,57)	29,43 (6,35)
		Sano	27,3 (1,07)	31,16 (1,06)
	Sur	Afectado	22,2 (3,01)	26,93 (6,55)
		Sano	27,0 (1,03)	28,62 (0,89)

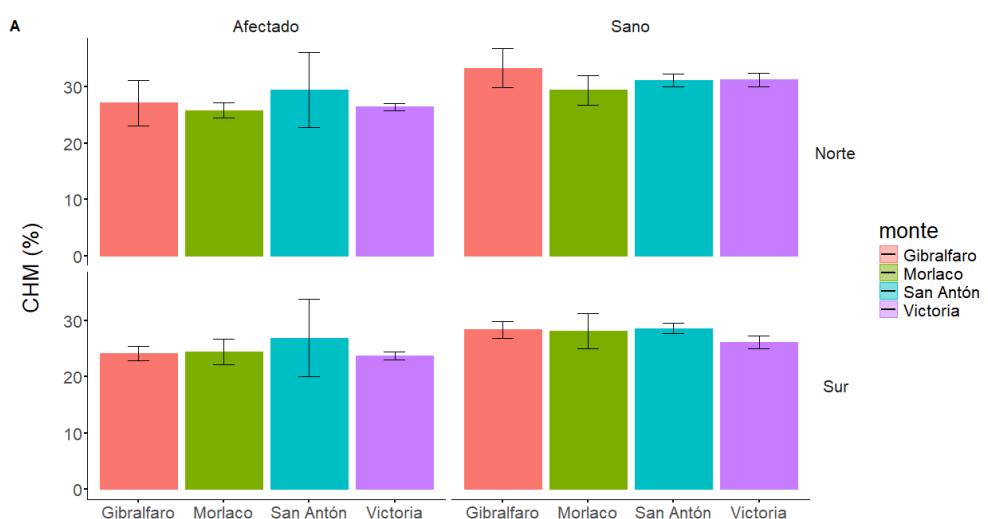


Fig. 12A. Representación del contenido medio de humedad en madera con su desviación estándar, CHM (%)

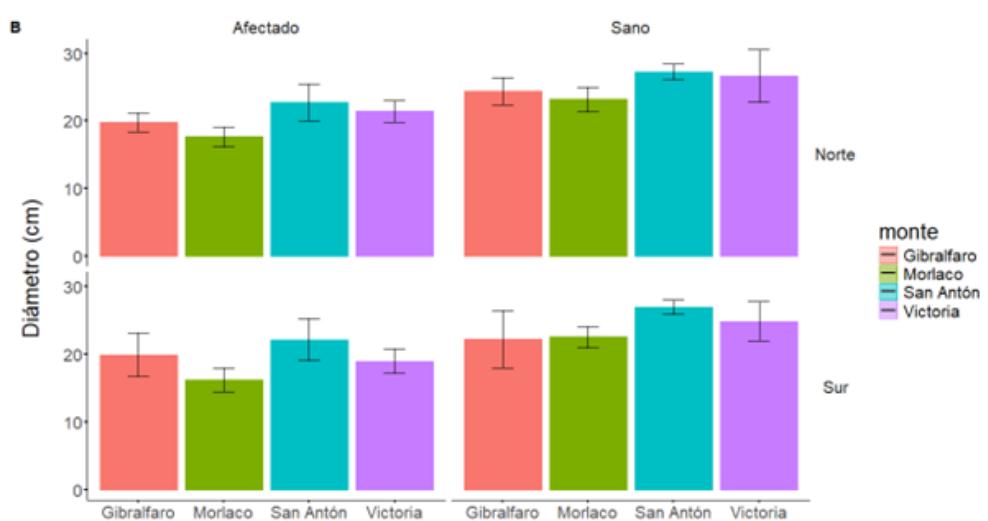


Fig. 12B. Representación del diámetro medio de los árboles muestreados con su desviación estándar

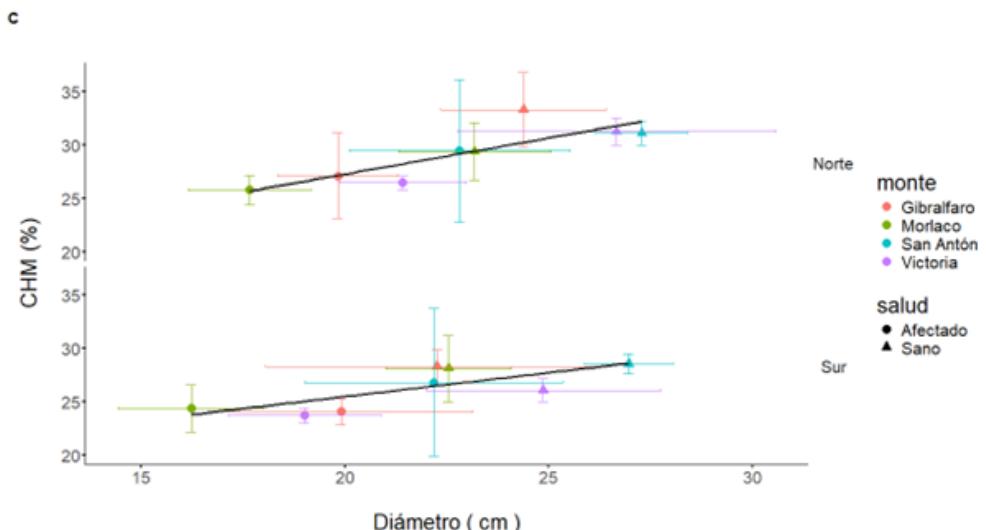


Fig. 12C. Relación del contenido de humedad (%) y el diámetro medido con su desviación estándar por orientación y estado de salud en los 4 Montes Urbanos de la ciudad de Málaga

Los datos obtenidos, por cada uno de los Montes, muestran lo siguiente:

Monte Gibralfaro

Los árboles ubicados en orientación norte presentan mejores indicadores, con altos contenidos de humedad (máximos de 39,2%) y diámetros consistentes. En el sur, aunque los árboles sanos tienen buen contenido de humedad, los enfermos muestran una marcada disminución, reflejando su vulnerabilidad hidráulica. En general, el monte se ve afectado por la condición de los árboles no sanos, especialmente en las áreas del sur.

Monte Victoria

En la orientación norte, los árboles sanos tienen altos diámetros (hasta 30,7 cm) y buenos contenidos de humedad (hasta 32,69%). En el sur, aunque los árboles sanos tienen buen rendimiento, los enfermos muestran una reducción significativa en ambos parámetros. La diferencia entre árboles sanos y afectados es notable, con estos últimos mostrando vulnerabilidad en ambas orientaciones.

Monte Morlaco

Este Monte tiene un comportamiento más homogéneo, aunque en menor escala. Los árboles en orientación norte muestran mejores diámetros y niveles de humedad en comparación con los del sur. Sin embargo, los árboles afectados tienen contenidos de humedad considerablemente bajos (algunos por debajo de 23%), lo que indica un fuerte estrés hídrico, existiendo una diferencia entre árboles sanos y afectados muy significativa.

Monte San Antón

Este monte presenta los árboles sanos más robustos en orientación norte, con diámetros que alcanzan los 28,9 cm y contenidos de humedad altos. En el sur, aunque los árboles sanos tienen buenos indicadores, los árboles enfermos muestran una marcada variabilidad, con algunos casos críticos (contenidos de humedad tan bajos como 18,68%). San Antón parece tener mayor resiliencia general, aunque las diferencias entre orientaciones y condiciones de salud son marcadas.

