

CAPTURA DE CARBONO DE LA BIOMASA AÉREA DE LOS BOSQUES DE *PINUS CANARIENSIS* EN LA ISLA DE TENERIFE Y EL IMPACTO SOBRE ELLOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

CRISTINA DIAZ SANZ ([id](#))¹
PEDRO JOSÉ LOZANO VALENCIA ([id](#))²
RAFAEL CÁMARA ARTIGAS ([id](#))³

¹ Departamento de Geografía. Universidad Complutense de Madrid. C/ Profesor Aranguren s/n. 28040 Madrid

² Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Geografía. C/ Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz

³ Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla s/n

Autor de correspondencia: Mdiaz37@ucm.es

Resumen. Uno de los principales retos de las sociedades del siglo XXI es el denominado cambio climático. La influencia del ser humano y sus actividades cuenta con diferentes manifestaciones entre las que destaca la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que, a su vez, generan este calentamiento global de las temperaturas con múltiples fenómenos adversos asociados. Ante esta realidad es necesario determinar las fuentes de fijación de los mencionados GEI, sobre todo del carbono, de cara a minimizar los efectos adversos o absorber la mayor cantidad posible de emisiones. Se realiza un análisis de la captura de la biomasa aérea (tronco) en los pinares de Chirche (vertiente sur del macizo del Teide) para obtener el almacén aéreo de carbono de esta formación vegetal. Para ello se han tomado los DAP (Diámetro a la altura del Pecho) en una superficie de un décimo de hectárea de todos los ejemplares de *Pinus canariensis* presentes en esta superficie, para calcular su biomasa, y a partir de ella, la captura potencial de carbono (CO₂). Para el modelo de cambio climático se utilizará la base de datos climática de wordclim y el método de regímenes climáticos de Cámara (2020). El resultado alcanzado se compara con otros obtenidos para *Pinus canariensis*. De esta manera, con estos resultados se tiene un valor de la importancia de la conservación de estos bosques en su contribución a la captura de carbono dentro del paradigma del cambio climático y se evalúa el impacto del mismo sobre la conservación de estos bosques de pinos a partir de modelos para 2070.

Palabras clave: *Pinus canariensis*, biomasa, captura de carbono, Chirche, Islas Canarias.

CARBON CAPTURE FROM AERIAL BIOMASS OF *PINUS CANARIENSIS* FORESTS ON THE ISLAND OF TENERIFE AND THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THEM

Abstract. One of the main challenges of the societies of the 21st century is the so-called climate change. The influence of the human being and its activities has different manifestations, among which the emission of Greenhouse Gases (GHG) stands out, which, in turn, generate this global warming of temperatures with multiple associated adverse phenomena. Given this reality, it is necessary to determine the sources of fixation of the aforementioned GHG, especially carbon, in order to minimize or absorb the greatest possible amount of emissions. An analysis of the capture of aerial biomass (trunk) in the Chirche pine forests (southern slope of the Teide massif) is carried out to obtain the aerial carbon store of this plant formation. For this, the DCH (Diameter at Chest Height) have been taken in an area of one tenth of a hectare of all the specimens of *Pinus canariensis* present in this area, to calculate their biomass, and from it, the potential carbon stock. (CO₂). For the climate change model, the wordclim climate database and the Cámara (2020) climate regime method will be used. The result obtained is compared with those of other results obtained for *Pinus canariensis*. In this

way, with these results there is a value of the importance of the conservation of these forests in their contribution to carbon sequestration within the paradigm of climate change and the impact of the same on the conservation of these pine forests is evaluated. starting from models for 2070.

Keywords: Canarian pine forest, biomass, carbon stock, Canary Islands.

