

EACC 2030 - Proyecto GLORIA-ARAGÓN

(Estudio de los efectos del cambio climático sobre la flora de la alta montaña en Aragón)

«Mantenimiento de las zonas piloto
y de la red de termómetros. Año 2021»



José Luis Benito Alonso
Doctor en Biología
Jolube Consultoría Ambiental



Jaca, noviembre de 2021



EACC 2030
Estrategia Aragonesa
de Cambio Climático
HORIZONTE 2030

**GOBIERNO
DE ARAGÓN**
Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente

EACC 2030 - Proyecto GLORIA-ARAGÓN (Estudio de los efectos del cambio climático sobre la flora de la alta montaña en Aragón)

«Mantenimiento de las zonas piloto y de la red de termómetros. Año 2021»

Unidad administrativa que lo propone:

SERVICIO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental

Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente

Gobierno de Aragón



Realiza: José Luis Benito Alonso (Jolube Consultoría Ambiental)



EACC 2030
Estrategia Aragonesa
de Cambio Climático
HORIZONTE 2030

**GOBIERNO
DE ARAGÓN**
Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente

Fotos de portada. Arriba izquierda, recogida de datos en la cima Tres Güegas (ES-SPY-GUE). Arriba derecha, cabio de termómetros en la Peña Negrilla (ES-MON-NEG). Abajo izquierda, *Potentilla nivalis* de Ordesa. Abajo derecha, *Viola moncaunica*, del Moncayo.

Contenido

1. Resumen.....	5
2. Objeto de la propuesta	5
3. Antecedentes.....	5
3.1.El proyecto GLORIA.....	6
3.2.Implicación de la C.A. de Aragón en el proyecto GLORIA.....	8
3.3.Justificación de los trabajos.....	9
4. Metodología	10
5. Trabajos de mantenimiento de la red GLORIA-ARAGÓN.....	11
5.1.Logística, material y métodos	11
5.2.Equipo de trabajo.....	11
6. Mantenimiento de la zona piloto ES-CPY (Ordesa, Pirineo calizo).....	12
6.1.Punta Acuta (ACU), 2242 m, (ecotono subalpino-alpino)	13
6.2.Punta Custodia o Arrabio (CUS), 2519 m (Piso alpino inferior)	13
6.3.Punta Tobacor (TOB), 2779 m (Piso alpino superior).....	15
6.4.Punta de las Olas (OLA), 3022 m (Piso subnival).....	16
7. Mantenimiento de la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)	17
7.1.Pico de las Tres Güegas (GUE), 2302 m (ecotono piso subalpino-alpino)	17
7.2.Vértice de Anayet (ANA), 2555 m (piso alpino inferior)	19
7.3.Pico Bacías (BAC), 2758 m (piso alpino superior)	20
7.4.Robiñera-Morrón de Sobresplucas (ROB), 2827 m (ecotono piso alpino superior-subnival)	
.....	21
8. Mantenimiento de la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico, Moncayo)	22
8.1.Desarrollo de los trabajos, resultados preliminares e incidencias reseñables	22
8.2.Peña Negrilla (NEG), 2116 m	23
8.3.Peña Lobera (LOB), 2226 m	25
8.4.Morca (MOR) (Alto del Corralejo o del Collado de las Piedras), 2274 m	25
8.5.Moncayo o Pico de San Miguel (MON), 2314 m.....	26
9. Resultados preliminares sobre la temperatura del suelo y el periodo vegetativo y de la red GLORIA-Aragón.....	27
9.1.La T y el PV en la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo)	27
9.1.1. Evolución de la temperatura del suelo	27
9.1.2. Evolución del periodo vegetativo	32
9.2.La T y el PV en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo).....	38
9.2.1. Evolución de la temperatura del suelo	38

9.2.2. Evolución del periodo vegetativo	47
9.3.La T y el PV en la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)	53
9.3.1. Evolución de la temperatura del suelo	53
9.3.2. Evolución del periodo vegetativo	61
10.Especies de plantas localizadas en las cimas GLORIA-Aragón.....	69
10.1. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-CPY (Ordesa)	69
10.2. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)	72
10.3. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-MON (Moncayo).....	75
11.Proyeción de GLORIA.....	77
11.1. Presencia pública	77
11.2. Las bases de datos de GLORIA en GrassPlot	77
11.3. Proyecto SoilTemp	78
11.4. Nuevas zonas piloto pirenaicas	78
11.5. Otras repercusiones internacionales	79
12.Posibles consecuencias del calentamiento global sobre la flora de alta montaña	80
12.1. El ascenso altitudinal de las especies de flora.....	80
12.2. La actividad biológica del suelo en las cimas GLORIA ES-CPY (Ordesa)	81
12.3. La importancia del pastoreo.....	84
12.4. Microtopografía y microclimas en alta montaña	84
12.5. El cierre de las masas boscosas	85
12.6. Temperatura mínima y duración del período vegetativo en el límite superior de los pastizales en las altas montañas europeas.....	86
13.Últimas publicaciones relacionadas con el proyecto GLORIA.....	88
14.Bibliografía.....	89