5.3. Análisis dendrocronológico

Es evidente que el cambio climático plantea escenarios complejos para los ecosistemas forestales. Según los datos, los árboles ya están mostrando respuestas negativas que probablemente se intensifiquen con escenarios climáticos desfavorables. Atendiendo a las previsiones de futuro en lo relativo a los escenarios climáticos, se podría esperar lo siguiente:

Escenario favorable (bajas emisiones)

Si las acciones de mitigación logran limitar el calentamiento global a 1,5 °C-2 °C (Acuerdo de París), podríamos esperar que las tasas de crecimiento disminuyan a un ritmo más lento, especialmente en Montes más resilientes como Morlaco que, en años favorables, ha mostrado tasas de crecimiento mayores que los otros montes comparables en densidad (Gibralfaro y Victoria). El incremento de medidas de adaptación, como reforestación con especies más tolerantes, manejo forestal sostenible y protección de microclimas, podría amortiguar el impacto. En este escenario, los ecosistemas forestales aún podrían proporcionar servicios clave como captura de carbono, regulación hídrica y biodiversidad.

Escenario desfavorable (altas emisiones)

En un escenario donde el calentamiento global supere los 3°C hacia finales de siglo, los impactos en los Montes serían devastadores. Condiciones como olas de calor más frecuentes, sequías prolongadas y tormentas más intensas llevarían a una disminución drástica en el crecimiento y posiblemente a la muerte de árboles en áreas vulnerables como el Monte Victoria. El estrés hídrico combinado con la pérdida de biodiversidad podría colapsar servicios ecosistémicos, lo que agravaría los efectos del cambio climático a nivel local y global. Montes como Gibralfaro y San Antón, con alta variabilidad en el crecimiento, podrían volverse críticamente inestables.

Para cada uno de los Montes, el estudio muestra los siguientes datos:

Monte Gibralfaro

El crecimiento en cuanto a centímetros acumulados de ancho de anillo en el Monte Gibralfaro mostró una tendencia general a la disminución a lo largo del tiempo. Entre 1964-1974, los valores fueron relativamente altos, especialmente en la orientación sur, con diferencias entre árboles afectados y sanos. En intervalos posteriores, el crecimiento decayó notablemente, alcanzando mínimos en 2015-2024, donde los árboles afectados mostraron un crecimiento incluso más bajo que los sanos. Esto indica un impacto sostenido en el crecimiento, posiblemente relacionado con factores ambientales o estrés acumulado.

En cuanto a la orientación norte y estado de salud afectado, el ancho de anillo medio disminuyó de 0,324 cm en 2022 a 0,222 cm en 2024, con una reducción más pronunciada en 2022-2023 (27,47%) y una desaceleración en 2023-2024 (5,53%). Respecto a los individuos sanos de la misma orientación, la reducción fue más moderada; pasó de 0,301 cm en 2022 a 0,209 cm en 2024, con reducciones de 23,99% (2021-2022), 25,58% (2022-2023) y 6,70% (2023-2024).

En cuanto a la orientación sur y estado de salud afectado, hubo una disminución progresiva del ancho de anillo, de 0,273 cm en 2022 a 0,169 cm en 2024, con una reducción del 44,85% en 2021-2022, 30,77% en 2022-2023, y 10,58% en 2023-2024. La población sana, disminuyó de 0,323 cm en 2022 a 0,223 cm en 2024, con reducciones de 26,76%, 25,70%, y 7,08% respectivamente.

En general, los árboles de orientación norte, tanto sanos como afectados, mostraron una disminución del ancho de anillo medio, con una reducción más aguda en el periodo 2022-2023. La salud afectó más a los árboles del sur, con una reducción más pronunciada, aunque los árboles sanos también experimentaron disminuciones (Tabla 8 y Fig. 13).

Tabla 8. Tabla resumen de los valores en % ancho de anillo (cm) reducido durante los últimos 4 años (2021, 2022, 2023 y 2024) en el Monte Gibralfaro de la ciudad de Málaga.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)
			2021-2022	2022-2023	2023-2024
Gibralfaro	Norte	Afectado	45,36	27,46	5,53
		Sano	23,98	25,58	6,69
	Sur	Afectado	44,84	30,76	10,58
		Sano	26,75	25,69	7,08

Monte Victoria

El Monte Victoria presentó los valores más bajos de crecimiento en todos los intervalos, con una marcada reducción desde 1964 hasta 2024. La orientación sur fue la más afectada, con diferencias importantes entre árboles afectados y sanos. En los últimos intervalos, tanto los valores absolutos como la variabilidad fueron bajos, lo que podría reflejar condiciones menos favorables en este Monte. Este comportamiento sugiere un impacto más severo de factores ambientales o una menor capacidad de los árboles para adaptarse a los cambios.

En cuanto a la orientación norte y estado de salud afectado el ancho de anillo pasó de 0,356 cm en 2022 a 0,2 cm en 2024, con una reducción del 46,55% en 2021-2022, 35,96% en 2022-2023, y 12,28% en 2023-2024. En cuanto al núcleo de árboles sano, la reducción fue más moderada con un 14,90% en 2021-2022, 44,47% en 2022-2023, y un pequeño aumento en 2023-2024 (+16,59%), con un ancho de anillo medio de 0,281 cm en 2024.

En cuanto a la orientación sur y estado de salud afectado el ancho de anillo pasó de 0,438 cm en 2022 a 0,18 cm en 2024, con una reducción del 33,43% en 2021-2022, 57,53% en 2022-2023, y una ligera recuperación de 3,23% en 2023-2024. En cambio, en la población sano, la reducción fue del 37,12% en 2021-2022, 38,42% en 2022-2023 y 4,54% en 2023-2024, con el ancho de anillo bajando de 0,393 cm en 2022 a 0,253 cm en 2024.

Los árboles afectados, tanto en la orientación norte como sur, mostraron reducciones importantes, aunque los árboles sanos tuvieron una ligera recuperación en 2023-2024, especialmente en la orientación norte (Tabla 9 y Fig. 13).

Tabla 9. Tabla resumen de los valores en % ancho de anillo (cm) reducido durante los últimos 4 años (2021, 2022, 2023 y 2024) en el Monte Victoria de la ciudad de Málaga.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)
			2021-2022	2022-2023	2023-2024
Victoria	Norte	Afectado	46,54	35,95	12,28
		Sano	14,90	44,47	+16,59
	Sur	Afectado	33,43	57,53	3,22
		Sano	37,12	38,42	4,54

Monte Morlaco

En el Monte Morlaco, el crecimiento fue más consistente, aunque también se evidenció una reducción a lo largo de los intervalos. Sin embargo, los valores iniciales (1964-1974) eran elevados y se mantuvieron relativamente estables en comparación con otros Montes. La orientación norte presentó generalmente mayores valores de crecimiento que la sur, y las diferencias entre árboles afectados y sanos fueron menos marcadas que en otros Montes. Esto podría reflejar condiciones más favorables para el crecimiento en este Monte o mayor resiliencia de los árboles.

Respecto a la orientación norte y estado de salud afectado el ancho de anillo pasó de 0,524 cm en 2022 a 0,165 cm en 2024, con una disminución importante en 2022-2023 (62,71%) y una reducción más suave en 2023-2024 (15,34%). En la población sana, la reducción fue del 33,33% (2021-2022), 56,25% (2022-2023), y 10,71% (2023-2024), con un ancho de anillo medio que pasó de 0,576 cm en 2022 a 0,225 cm en 2024.