1. EL BOSQUE DE PINO CANARIO

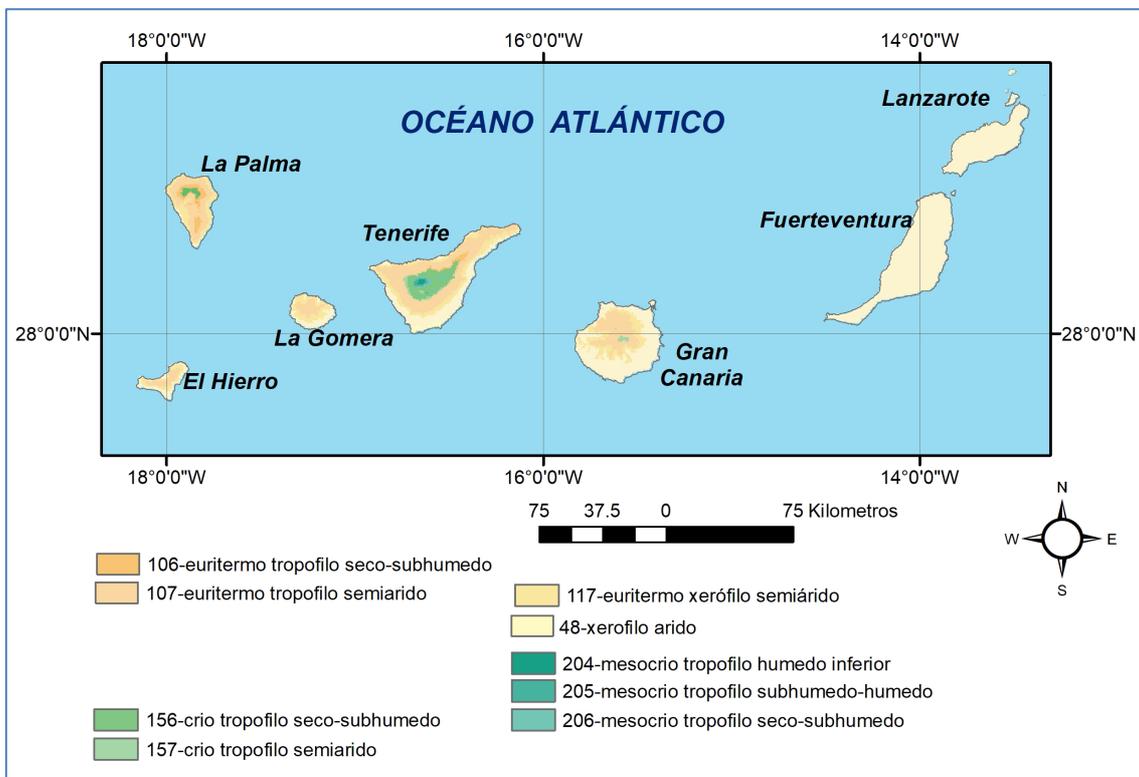
Los pinares de pino canario (*Pinus canariensis* C. S_{M EX} DC) ocupan una superficie de 70.000 hectáreas en todas las islas. Se disponen en el piso intermedio de la cliserie canaria que, a continuación, se describirá de forma sucinta:

El matorral xerofítico aparece en la base de la cliserie con una distribución generalmente al sur de las islas occidentales (La Palma, El Hierro, La Gomera y Tenerife) y en la mayor parte de la superficie de las islas orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura), cuya conservación está muy amenazada por el desarrollo turístico y escasa protección ambiental (Parque Rural de El Hierro, Parque rural de Teno en Tenerife y Parque Rural de Betancuría y Parque Natural de Jandía en Fuerteventura, Parque Natural de los Volcanes y parque Nacional de Timanfaya en Lanzarote, donde cuenta con la más extensa e importante protección; y de forma puntual en Reservas naturales como el Malpais de Güimar)

Los bosques temoesclerófilos con palmerales, dragos y sabinares como especies más emblemáticas. Este piso ha sido el más alterado en todas las islas por sus mejores condiciones para el cultivo derivado del benigno régimen climático y la disponibilidad de agua.

El pinar, con su distribución en las islas de La Palma, El Hierro, Gran Canaria y Tenerife, y con figuras de protección de Parque Nacional en la isla de La Palma (Caldera de Taburiente, Parque Rural en El Hierro, Parque Rural y Natural de Tamdaba y Caldera de los Marteles en Gran Canaria, y el Parque Natural Corona Forestal del Teide en Tenerife).

Figura 1. Tipos de regímenes bioclimáticos actuales presentes en las Islas Canarias.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la base de datos de wordclim

(<https://www.worldclim.org/data/index.html>).

La laurisilva, que conforma un piso intermedio en la cliserie de las vertientes septentrionales y nororientales entre el piso temoesclerófilo y los bosques de pino canario, y sus ejemplos mejor