Respecto a la orientación sur y estado de salud afectado el ancho de anillo medio fue de 0,336 cm en 2022 y bajó a 0,18 cm en 2024, con reducciones de 49,78%, 43,45%, y 5,26%. En la población sana, la reducción pasó de 46,91% en 2021-2022, 26,38% en 2022-2023, y 12,50% en 2023-2024, con un descenso en el ancho de anillo medio de 0,326 cm en 2022 a 0,21 cm en 2024.

En los árboles afectados, tanto en orientación norte como sur, la reducción en el ancho de anillo fue considerable, especialmente entre 2022-2023. Los árboles sanos también experimentaron una reducción, aunque menos pronunciada en comparación con los afectados (Tabla 10 y Fig. 13).

Tabla 10. Tabla resumen de los valores en % ancho de anillo (cm) reducido durante los últimos 4 años (2021, 2022, 2023 y 2024) en el Monte San Antón de la ciudad de Málaga.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)
			2021-2022	2022-2023	2023-2024
Morlaco	Norte	Afectado	45,54	62,71	15,34
		Sano	33,33	56,25	10,71
	Sur	Afectado	49,77	43,45	5,26
		Sano	46,90	26,38	12,50

Monte San Antón

El Monte San Antón mostró una de las mayores tasas de crecimiento promedio en los primeros intervalos (1964-1974), especialmente en la orientación sur. Sin embargo, al igual que en otros Montes, el crecimiento disminuyó con el tiempo. A partir de 1985, las diferencias entre orientaciones y estado de salud se hicieron menos evidentes, lo que podría sugerir un deterioro generalizado de las condiciones de crecimiento. No obstante, este Monte presentó una mayor estabilidad en los valores de crecimiento hacia los intervalos más recientes, en comparación con Gibralfaro y Victoria.

Respecto a la orientación norte y estado de salud afectado, el ancho de anillo medio disminuyó de 0,976 cm en 2022 a 0,463 cm en 2024, con una gran reducción en 2022-2023 (51,33%)

y una leve disminución en 2023-2024 (2,53%). La población sana pasó de 0,936 cm en 2022 a 0,544 cm en 2024, con una reducción del 19,59% (2021-2022), 40,71% (2022-2023) y 1,98% (2023-2024).

Respecto a la orientación sur y estado de salud afectado, se observó una reducción significativa del 26,23% en 2021-2022, 39,04% en 2022-2023 y una ligera recuperación de +3.57% en 2023-2024, con el ancho de anillo pasando de 0,689 cm en 2022 a 0,435 cm en 2024. En cambio, en la población sana el ancho de anillo pasó de 0,616 cm en 2022 a 0,464 cm en 2024, con reducciones de 27,01%, 27,76% y 4,27%.

La reducción en el ancho de anillo medio fue considerable en los árboles afectados, especialmente en la orientación norte. Los árboles sanos también mostraron disminución, pero con una menor intensidad. En los árboles afectados de la orientación sur, hubo una pequeña recuperación en 2023-2024 (Tabla 11 y Fig. 13).

Tabla 11. Tabla resumen de los valores en % ancho de anillo (cm) reducido durante los últimos 4 años (2021, 2022, 2023 y 2024) en el Monte San Antón de la ciudad de Málaga.

Monte	Orientación	Estado de Salud	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)	Reducción Ancho de Anillo (%)
			2021-2022	2022-2023	2023-2024
San Antón	Norte	Afectado	18.93	51.33	2.52
		Sano	19.58	40.70	1.98
	Sur	Afectado	26.23	39.04	+3.57
		Sano	27.01	27.75	4.26

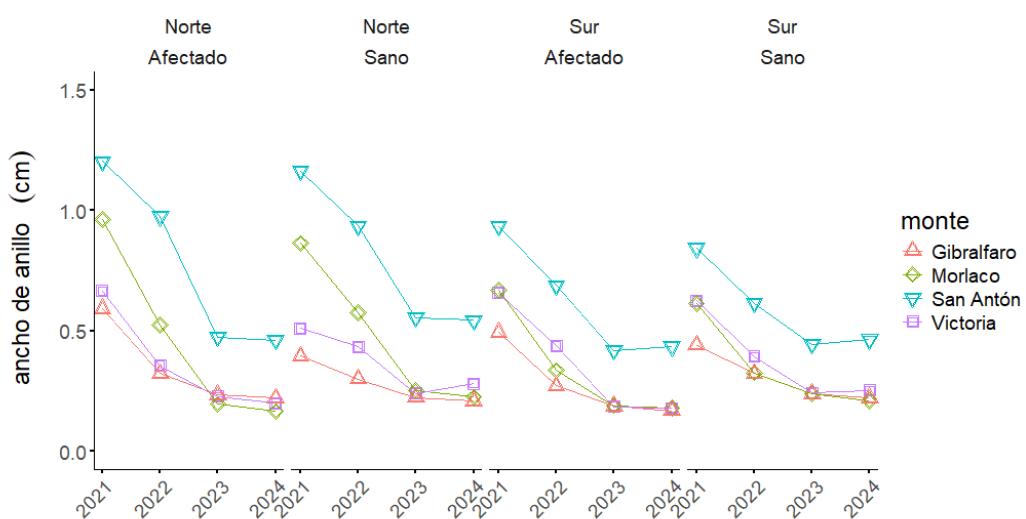


Figura 13. Representación de la evolución de ancho de anillo (cm) durante los últimos 4 años (2021, 2022, 2023 y 2024) en los 4 Montes Urbanos de la ciudad de Málaga desde 1964 hasta 2024.

5.4. Defoliación, decoloración y mortalidad

La Tabla 12 recoge un resumen general de los resultados obtenidos en la evaluación fitosanitaria de los Montes objeto de estudio.

Tabla 12. Resumen de datos obtenidos en el levantamiento de parcelas de evaluación fitosanitaria en los 4 Montes.

Lugar	Exposición	Diam. medio (cm)	Defoliación (%)	Decoloración (0-4)	Mortalidad (%)
Monte Gibralfaro	Norte	29,5	41	1	9
	Sur	23,4	45	2	41
Monte Victoria	Norte	33,6	51	1	22
	Sur	20,0	48	1	48
Monte Morlaco	Indiferente	25,0	45	1	14
	Sur	16,3	65	2	29
Monte San Antón	Norte	25,0	55	1	0
	Sur	30,0	57	1	37

La defoliación resultó muy elevada en todas las parcelas, variando la defoliación media por parcela entre el 40% (parcela nº 5 del Monte Gibralfaro en exposición norte) y el 76% (parcela nº 5 del Monte Morlaco), correspondiendo a las clases 2 (Defoliación moderada) y 3 (Defoliación grave). Las parcelas más defoliadas se encontraron en el Monte Morlaco, todas en exposición sur. En el resto de los Montes, no se encontraron diferencias significativas en la defoliación entre orientaciones, pero sí en mortalidad. Esto se podría deber a que la desaparición de los pies más afectados en las exposiciones sur (Fig. 14) modula la defoliación de los árboles restantes.

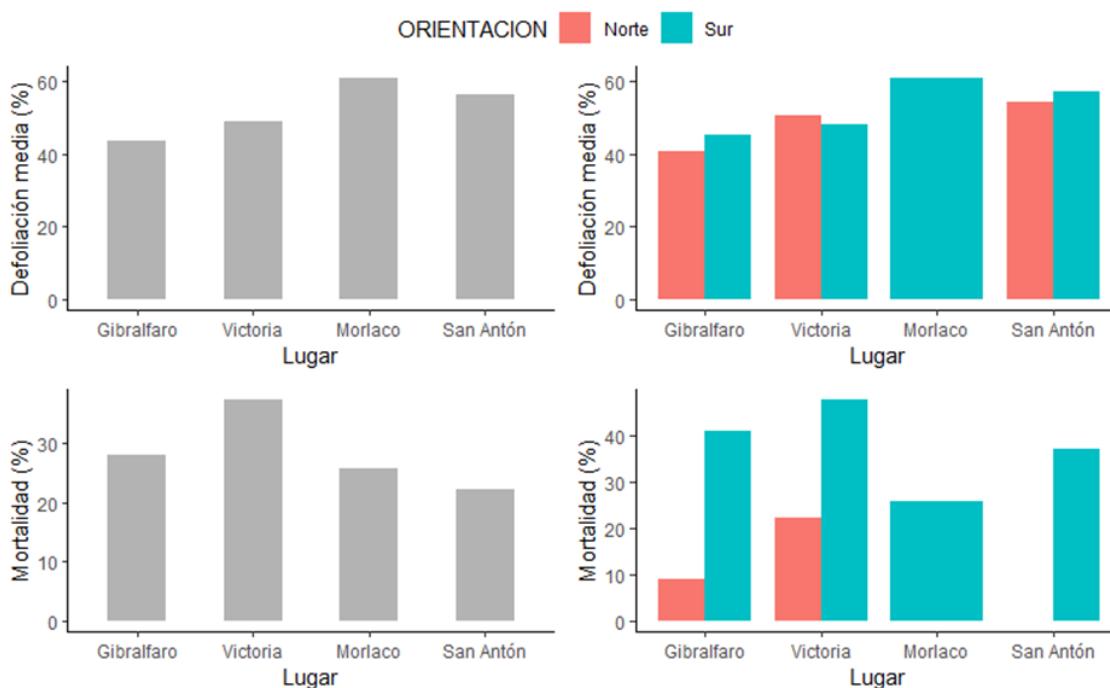


Figura 14. Defoliación y mortalidad por orientación en los 4 Montes Urbanos de la ciudad de Málaga.

La mortalidad tuvo un patrón diferente a la defoliación, encontrándose en general más pies muertos en las parcelas de Monte Victoria, y menos en las de Monte San Antón. En los 3 sitios donde se pudo diferenciar por orientación se encontraron grandes diferencias en la mortalidad de pies

entre las orientaciones norte y sur. Todo esto concuerda con la observación anterior, respecto a la escasa información que aporta la defoliación por orientaciones, debido al papel modulador de la mortalidad. Cabe destacar que los sitios donde menor mortalidad hubo se corresponden con aquellos donde se encontró mayor defoliación. Esto indica la presencia de un fenómeno de deterioro generalizado en todas las zonas, correspondiendo a las zonas más afectadas los índices mayores de mortalidad, donde el proceso de decaimiento comenzó hace más tiempo.

La mortalidad presentó una correlación importante con la altitud de la parcela y la pendiente. Parcelas situadas a menor altitud, y con mayores pendientes, presentaron mayor porcentaje de mortalidad.

Si bien la defoliación no presentó ninguna correlación significativa con orientación, pendiente o altitud, la decoloración sí presentó relación con la pendiente de la parcela, y a su vez, presentó una correlación muy significativa con la defoliación. Las parcelas más defoliadas fueron también las que presentaron índices de decoloración mayores, y estos a su vez se correspondieron con unas mayores pendientes. Esto es relevante porque indica que, a pesar de no encontrar diferencias en defoliación, es evidente que las pendientes más acusadas influyen en un peor estado del arbolado (Fig. 15).

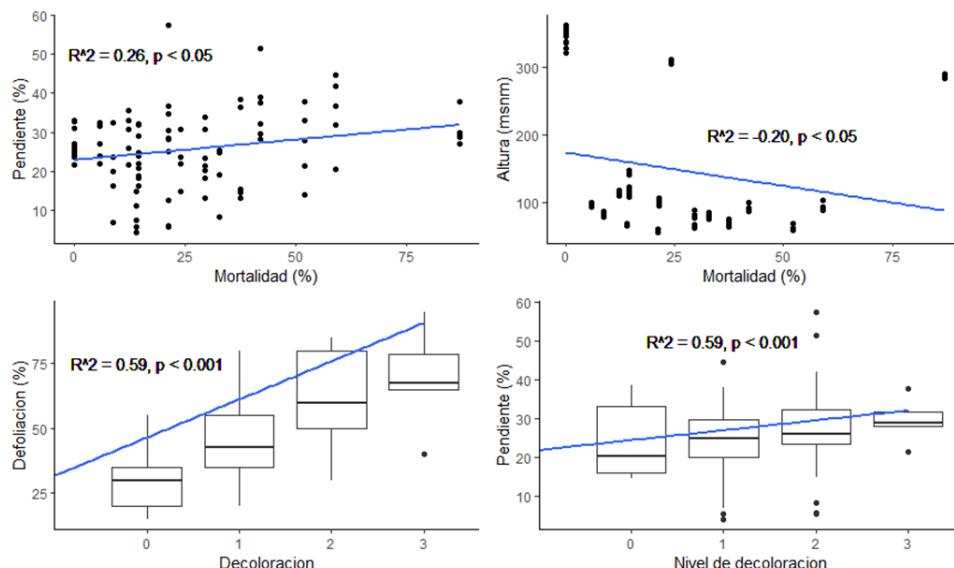


Fig. 15: Relaciones significativas entre el estado del arbolado y las variables de entorno estudiadas

5.5. Factores bióticos y abióticos relacionados con el decaimiento

Los agentes primarios que desencadenan el decaimiento de los pinos de los Montes Urbanos de la ciudad de Málaga son de carácter abiótico (fundamentalmente la irregularidad y disminución de precipitaciones, junto con el aumento de la temperatura) tal y como se ha podido ver en los epígrafes precedentes (Fig. 16) y la competencia ecológica entre individuos por la alta densidad de pies de pino carrasco que existen en estos Montes (Fig. 17).


Monte Gibralfaro

Monte Victoria

Monte San Antón

Monte Morlaco

Fig. 16. Aspecto de las masas decaídas de pinares de *Pinus halepensis* en los 4 Montes Urbanos de estudio, afectados por la escasez de precipitaciones (parámetro sequía)


Monte Gibralfaro

Monte Victoria

Monte San Antón

Monte Morlaco

Fig. 17. Aspecto de las masas decaídas de pinares de *Pinus halepensis* en los 4 Montes Urbanos de estudio, afectados por la elevada densidad de pies (parámetro competencia)

En cuanto a los agentes secundarios de carácter biótico que aceleran el proceso de decaimiento sobre aquellos pies más debilitados o decaídos, se encuentran los escolítidos perforadores de la madera, principalmente las especies *Orthotomicus erosus* (Wollaston, 1857) y *Crypturgus numidicus* (Ferrari, 1867), que se han encontrado en el 24% de los árboles evaluados (Tabla 13).

Tabla 13. Porcentaje de pies con presencia de perforadores de la madera, en los 4 Montes de estudio, según la orientación de las parcelas.

Lugar	Pies afectados (%)	Exposición	Ecolítidos (%)	Nivel Abundancia	Nivel Daño (0-3)
Monte Gibralfaro	36	Norte	30	M	1
		Sur	33	M	2
Monte Victoria	49	Norte	20	M	1
		Sur	33	M	1
Monte Morlaco	20	Sur	25	A	3
Monte San Antón	16	Norte	30	B	0
		Sur	6,7	B	0

Como ya se ha citado, el agente biótico principal identificado en los 4 Montes fue el escolítido *Crypturgus numidicus*, junto al que también ha aparecido *Orthotomicus erosus* (Figs. 19 y 20).