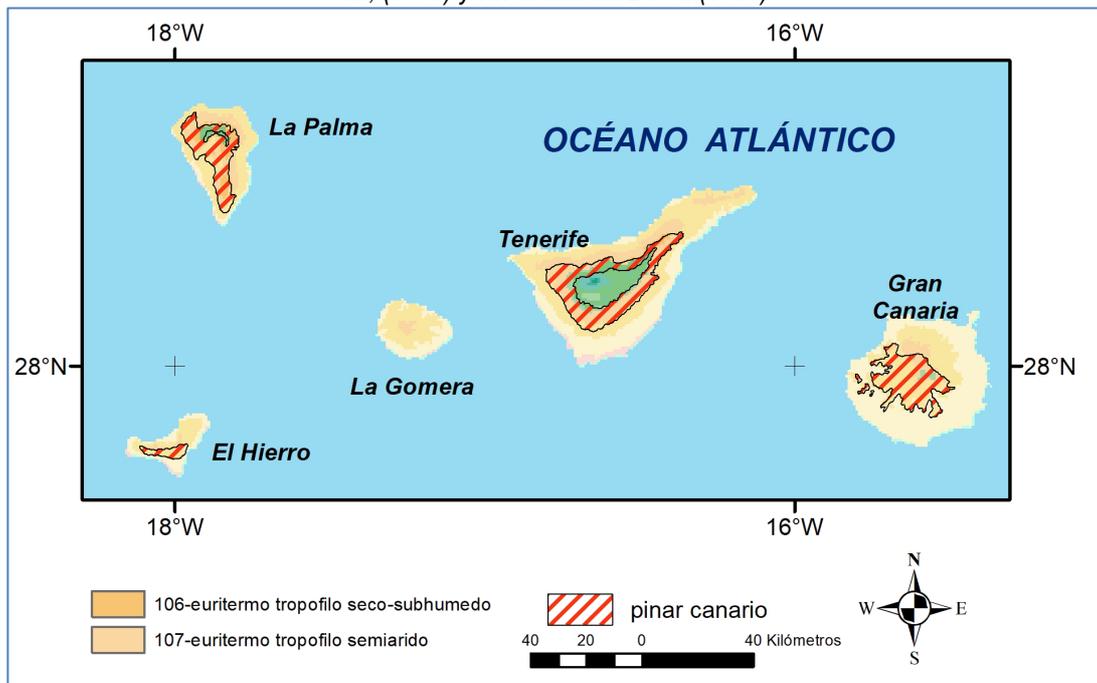
conservados se encuentran en el Parque Rural de Anaga al noreste de Tenerife, Parque Natural de Las Nieves en La Palma, y en el Parque Nacional de Garajonay en La Gomera.

Finalmente, en el piso superior, en Las Cañadas del Teide únicamente, se encuentran los matorrales de retama de *Spartocytisus supranubius* y en las cumbres del Teide las comunidades de violeta del Teide (*Viola cherantholia*).

Bioclimáticamente las islas Canarias presentan una clara cliserie que según Cámara *et al.* (2020) recoge 5 de los 27 tipos posibles (Figura 1): xerófilo, euritermo tropófilo, euritermo xerófilo, criotropófilo y mesocrio tropófilo. En las islas orientales (Gran canaria, Fuerteventura y Lanzarote) y suroccidentales (La Gomera y El Hierro) domina el bioclima euritermo xerófilo, que refleja unas condiciones subtropicales semiáridas con 4 a 6 meses de 5 a 8 meses de paralización vegetativa hídrica, y en las áreas de montaña, en Gran canaria, La Gomera y El Hierro aparece el bioclima euritermo tropófilo desde semiárido a seco-subhúmedo. Solamente en las islas de La palma y Tenerife la cliserie alcanza en sus partes más altas los bioclimas criotropófilos y mesocrio tropófilos, con paralización vegetativa hídrica de 1 a 4 meses y térmica de 1 a 6 meses, y en las cumbres del Teide, de 7 a 9 meses.

En el caso que nos interesa, que es de los bosques de pino canario, se encuentra en el piso bioclimático euritermo tropófilo seco-subhúmedo, penetrando en el crio tropófilo semiárido en sus manifestaciones de mayor altitud (Figura 2).

Figura 2. Mapa de distribución potencial de los pinares canarios. Elaboración propia a partir de Costa *et al.*, (1998) y Rivas Martínez *et al.*(1987)



Fuente: Elaboración propia.

El pinar se dispone, así como el piso superior en barlovento de las laurisilvas y el fayal-brezal, y en sotavento de los bosques termoesclerófilos de sabinas, sobre un régimen bioclimático que va desde el euritermo xerófilo semiárido al euritermo tropófilo semiárido a seco-subhúmedo, alcanzando en las vertientes más altas el bioclima crio tropófilo seco-subhúmedo. Los suelos característicos son variados dominando *haplic andosol* (27%), con *aridic regosol* (17%), *aridic cambisol* (16%), y *haplic cambisol* (7%).

Constituye un pinar de *Pinus canariensis* (pino canario, END) más o menos abierto en función de la franja ombroclimática y del condicionamiento edáfico y geomorfológico (presencia de malpais de lava).

Está presente en las islas: Gran Canaria, Tenerife, La Palma y El Hierro. Los fustes alcanzan, como máximo, los 30 m de altura y lógicamente, la especie dominante es *Pinus canariensis* (END) seguida de *Juniperus cedrus* (cedro canario, END). Esta asociación aparece hasta los 2000 m. de altura dentro de la cliserie (Rubio, 1989), pero a sotavento aparece en aquellos sectores topográficos en los que no se encuentran las formaciones lauroides, de manera que sustituiría a éstas (Ferrerías y Arozena, 1987).