Orificios de salida



Ecolítido adulto identificado como *Orthotomicus erosus*



Galerías bajo la corteza



Detritus de la alimentación

Fig. 19. Daños ocasionados por los escolítidos perforadores de la madera en los Montes estudiados



Fig. 20. Detalle de la identificación de una de las especies presentes en campo (*Crypturgus numidicus*).

Crypturgus numidicus es un escarabajo de la familia *Curculionidae*, ampliamente distribuido en todo el hemisferio norte, asociado a coníferas. Es de tamaño pequeño, se alimenta del floema (bajo la corteza) y no se considera una plaga primaria para ninguna de las especies en las que se ha encontrado.

Orthotomicus erosus pertenece a la misma familia que el agente anterior (*Curculionidae*), y se ha descrito en otras ocasiones causando daños a especies del género *Pinus* spp. y *Abies* spp. en Andalucía en general y en la ciudad de Málaga en particular (Carrera, 1996).

Ninguna de las dos especies es considerada un agente primario de daño en arbolado, excepto en ocasiones muy puntuales, donde la población del insecto alcanza unos niveles muy elevados. En la mayoría de las ocasiones afecta a pies dañados por otros factores como la sequía o un agente biótico alternativo.

El ciclo biológico para ambas especies es el siguiente (Fig. 21):

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
			●	●●	●●	●●	●●	●●			
			—	—	—	—	—	—	—		
			○	○○	○○	○○	○○	○○	○○		

+ Imago ● Puesta — Larva ○ Pupa

Fig. 21. Ciclo biológico de *Orthotomicus erosus* (fuente:
<https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/449530/orthotomicus.pdf>)

Tal y como se puede apreciar, el adulto está presente todo el año, pero en realidad, se trata de diferentes generaciones que coexisten tras la puesta. Los meses fríos (en Málaga, entre noviembre y febrero) los adultos están bajo la corteza del árbol y no vuelan por lo que este periodo es ideal para realizar tratamientos encaminados a disminuir la densidad de la población.

Monte Victoria fue el sitio donde se encontraron más pies con presencia de escolítidos, y Monte San Antón el sitio con menos proporción de pies afectados. Las parcelas situadas al sur en general presentaron mayores porcentajes de presencia, excepto en el Monte San Antón, en la que la mayor presencia correspondió con una parcela que había sufrido un incendio en años anteriores. Sin embargo, el nivel de daño en este Montes fue despreciable (0), y el de abundancia muy bajo (B).

En general, no podemos asociar los niveles de defoliación y mortalidad a la presencia del escolítido, excepto en el caso del Monte Morlaco, donde se encontraron niveles de abundancia y daños muy altos en una de las parcelas con exposición sur.

6. Conclusiones y perspectivas de gestión

A la vista de los resultados obtenidos se extraen, para cada uno de los Montes objeto de estudio, las conclusiones que se exponen en los epígrafes siguientes.

6.1. Monte Gibralfaro

En general, el más conocido de todos los Montes en los que se ha hecho el estudio, está caracterizado por poseer altas densidades de pinar ubicado sobre fuertes pendientes con un suelo muy pobre y poco desarrollado. Resulta bastante evidente la mayor afectación en la vertiente sur, más expuestas a la radiación y la salinidad y, por consiguiente, a las altas temperaturas y a la menor disponibilidad de agua.

Las densidades medias en los espacios ocupados por el pino carrasco oscilan entre 250-830 pies/ha.

Finalmente, un dato muy importante y a tener en cuenta en las posibles actuaciones a llevar en este espacio es el elevado uso público que presenta, con especial afluencia de visitantes que frecuentan la ciudad para hacer turismo.

6.1.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa

La defoliación media de las copas en el Monte Gibralfaro es del 43% (moderadamente defoliado) y la decoloración media, moderada (2). Por orientación, la defoliación media de las parcelas en exposición sur es del 45% y la decoloración 2, algo mayor que en la exposición norte (41%) y la decoloración 1.

Las mayores diferencias en el Monte Gibralfaro se presentan en la mortalidad. Las parcelas con exposición sur muestran una mortalidad media del 41% de los árboles, mientras que en las parcelas con exposición norte es del 9%.

En el Monte Gibralfaro, el 36% de los árboles evaluados presenta ataque de escolítidos perforadores, aunque con un nivel de abundancia medio y un nivel de daño leve (1). Por orientaciones, las parcelas al sur presentan un ligero incremento de pies afectados (33%) y nivel de daño moderado (2) respecto a las parcelas situadas al norte (30% y 1, respectivamente).

6.1.2. Perspectivas de evolución

Los datos muestran que Gibralfaro se enfrenta a mayores riesgos por el deterioro significativo de los árboles afectados; el manejo forestal, concentrándose en el control de los árboles afectados, es crítico especialmente en las orientaciones sur, más expuestas a las altas temperaturas y humedades relativas menores.

6.1.3. Recomendaciones de gestión

Sobre la base de los resultados obtenidos, se recomienda:

- ✓ Apear árboles muertos y eliminarlos para controlar en la medida de lo posible las poblaciones de insectos plaga que puedan usarlos en sus ciclos vitales. La eliminación será tanto más eficaz cuanto más material salga del monte; ni obstante, los insectos viven en los fustes de los árboles por lo que éstos deben ser retirados obligatoriamente mientras que las copas y ramas de

menor entidad pueden ser triturados/astillados e incorporados al suelo, si puede ser enterrados.

- ✓ Se deberían hacer claras/clareos necesarios para llevar la masa a una densidad de equilibrio entre disminuir la competencia intraespecífica entre individuos y mantener la protección de dichos individuos de episodios de lluvias, vientos o la mezcla de ambos que puedan derribarlos; deberían eliminarse las tangencias de copas y, en cualquier caso, la literatura indica que en estaciones de poca calidad (como es el caso que nos ocupa), la densidad no debería ser mayor a 400 pies/ha (Del Río, Calama, y Montero, 2008). Esto necesariamente compromete a árboles vivos que se deberían aprovechar para ser gestionados tras la corta para la formación de pilas cebo para disminuir la concentración de insectos perforadores; estas pilas cebo deben estar muy controladas y se debe asegurar la correcta gestión para que no se transformen en un centro de dispersión de los insectos plaga.
- ✓ Diversificar la masa. A la vista de la vegetación acompañante presente, se propone el uso de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*) y araar (*Tetraclinis articulata*), proporcionando el agua necesaria para facilitar su implantación por lo que podría ser interesante el uso de hidrogeles mejoradores del suelo en los hoyos de plantación. Es interesante la incorporación de arbustos (de las especies que ya se han citado en las descripciones previas), sin que comprometan la supervivencia por competencia de los plantones de las nuevas repoblaciones que se decidan llevar a cabo.
- ✓ En las visitas a campo se observó que la población de insectívoras es escasa. Dada la importancia de los insectos perforadores oportunistas que aceleran el decaimiento y la muerte de los árboles, se recomienda la mejora de las poblaciones de estas aves. Para ello, sería muy interesante contactar con especialistas en la utilización de cajas nido y en la implementación de otras actuaciones mejoradoras. Según algunas experiencias previas, no habría que usar más de 2 cajas/ha, pero esto debería estar siempre bajo la supervisión de expertos en avifauna.
- ✓ Seguir controlando otros posibles agentes de debilitamiento como la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*)

6.2. Monte Victoria

Similar al anterior, el Monte Victoria presenta una alta densidad de individuos, con mayor nivel de afectación en las orientaciones sur y sureste. También aquí las pendientes sobre las que se asienta la masa son en general muy elevadas y los suelos, con frecuencia, poco desarrollados e incluso rocosos (con la excepción de la zona central del Monte).

Las densidades medias en el este espacio oscilan entre 250-800 pies/ha.

Como el caso anterior el espacio es muy visitado, pero a diferencia del Gibralfaro los usuarios más importantes provienen de la propia ciudad de Málaga.

6.2.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa

La defoliación media de las copas del Monte Victoria es del 49% (moderadamente defoliado) y la decoloración media, ligera (1). Por orientación, la defoliación media de las parcelas prácticamente no varía entre exposición norte (51%) y sur (48%), al igual que ocurre con la decoloración que es ligera (1).

Sin embargo, la mortalidad media es el doble en la exposición sur (48%) que en la exposición norte (22%).

En el Monte Victoria, el 32% de los árboles evaluados presenta ataque de escolítidos perforadores, aunque con un nivel de abundancia medio y un nivel de daño leve (1). Por

orientaciones, las parcelas al sur presentan un mayor número de pies afectados (33%) que las parcelas al norte (20%) pero con el mismo nivel de abundancia medio y nivel de daño leve (1).

6.2.2. Perspectivas de evolución

Los árboles en este Monte se muestran vulnerables en ambas todas las exposiciones en los árboles que ya están afectados; los árboles sanos muestran diferencias notables con los anteriores también en las dos exposiciones.

El Monte Victoria se encuentra en mal estado vegetativo, presentando las tasas de crecimiento más bajas en todos los intervalos. La orientación sur es particularmente vulnerable y tanto los árboles afectados como los sanos presentan una capacidad limitada para mantener el crecimiento, lo que podría estar relacionado con una mayor exposición a condiciones climáticas extremas o suelos más pobres.

6.2.3. Recomendaciones de gestión

Sobre la base de los resultados obtenidos, se recomienda prácticamente lo mismo que para el Monte Gibralfaro:

- ✓ Apear árboles muertos y eliminarlos para controlar en la medida de lo posible las poblaciones de insectos plaga que puedan usarlos en sus ciclos vitales. La eliminación será tanto más eficaz cuanto más material salga del monte; ni obstante, los insectos viven en los fustes de los árboles por lo que éstos deben ser retirados obligatoriamente mientras que las copas y ramas de menor entidad pueden ser triturados/astillados e incorporados al suelo, si puede ser enterrados.
- ✓ Se deberían hacer claras/clareos necesarios para llevar la masa a una densidad de equilibrio entre disminuir la competencia intraespecífica entre individuos y mantener la protección de dichos individuos de episodios de lluvias, vientos o la mezcla de ambos que puedan derribarlos; deberían eliminarse las tangencias de copas y, en cualquier caso, la literatura indica que en estaciones de poca calidad (como es el caso que nos ocupa), la densidad no debería ser mayor a 400 pies/ha (Del Río, Calama, y Montero, 2008). Esto necesariamente compromete a árboles vivos que se deberían aprovechar para ser gestionados tras la corta para la formación de pilas cebo para disminuir la concentración de insectos perforadores; estas pilas cebo deben estar muy controladas y se debe asegurar la correcta gestión para que no se transformen en un centro de dispersión de los insectos plaga.
- ✓ Diversificar la masa. A la vista de la vegetación acompañante presente, se propone el uso de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*) y araar (*Tetraclinis articulata*), proporcionando el agua necesaria para facilitar su implantación por lo que podría ser interesante el uso de hidrogeles mejoradores del suelo en los hoyos de plantación. Es interesante la incorporación de arbustos (de las especies que ya se han citado en las descripciones previas), sin que comprometan la supervivencia por competencia de los plantones de las nuevas repoblaciones que se decidan llevar a cabo.
- ✓ Se ha observado algún ejemplar de pino canario (*Pinus canariensis*) plantado en actuaciones llevadas a cabo por colectivos ambientalistas. Aunque se trata de una especie muy sensible a la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), dado que esta plaga se controla bien por parte de los servicios municipales responsables de la gestión de los Parques Forestales, debería incluirse en el catálogo de especies para la diversificación de las plantaciones que a futuro se desarrolle.
- ✓ En las visitas a campo se observó que la población de insectívoras es escasa. Dada la importancia de los insectos perforadores oportunistas que aceleran el decaimiento y la muerte de los árboles, se recomienda la mejora de las poblaciones de estas aves. Para ello, sería muy

interesante contactar con especialistas en la utilización de cajas nido y en la implementación de otras actuaciones mejoradoras. Según algunas experiencias previas, no habría que usar más de 2 cajas/ha, pero esto debería estar siempre bajo la supervisión de expertos en avifauna.

- ✓ Seguir controlando la procesionaria del pino.

6.3. Monte Morlaco

Este Monte presenta la densidad más alta de árboles de los 4 estudiados. Es muy evidente el deterioro de muchos ejemplares y la gran cantidad de árboles dominados. El suelo es muy somero y pobre y el cortejo de especies vegetales acompañantes presentes es el más escaso de todos los Montes, aunque aparecen salpicados ejemplares de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) y ciprés (*Cupressus sempervirens*), estos últimos también en muy mal estado. Sin embargo, la fauna acompañante sí fue más visible que en los dos Montes anteriores (numerosas ardillas, diversos paseriformes, arrendajos), quizás atraídos por la presencia de bebederos construidos expresamente para ellos.

Las densidades medias en este caso son muy elevadas oscilando entre 460-1.200 pies/ha.

El uso público es también intenso y, como el Monte Victoria, está constituido fundamentalmente por población procedente de la ciudad de Málaga.

6.3.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa

La defoliación media de las copas en el Monte Morlaco es del 61% (gravemente defoliado) y la decoloración media, ligera (1). Por orientación, la defoliación media de las parcelas en exposición sur es mayor (65%) que las parcelas sin orientación (45%), al igual que ocurre con la decoloración, 2 y 1 respectivamente.

La mortalidad también es mayor en las parcelas con exposición sur (29%) respecto a la exposición indiferente (14%).

En el Monte Morlaco, el 20% de los árboles evaluados presenta ataque de escolítidos perforadores, con un nivel de abundancia alto y un nivel de daño importante (3). Estos daños se concentran principalmente en las parcelas de orientación sur.

6.3.2. Perspectivas de evolución

El Monte Morlaco muestra los peores indicadores en términos generales, con árboles enfermos presentando los menores diámetros y contenidos de humedad más bajos en ambas orientaciones. Esto sugiere una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático o condiciones ambientales desfavorables.

A pesar de la situación frente a los factores bióticos, se muestra como un Monte con cierta capacidad de resiliencia al cambio, presentando tasas de crecimiento relativamente estables a lo largo del tiempo y menores diferencias entre orientación y estado de salud. Esto puede deberse a características locales como una mejor cobertura del suelo, disponibilidad de agua o microclimas más favorables.