Fitosociológicamente se corresponde con la serie *Cisto symphytifolli-Pinus canariensis* (Rivas et al., 1993) cuyas especies características son las arbóreas *Juniperus cedrus* (cedro canario, END), y *Pinus canariensis* (END), y un abultado número de taxones arbustivos que, por falta de espacio no citaremos. La serie de degradación es un matorral denso con *Cistus symphytifolius* (END), *Adenocarpus foliolosus* (codeso, END), *Micromeria benthamii* (END) y *Chamaecytisus proliferus* (END), que puede pasar a un matorral muy degradado con *Cistus monspeliensis* (jaguarzo negro), *Micromeria benthamii* (END) y *Bystropogon origanifolius* (END). Sus manchas más bajas altitudinalmente hace que en sus fases de degradación aparezcan elementos de los pisos basales del fayal-brezal, el sabinar, e incluso el tabaibal.

Actualmente su peligro más evidente es el fuego, la deforestación y el uso ganadero. Todos ellos provocados por el ser humano o sus actividades. Aunque *Pinus canariensis* es una especie pirófila, que se renueva después de los incendios, éstos son abundantes y recurrentes y también coadyuvan a la reducción de las poblaciones del pino. En los últimos 40 años han existido abundantes repoblaciones con *Pinus canariensis* y *Pinus radiata* en Tenerife y en menor medida en Gran Canaria, la Gomera y El Hierro, y en los años 80 con *Pinus halepensis* (pino carrasco) en Gomera (Ferrerías y Arozena, 1987).

Figura 3. Pinar de Chirche, vertiente oeste del Teide. Pinar y malpaís con escasa cobertura de especies arbustivas. En la foto se observa una canalización de agua en tubería



Fuente: Elaboración propia. Diciembre de 2021. R. Cámara.

En el elenco de especies propias del pinar aparecerían, entre las arbóreas: *Pinus canariensis* (END) con algún ejemplar de *Juniperus cedrus* (END). El estrato arbustivo está constituido por *Adenocarpus foliolosus* (codeso, END), *A. viscosus* (codeso de cumbre, END), *Aeonium pseudourbicum* (bejeque, END), *Bencomia exstipulata* (rosal del guanche), *Bystropogon origanifolius* (poleo del pinar, END), *B. plumosus* (poleo peludo, END), *Chamaecytisus proliferus* (escobón, tagasaste, END), *Cistus osbaeckiaefolius* (END), *C. symphytifolius* (amagante del pinar, END), *Echium webbii* (arbol azul, END), *Euphorbia canariensis* (cardon, END), *Kleinia neriifolia* (verode, END), *Isoplexis isabelliana* (restagallo de pinar, END), *Micromeria benthamii* (tomillo de Bentham, END), *M. lachnophylla* (tomillo del Teide, END), *M. pineolens*, *Rumex lunaria* (vinagrera, END), *Sedum spurium*, *Sonchus leptocephalus* (baillo alpispillo, END). Finalmente, entre las herbáceas destaca *Lotus hillebrandii* (END) (corazoncillo) y *Lotus sparyioides* (END) (corazoncillo de Gran Canaria), *Silene berthelotiana* (canutillo de Berthelot, END), la gramínea *Vulpia bromoides* y el helecho *Notholaena marantae* (doradilla canela) (Kunkel, 1992; Schönfelder, y Schönfelder, 2018).

Figura 4. Pinar de Chirche, donde se realizaron los inventarios vertiente oeste del Teide. En este caso la parcela presentaba suelos más desarrollados y mayor cobertura de arbustos



Fuente: Elaboración propia. Diciembre de 2021. R. Cámara.

2. METODOLOGÍA

No existe un "método" para estimar la reserva de biomasa, sino varios según la escala considerada. A nivel general los valores promedio por bioma son los más utilizados: la cantidad de biomasa se estima multiplicando la superficie de cada bioma por la cantidad de biomasa promedio por unidad de área para ese bioma. Los métodos más fiables para estimar la biomasa a escala del paisaje y más allá se basan en mediciones de campo, a una escala entre el paisaje y la parcela. Dentro de este rango de escalas, las estimaciones de biomasa se basan en datos del inventario forestal:

- inventario de una muestra de árboles si el área es grande,
- inventario completo (en particular en las parcelas permanentes de unas pocas hectáreas). Por debajo de esta escala se tienen en cuenta las mediciones individuales de biomasa (pesaje de árboles, pesaje de vegetación de sotobosque, etc.).