6.3.3. Recomendaciones de gestión

Como resultado de los resultados obtenidos, proponemos medidas obviamente similares a las ya comentadas para los Montes anteriores:

- ✓ Apear árboles muertos y eliminarlos para controlar en la medida de lo posible las poblaciones de insectos plaga que puedan usarlos en sus ciclos vitales. La eliminación será tanto más eficaz

cuanto más material salga del monte; ni obstante, los insectos viven en los fustes de los árboles por lo que éstos deben ser retirados obligatoriamente mientras que las copas y ramas de menor entidad pueden ser triturados/astillados e incorporados al suelo, si puede ser enterrados.

- ✓ Se deberían hacer claras/clareos necesarios para llevar la masa a una densidad de equilibrio entre disminuir la competencia intraespecífica entre individuos y mantener la protección de dichos individuos de episodios de lluvias, vientos o la mezcla de ambos que puedan derribarlos; deberían eliminarse las tangencias de copas y, en cualquier caso, la literatura indica que en estaciones de poca calidad (como es el caso que nos ocupa), la densidad no debería ser mayor a 400 pies/ha (Del Río, Calama, y Montero, 2008). Esto necesariamente compromete a árboles vivos que se deberían aprovechar para ser gestionados tras la corta para la formación de pilas cebo para disminuir la concentración de insectos perforadores; estas pilas cebo deben estar muy controladas y se debe asegurar la correcta gestión para que no se transformen en un centro de dispersión de los insectos plaga.
- ✓ Diversificar la masa. A la vista de la vegetación acompañante presente, se propone el uso de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*), ahaar (*Tetraclinis articulata*), y pino canario (*Pinus canariensis*), proporcionando el agua necesaria para la implantación por lo que podría ser interesante el uso de hidrogeles que mejoradores del suelo en los hoyos de plantación. Dado que este Monte presenta una resiliencia moderada y un estado sanitario peor, estimamos que puede ser muy interesante utilizarlo como zona de ensayo para la introducción de estas especies, todas ellas muy resistentes a condiciones de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua. Como en los Montes anteriores, también puede ser relevante la incorporación de arbustos (de las especies que ya se han citado en las descripciones previas), sin que comprometan la supervivencia por competencia de los plantones de las nuevas repoblaciones que se decidan llevar a cabo.
- ✓ En las visitas a campo se observó que la población de insectívoras es escasa. Dada la importancia de los insectos perforadores oportunistas que aceleran el decaimiento y la muerte de los árboles, se recomienda la mejora de las poblaciones de estas aves. Para ello, sería muy interesante contactar con especialistas en la utilización de cajas nido y en la implementación de otras actuaciones mejoradoras. En este espacio se mostró especialmente activa la avifauna, por lo que sería también apropiado implementar medidas de mejora de las poblaciones que, supuestamente deberían de ofrecer resultados positivos en un periodo de tiempo corto.
- ✓ Seguir controlando la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

6.4. Monte San Antón

Sin ninguna duda es el espacio mejor conservado de todos, presentando una altísima diversidad vegetal con un elevado cortejo de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas bien representadas. El Monte presenta suelos bien conformados en muchos lugares lo que, entre otras causas, permite el correcto desarrollo de la vegetación. Las laderas más afectadas se encuentran orientadas al suroeste, mientras que en exposiciones este y noreste la cobertura vegetal es abundante, pero con menos densidad de pinos y, por consiguiente, con menor afectación de la masa.

A los efectos de las posibles medidas de gestión, existen dos características claramente diferenciadoras del Monte San Antón respecto de los otros tres espacios estudiados:

- Existe una altísima regeneración de pino carrasco, siendo prácticamente nula en el resto. Esto hace que las densidades medias oscilen entre 180-830 pies/ha, siendo muchos de estos pies individuos jóvenes que se incorporan a la masa.

- El uso público, por su ubicación más como periurbano que como urbano en sentido estricto (como ocurre en los casos anteriores), es mucho más limitado.

6.4.1. Diagnóstico y descripción del estado de la masa

La situación en el Monte San Antón es la más homogénea de las analizadas. La defoliación media es del 56%, sin apenas diferencias entre las parcelas orientadas al norte (55%) y al sur (57%), con una decoloración ligera (1) y sin diferencias entre las orientaciones.

La mortalidad se concentra en las parcelas orientadas al sur (37%) y principalmente sobre masas adultas.

En el Monte San Antón, el 16% de los árboles evaluados presenta algún signo de escolítidos perforadores, aunque con el nivel de abundancia más bajo de todos los montes y sin nivel de daño asociado a la defoliación, sólo presente (0). En cuanto a las orientaciones, al contrario que ocurre en el resto de los montes, la orientación norte presenta mayor porcentaje de árboles con signos de escolítidos (30%) que las orientadas al sur (6,7%), probablemente asociado al debilitamiento de algunos árboles como consecuencia de un incendio forestal en una de las parcelas situadas al norte, pero con niveles de daño del insecto, bajos (0), sin incidencia sobre el arbolado.

6.4.2. Perspectivas de evolución

San Antón se destaca como el Monte con la mejor resiliencia, presentando una mejor situación que el resto de los espacios estudiados. Aunque hay variabilidad en el contenido de humedad, los árboles sanos mantienen diámetros robustos y humedad adecuada, especialmente en el sector norte, confirmándose una mayor estabilidad de la masa.

6.4.3. Recomendaciones de gestión

Sobre la base de los resultados obtenidos proponemos:

- ✓ Apear árboles muertos y eliminarlos para controlar en la medida de lo posible las poblaciones de insectos plaga que puedan usarlos en sus ciclos vitales. La eliminación será tanto más eficaz cuanto más material salga del monte; ni obstante, los insectos viven en los fustes de los árboles por lo que éstos deben ser retirados obligatoriamente mientras que las copas y ramas de menor entidad pueden ser triturados/astillados e incorporados al suelo, si puede ser enterrados.
- ✓ Se deberían hacer las claras/clareos necesarios para obtener árboles de porvenir, dejando pies codominantes que aseguren el futuro de la masa.
- ✓ No se considera necesaria la repoblación en el conjunto del Monte, pero se podría actuar diversificando la masa en las zonas de borde en la interfaz urbano/forestal con especies resistentes a las altas temperaturas y la baja disponibilidad hídrica como son el algarrobo (*Ceratonia siliqua*), el acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*), el araar (*Tetraclinis articulata*) y el pino canario (*Pinus canariensis*), proporcionando el agua necesaria para facilitar su implantación usando, por ejemplo, hidrogeles mejoradores del suelo en los hoyos de plantación. En este Monte no se considera la incorporación de arbustos, dado el cortejo florístico abundante y diverso que ya acompaña al estrato arbóreo.
- ✓ La fauna se mostró abundante, tanto en los rastros observables de mamíferos como en el cortejo de aves que merodearon el espacio durante las visitas. Simplemente habría que asegurar el futuro de las poblaciones y el control de las especies oportunistas que puedan ponerlas en riesgo, mejorando la presencia de aves insectívoras llevando a cabo, como en casos anteriores, actuaciones de enriquecimiento con cajas nido.
- ✓ Seguir controlando la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

- ✓ Existen intentos anteriores de protección de este espacio tal y como se recoge en la más importante de ellas, como es la Memoria para la declaración del Monte San Antón como Monumento Natural de 2007 (<https://malagadesdesuscumbres.org/sanantonrutas.htm>) sin que hayan tenido éxito. Proponemos la recuperación de esta iniciativa por parte de la administración local, con el objeto de asegurar la pervivencia de un espacio tan interesante y singular como éste, a través de su inclusión en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) como Paisaje Protegido, Monumento Natural (figuras provenientes de la legislación estatal), Paraje Natural o Parque Periurbano (figuras de la legislación andaluza). Para ello, el espacio debería ser detalladamente inventariado y cartografiado.