La tasa de biomasa es la herramienta que garantiza el vínculo entre la medición individual de la biomasa y la estimación de la misma en el campo a partir de los datos del inventario. Por lo tanto, pesar árboles para medir su biomasa se configura como una parte esencial del proceso para construir ecuaciones alométricas. Los bosques del mundo juegan un papel importante en la regulación del ciclo del carbono y la concentración de CO₂ atmosférico. Contienen el 53% del carbono acumulado en los ecosistemas terrestres.

La Reducción de Emisiones por Deforestación y la Degradación de bosques (REDD+), la conservación de las reservas de carbono, la gestión forestal sostenible y la mejora de las reservas de carbono forestal se ha convertido en un elemento clave de las negociaciones internacionales bajo el paraguas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Angelsen A., 2010; Argotty *et al.*, 2014; Hewson *et al.* 2014). Para obtener la cantidad total de carbono capturada en una parcela, la biomasa se multiplica por el contenido de carbono de los vegetales. Según las recomendaciones del IPCC (2003), la mayoría de los estudios utilizan un valor del 50% de la biomasa calculada cuando no hay datos más precisos disponibles. Para obtener la cantidad de CO₂ capturada, la cantidad de carbono debe multiplicarse por 3.667, que es la proporción de carbono en la molécula de CO₂.

Para el inventario aplicado a los pinares de Chitre, sitios en la ladera meridional del Teide se conformaron 10 parcelas de 100 m² que sumaron 0,1 Ha. Según el método de Gentry (1982; 1988; 1995) las parcelas se disponen en transectos lineales de 50 m. x 2m. (1 m a la derecha y otro m a la izquierda de la cinta métrica) midiendo todos los diámetros a la altura del pecho (DAP) por encima de 5 cm según indica el REDD+.

Hemos utilizado dos metodologías de cálculo de la biomasa. La de Chave (2005) y la de Montero *et al.* (2005), y hemos comparado los resultados obtenidos. La primera está identificada y calculada alométricamente para bosques tropicales secos y húmedos, considerando el tratamiento de bosque seco para el pinar de Chitre en Tenerife.

Obtenidos los datos de campo por individuo se aplica la fórmula alométrica desarrollada por Chave *et al.*, (2005) correspondiente a cada especie en función de su densimetría según las tablas de Zanne, A.E. *et al* (2009):

- para bosques secos
(AGB) Kg/individuo = $\rho \times \exp(-0.667 + 1.784 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$
- para bosques húmedos
(AGB) Kg/individuo = $\rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$
- para bosques muy húmedos
(AGB) Kg/individuo = $\rho \times \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$

Donde AGB es *Above Ground Biomass* (biomasa aérea) en Kg/individuo, ρ es la densidad de la madera del género/especie y D es el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada individuo en centímetros.

En el caso de Montero *et al.* (2005) se ha aplicado su fórmula alométrica: Biomasa = CF * A * d^b

Siendo CF= $\exp(SEE/2^2)$ y A= $\exp(a)$, donde a y b son parámetros por especies que se derivan de las fórmulas alométricas (Tabla 1) y SEE es el error estadístico estándar de la estimación por cada especie y fracción de biomasa.

Tabla 1. Valores de los parámetros a y b, y SEE de la fórmula de biomasa para las distintas especies de pino existentes en España

| especie | a | b | SEE |
|--------------------------|----------|---------|----------|
| <i>Pinus canariensis</i> | -3,05487 | 2,59425 | 0,138485 |
| <i>Pinus halepensis</i> | -2,51839 | 2,12619 | 0,231322 |
| <i>Pinus nigra</i> | -3,14006 | 2,49750 | 0,155782 |
| <i>Pinus pinaster</i> | -3,43957 | 2,56636 | 0,191593 |
| <i>Pinus pinea</i> | -3,36491 | 2,52494 | 0,199641 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | -3,80519 | 2,70808 | 0,290498 |
| <i>Pinus uncinata</i> | -3,44740 | 2,70666 | 0,265933 |

Fuente: Montero *et al.* (2005).

La mayor cantidad de biomasa se encuentra en los escasos árboles realmente grandes, ya que la reserva de carbono en un árbol individual depende de su tamaño. Los árboles con troncos de 10-19 cm de diámetro (medido a una altura estándar de 1,3 m sobre el suelo, llamado "diámetro a la altura del pecho" o DAP), pueden tener una biomasa de aproximadamente 135 kg/árbol. Con aproximadamente 900 árboles por ha, la biomasa asociada correspondiente es de 121,5 t/ha. Aun así, la mayor cantidad de biomasa se encuentra en los escasos árboles realmente grandes. Con un DAP de 50-70 cm, la biomasa por árbol podría ser de aproximadamente 20.000kg (20 t). Con 10 árboles/ha, la biomasa correspondiente sería de aproximadamente 200 t/ha. (Robles Clavijo, 2004) (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de biomasa (T/ha) en función del DAP de los árboles

| DAP (cm) | Kg/árbol | Nº de árboles/ha | Masa (T/ha) |
|----------|----------|------------------|-------------|
| 10-19 | 135 | 900 | 121,5 |
| 20-29 | 2250 | 70 | 157,5 |
| 30-49 | 8500 | 20 | 170,0 |
| 50-70 | 20000 | 10 | 200,0 |

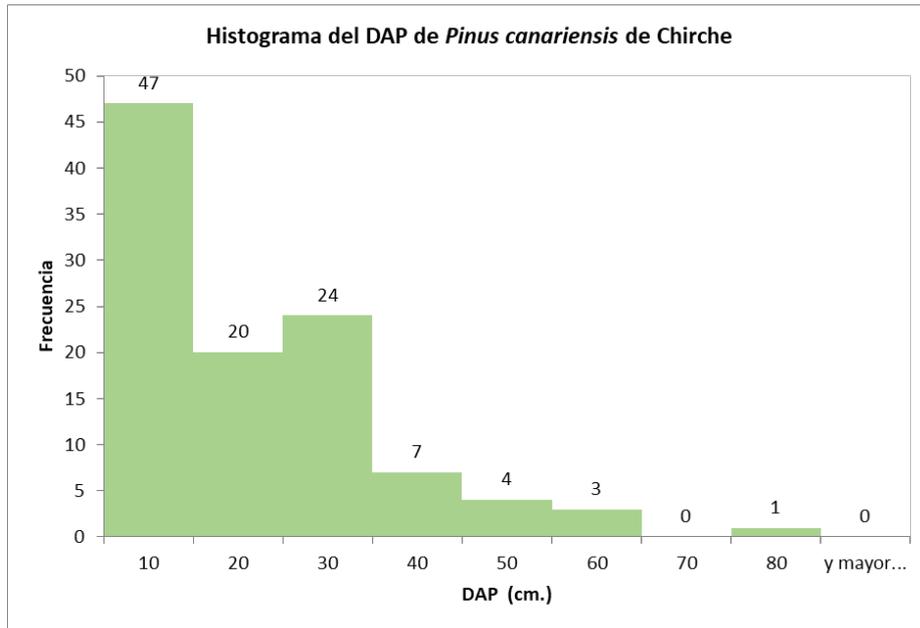
Fuente: (Robles Clavijo, 2004).

Para los Tipos de Regímenes Bioclimáticos (TRB) actuales y el escenario RCP 8.5 para 2070 según el modelo CCSM4 hemos seguido la metodología desarrollada por Cámara *et al.* (2020).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han contabilizado y medido el DAP de 136 individuos de *Pinus canariensis* en 0,1 hectáreas, con una media de 13,6 individuos por transecto. Las especies acompañantes fueron *Adenocarpus viscosus*, *Aeonium pseudourbicum*, *Bystropogon origanifolius*, *Chamaecytisus proliferus*, *Kleinia neriifolia*, *Rumex lunaria*, *Sedum spurium*, *Silene berthelotiana*, *Sonchus leptocephalus*, la gramínea *Vulpia bromoides* y el helecho *Notholaena marantae*.

Figura 5. Histograma de frecuencia de los DAP medidos en Chirche



Fuente: elaboración propia a partir de datos de campo.

Tal como se puede observar en el histograma de frecuencias el mayor número de individuos se encuentra con un DAP inferior a 10 cm, mientras que la clase más abundante con 24 es la que se encuentra con un DAP entre 20 y 30 cm. A partir de 30 cm, el número de ejemplares disminuye (15 en total entre 30 y 80 cm). Los resultados alcanzados para el cálculo de biomasa, carbono y CO₂ con los dos métodos quedan expresados en megagramos por Hectárea dentro de la Tabla 3. Se han aplicado las plantillas Excel para el cálculo de los datos.