7. Conclusiones generales

Los resultados globales de los análisis climático y dendrocronológico evidencian una disminución generalizada del crecimiento en todos los Montes, con variaciones según la orientación y el estado de salud de los árboles. San Antón y Morlaco mostraron mayor estabilidad, mientras que Gibralfaro y Victoria presentaron una mayor vulnerabilidad al paso del tiempo.

Los datos reflejan una tendencia generalizada de disminución en el crecimiento de los árboles a lo largo del tiempo en todos los Montes analizados. Esta reducción es particularmente notable desde el intervalo inicial (1964-1974) hasta el más reciente (2015-2024), con diferencias influenciadas por el Monte, la orientación (norte o sur) y el estado de salud (afectado o sano). En general, los árboles con orientación sur y en estado afectado presentan los valores más bajos de crecimiento, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad a condiciones ambientales adversas, como el estrés hídrico y el térmico.

Respecto a la orientación norte y sur no se muestra un patrón uniforme en cuanto a la reducción del ancho de anillo. Sin embargo, en muchos casos, los árboles en la orientación sur parecen haber experimentado mayores reducciones, especialmente cuando la salud del árbol fue afectada.

Los árboles afectados siempre mostraron mayores reducciones en el ancho de anillo medio, especialmente en los primeros intervalos (2021-2022 y 2022-2023), mientras que los árboles sanos generalmente experimentaron una disminución menos pronunciada.

La tendencia a lo largo de los últimos 3 años, en muchos casos muestra una desaceleración en la reducción del ancho de anillo, lo que podría sugerir una estabilización en el crecimiento después de un impacto inicial más fuerte.

En cuanto a los agentes bióticos, a la vista de los datos podemos concluir que no se pueden considerar responsables del decaimiento de la masa. Sin embargo, sí se ha detectado en algún caso puntual un nivel de abundancia y daño preocupante (en especial en Monte Morlaco), por lo que se podría recomendar el control poblacional, para evitar daños en los pies con unos niveles de decaimiento intermedio (con indicios de defoliación).

El pino carrasco se ha mostrado sensible a las altas temperaturas en combinación con la disminución de la disponibilidad de agua, lo que afecta a su capacidad de crecimiento y reproducción; es también muy conocida la falta de capacidad competitiva del pino carrasco en situaciones de altas densidades de plantación (Serrada, Montero y Reque, 2008). Por todo ello, si no se adoptan medidas de gestión adaptativa es muy probable que estas masas presentes en los Montes Urbanos de Málaga padezcan una reducción parcial e incluso total en los próximos años, sobre todo en las orientaciones más expuestas, por la incapacidad de la especie de mantener poblaciones saludables y persistentes en las condiciones climáticas previstas.

8. Referencias

8.1. Bibliográficas

- Barberá, J.A. (2011) Arqueología y cerámicas en El Palo. El Avisador Malagueño nº 56
- Carrera, J.A. (1996) Informe sobre el estado de la masa de pinar del Monte Gibralfaro. Málaga
- Del Río, M.; Calama, R.; Montero, G. (2008) Selvicultura de *Pinus halepensis*. En: Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J.A. Compendio de selvicultura aplicada en España. Fundación Conde del Valle de Salazar. UPM
- Fernández, T.; Plazaola, A.; Gálvez, D.; Valero, J.A.; Fernández, A.; Fernández, E.; Orozco, J.C. (2005) Por los caminos del Monte de San Antón. Itinerarios para recorrer a pie y en bicicleta el Monte de San Antón y sus alrededores. Airon Ediciones
- Girardet, H. (2001) Creando ciudades sostenibles. Editorial Tilde
- Heredia, V. (1998) Datos para la historia del caudal de San Felipe Neri. Hacienda de San Antón. Revista Cultural y Científica Isla de Arriarán, 11
- Martínez-Falero, J. (1950) Trabajos hidrológico-forestales realizados en la capital de Málaga para su defensa contra las inundaciones y daños producidos por los torrentes y ramblas. Revista Montes 33: 293-335
- Martos, F. (2015) Propuesta de límites para la declaración del entorno del Monte Gibralfaro (Málaga) como Espacio Natural Protegido. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes. Universidad de Córdoba
- Observatorio de Medio Ambiente Urbano de Málaga (2020)
- Rosado, L.M. (1981) Los vertebrados del Cerro de San Antón. Jábega 34. Diputación de Málaga
- Sedeño, D. (2000). Escudo de armas de la ciudad de Málaga. BAETICA. Estudios de Historia Moderna y Contemporánea 22
- Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J.A. (2008) Compendio de selvicultura aplicada en España. Fundación Conde del Valle de Salazar. UPM

8.2. Web

(Todas las páginas han sido visitadas en entre septiembre y noviembre de 2024)

Ayuntamiento de Málaga. www.malaga.eu

Ayuntamiento de Málaga. <https://medioambiente.malaga.eu/parques-y-jardines/parques-y-jardines-de-malaga/zonas-forestales/detalle-del-parque/Parque-Forestal-Monte-San-Anton/>

Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

Fernández, Ricardo. <https://parquemorlaco.blogspot.com/2013/08/bienvenidos-la-pagina-oficial-del.html>

Gea. Asociación de Voluntariado. www.geaesp.org/projects/monte-victoria/

Junta de Andalucía. www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/sanidad-forestal/seca-y-decaimiento-forestal/que-es

Junta de Andalucía.

www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/449530/orthotomicus.pdf

Málaga desde sus cumbres. <https://malagadesdesuscumbres.org/sanantonintro2.htm>

9. Agradecimientos

Queremos dejar constancia aquí de nuestro agradecimiento a las siguientes personas:

Trinidad Sánchez Varela y Rafael Vera Fortes (Ayuntamiento de Málaga) por su disponibilidad y colaboración en el desarrollo del trabajo de campo.

Germán Pérez Ortiz (PERICA Obras y Servicios) por su contribución para la obtención de datos de campo y climáticos.

Inmaculada Garrido Jurado y M^a del Carmen Fernández Bravo (Dpto de Agronomía, ETSIAM-UCO) por su colaboración en la identificación del barrenillo.

10. Resumen de actuaciones propuestas

Se añade a continuación una tabla resumen con las actuaciones recomendadas. En ella se establece el siguiente orden de prioridades:

1. Actuación prioritaria (debería de realizarse, en cualquier caso)
2. Actuación deseable (debería de realizarse, siempre que sea posible)
3. Actuación facultativa (podría realizarse, pero no hacerlo no afectaría negativamente a la gestión del Monte)
- Actuación no necesaria

	Gibralfaro	Victoria	Morlaco	San Antón
Eliminación de fustes de árboles muertos	1	1	1	1
Triturado/astillado de ramas finas y restos de copas y enterrado <i>in situ</i>	1	1	1	1
Claras/clareos de la masa para disminuir densidades	1	1	1	2
Claras/clareos para selección de árboles de porvenir	3	3	3	1
Ejecución y gestión de pilas cebo	2	2	2	3
Desarrollo de parcelas de ensayo para diversificación	2	2	1	-
Diversificación de la masa con spp arbóreas en rodales seleccionados	1	1	1	-
Diversificación de la masa con spp arbustivas en rodales seleccionados	2	2	2	-
Diversificación de las zonas de borde con spp arbóreas	-	-	-	2
Enriquecimiento de insectívoras	1	1	1	3
Control de procesionaria	1	1	1	1
Desarrollo de iniciativas de protección para incorporación a la RENPA	-	-	-	1