Tabla 2. Resultado de la aplicación de los dos métodos para el cálculo de biomasa y captura de Carbono y CO₂ en Mg/ha para los bosques de *Pinus canariensis* en Chitre

| Método | Biomasa | Carbono | CO ₂ |
|------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| Chave <i>et al.</i> (2005) | 283.306 Mg/ha | 141.653 Mg/ha | 519.87 Mg/ha |
| Montero <i>et al.</i> (2005) | 209.356 Mg/ha | 104.679 Mg/ha | 384.177 Mg/ha |

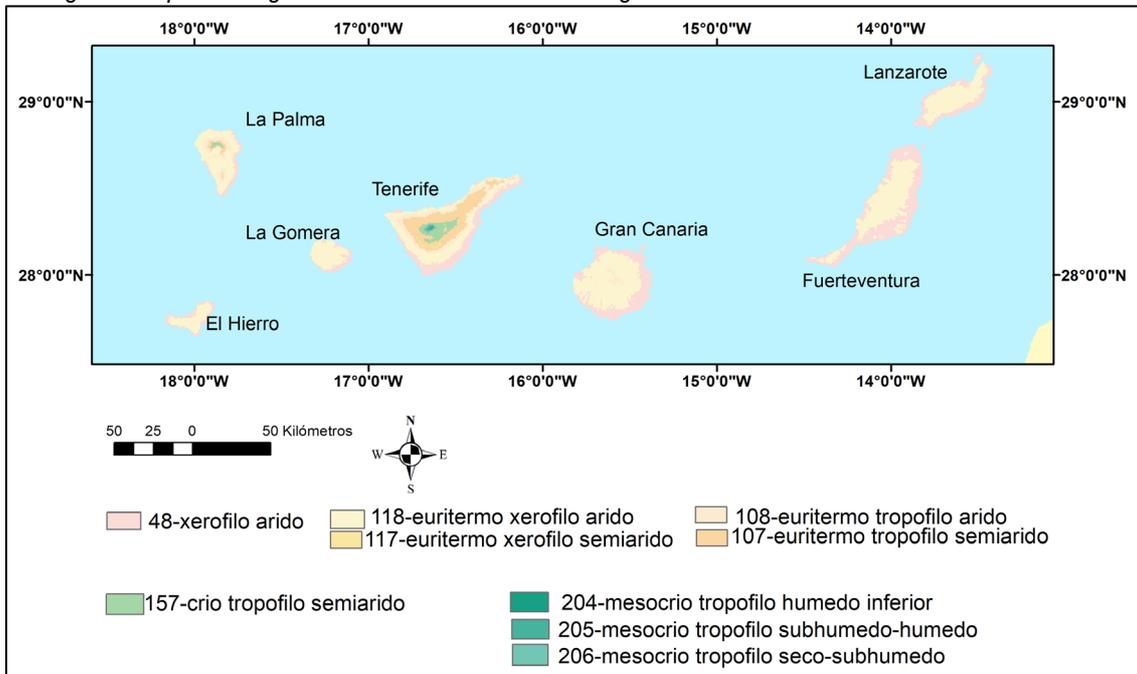
Fuente: elaboración propia a partir de datos de campo.

Si comparamos los datos obtenidos en nuestro estudio con los datos logrados por Avitabile y Camia (2017) para la evaluación de mapas de biomasa forestal en Europa utilizando estadísticas nacionales armonizadas y parcelas de inventario, los valores obtenidos para los bosques de pino de Canarias de Chitre alcanzan valores semejantes a las florestas de Centroeuropa, relacionados con bosques caducifolios de fagáceas y coníferas. Si los comparamos con otros datos obtenidos para los medios subtropicales (bosques de Caldén), la biomasa total resultante fue de 156,4 Mg/ha mientras que la captura de carbono fue de 78,2 Mg/ha. y el valor medio de CO₂ removido de la atmósfera fue de 281,5 Mg/ha. De esta manera los cálculos

obtenidos para nuestras parcelas se situarían claramente por encima de los referidos anteriormente. En el caso de sabanas tropicales del Parque Nacional de Arly en Burkina Faso (Namoano, 2022) los valores medios para los diferentes tipos de sabanas y bosque aluviales en las sabanas es 52 Mg/ha, con una captura de carbono de 42 Mg/ha y una captura de CO₂ de 93,7 Mg/ha.

Hemos hecho una valoración de comparación entre los regímenes bioclimáticos actuales (Figura 1) y el escenario RCP 8.5 para 2070 según el modelo CCSM4 (Figura 6).

Figura 6. Tipos de regímenes bioclimáticos futuros según escenario RCP 8.5 en las Islas Canarias



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la base de datos de wordclim

<https://www.worldclim.org/data/index.html>

La comparación entre los dos mapas nos da la aparición de un régimen bioclimático xerófilo árido más extendido al sur y este de Tenerife y en las islas de Lanzarote y Fuerteventura, y del piso euritermo xerófilo árido en el conjunto de las islas en las vertientes montañosas de éstas. La principal variación consiste en la elevación de la cota del régimen euritermo tropófilo seco-subhúmedo desde las cotas actuales de 740-2020 m. a las cotas 1.560-2.250 m. en el año 2070 para el escenario de RCP 8.5.

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran datos de biomasa semejantes de 283,306 Mg/ha por el método de Chaves y 209,356 Mg/ha por el método de Montero. Teniendo en cuenta que el método alométrico de Montero es específico para la especie *Pinus canariensis*, entendemos que el resultado de éste es más confiable que el de Chaves, a pesar de que éste es referencia internacional para el cálculo de biomasa. Por lo que podemos defender que la captura de CO₂ de los bosques de pino canario es de 384,18 Mg/ha.

Estimando que la superficie de estos bosques en las islas canarias es de 70.000 ha (Gobierno de Canarias, https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/wiki/index.php?title=Pino_canario) esta supondría un stock de carbono de 7,3 millones de toneladas y 26,8 millones de toneladas de CO₂.

Respecto al impacto del cambio climático, supondría sobre todo un desplazamiento de la cota hacia arriba en torno a los 800 m. como cota inferior (1.560 m.) y 400-500 m. como cota superior (2.700 m.), con lo que las condiciones bioclimáticas serían óptimas para que el pinar entrara en la depresión de Las Cañadas hasta la base de la montaña del volcán de El Teide.

En cualquier caso, el reservorio de carbono dentro de los pinares analizados es notable y debería ser muy tenido en cuenta como un posible minimizador de los efectos adversos de las emisiones de GEI dentro de las propias Islas Canarias. Ello supone la protección activa e integral de las masas de pino canario sitas en las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro. Sólo de esta forma, conservando

los reservorios de CO₂ isleños en forma de pinares y laurisilva, se podrán matizar los ascensos térmicos y los eventos extremos de los próximos años. De la misma manera, cuando dichas masas se prenden y arden es abundante la cantidad de carbono que se emite a la atmósfera y, por tanto, mayores y más rápidos los ascensos térmicos y los efectos adversos esperados, tanto más en unas islas muy densamente pobladas y explotadas donde la cobertura vegetal ha sido drásticamente modificada y reducida y donde estos potenciales sumideros de GEI se han visto reducidos de manera notable.

REFERENCIAS

- Angelsen A. (2010). *La implementación de REDD+. Estrategia nacional y opciones de política*. Bogor. Center for International Forestry Research.
- Argotty F., Zamora J.C., Brenes C., Schlesinger P., Cifuentes M., Imbach P., Chacón M. (2014). *Manual metodológico para la construcción de niveles de referencia para REDD+*. San José de Costa Rica. CATIE.
- Avitabile V., Camia A. (2017). An assessment of forest biomass maps in Europe using harmonized national statistics and inventory plots. *Forest Ecology and Management* 409. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.047>
- Cámara, A. R., Olmo, F. D. Del, Batlle, J. R. M. (2020). TBRs, a methodology for the multi-scalar cartographic analysis of the distribution of plant formations. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 85. <https://doi.org/10.21138/bage.2915>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Duval V. S., Cámara R. (2021). Diversidad y captura de carbono en un bosque secundario de caldén (*Prosopis caldenia*) en la pampa, argentina. *Estudios Geográficos* 82 (291), 1-11.
- Ferreras, C., Arozena M.E. (1987). *Guía Física de España: 2. Los bosques*. Madrid. Alianza Editorial.
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*. Hecht, Wallace and Prance. *Plenum Publishing Corporation*, 15, pp. 1-54.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, pp. 1-34.
- Gentry, A. H. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests, en S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds.): *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 146-194.
- Namoano, Y.G. (2022). *Obtención de datos de captura de carbono y valoración de la biodiversidad de la vegetación de sabana arbolada y boscosa en el parque nacional de Arly. (Burkina Faso)*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla
- Hewson, J., Steininger M.K., Pesmajoglou S. (2014). *Manual de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de REDD+ Versión 2.0*. Programa de Carbono Forestal, Mercados y Comunidades USAID. Washington, DC. USAID.
- Kunkel G. (1992). *Flora y vegetación del archipiélago canario*. Tratado florístico. Las Palmas de Gran Canaria.
- Montero G, Ruiz-Peinado R., Muñoz M. (2005). *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. CIFOR-INIA, EGMASA. Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Nacional de Investigación y tecnología agraria y alimentaria. Madrid.
- Rivas Martínez, S., de la Torre W. et al. (1993). Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife. *Itineraria Geobotánica*, 7.
- Robles Clavijo, J. A. (2004). *Manual de ordenación de montes de Andalucía*. Junta de Andalucía
- Schönfelder, P. y Schönfelder, I. (2018) *Flora Canaria. Guía de de identificación*. Turquesa.
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., Chave, J. (2009). *Global wood density database*. Dryad.