1. Resumen

El objetivo del proyecto de investigación *GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments)* o Iniciativa para la investigación y el seguimiento global de los ambientes alpinos), es el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la flora vascular de la alta montaña. Para ello, se ha establecido una red de seguimiento a largo plazo, en cimas de más de 100 cordilleras de los cinco continentes. Consiste en una serie de parcelas permanentes para el muestreo de la flora, que al repetirse cada siete años nos permite hacer comparaciones y ver la evolución de la vegetación de la alta montaña. Además, incluye una red de termómetros automáticos (cuatro en cada cima) que monitorizan la temperatura del suelo, lo que nos permite saber la evolución del periodo apto para el desarrollo de las plantas, es decir, el periodo vegetativo.

Al analizar los datos de temperatura que hemos ido obteniendo todos estos años, a pesar de las variaciones interanuales vemos cómo hay una tendencia a un aumento de las temperaturas medias que se traduce en un aumento del periodo vegetativo.

En un análisis de sólo siete años que hicimos con los datos conjuntos de las cimas europeas del proyecto GLORIA (2001-2008), ya constatamos este calentamiento que ahora se ve confirmado. En aquel estudio se ponía de manifiesto que ello estaba provocando la colonización de especies de las zonas más bajas, que paulatinamente van llegando a las cimas. En las montañas del norte de Europa está provocando un enriquecimiento de la flora alpina. Sin embargo, a medida que descendemos a latitudes más bajas, como en los Pirineos o más significativamente en las montañas mediterráneas, el aumento de temperatura comporta un aumento de la evapotranspiración, por lo que algunas de las especies de la alta montaña mediterránea se están empezando a hacer más raras y pueden llegar a desaparecer, siendo sustituidas por especies de ambientes actuales más cálidos.

2. Objeto de la propuesta

El objetivo de esta propuesta es descargar los datos y comprobar el correcto funcionamiento de los termómetros automáticos dispuestos en las cimas 12 de las tres ZP del Proyecto Gloria en Aragón, Ordesa-Pirineo Calizo (ES-CPY), Valle de Tena-Pirineo Silíceo (ES-SPY) y y el Moncayo (ES-MON), cuatro en cada una de ellas, 48 en total, lo que incluye sustituir alguno si hiciera falta, así como recolocar las estacas que se hayan perdido y repintar las marcas borradas o deterioradas.

3. Antecedentes

El incremento de temperatura atmosférica debido a causas antrópicas, sus adversas consecuencias en los procesos ecológicos y las negativas afecciones sobre nuestro modo de vida, dan lugar a la Convención Marco de Naciones Unidas de Lucha Contra el Cambio Climático, y en su desarrollo, al Protocolo de Kioto de 1997, orientado básicamente a la reducción y control de las emisiones de los llamados gases de efecto invernadero (GEI).

El Gobierno de España ha puesto en marcha, entre otras iniciativas, la Estrategia Española de Lucha contra el Cambio Climático y de Energía Limpia (EECCEL) aprobada el 11 noviembre de 2007 y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. La puesta en marcha de ambos planes implica una participación activa de las Comunidades Autónomas (CC. AA.), tanto en su elaboración como en su desarrollo, con el fin de conseguir un cambio hacia el uso eficiente de la energía por parte de toda la sociedad.

En este contexto, la Comunidad Autónoma de Aragón puso en marcha la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL), ahora actualizada con la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático Horizonte 2030 (EACC 2030). En este sentido, una de las

herramientas básicas para alcanzar el objetivo de referencia para la reducción de GEI en la comunidad autónoma de Aragón, establecidos por la EACCEL, estaba la de “Fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación” en los sectores que contempla la actuación entre los que se encuentran los recursos naturales y biodiversidad. Entre las líneas de actuación de adaptación a escala autonómica contempladas por la antigua EACCEL estaba la número “4.3.3.1.4. Creación de una red de seguimiento ecológico de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos en Aragón, tomando como referencia los hábitats y taxones a priori más sensibles y especialmente los integrados en espacios protegidos y de la Red Natura 2000”.

Es en dicho marco en que se encuadra el proyecto GLORIA, que en la actualidad ya viene recogido en la EACC 2030 como uno de los *planeamientos estratégicos de Aragón frente al cambio climático para 2030*. Dicha Estrategia es la referencia en Aragón en cuanto a objetivos y líneas de acción que, de modo coordinado con la estrategia española, contribuya desde esta comunidad autónoma a cumplir con los compromisos establecidos en la planificación nacional e internacional. Al mismo tiempo y con la misma importancia, la EACC 2030 debe ser la base para la elaboración de los planes de acción que las entidades aragonesas pongan en práctica.

3.1. El proyecto GLORIA

En este sentido, el proyecto de investigación *GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments* o Iniciativa para la investigación y el seguimiento global de los ambientes alpinos), tiene por objeto establecer una red para la observación a largo plazo y el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la biodiversidad de la alta montaña (Grabherr & al., 2000; Pauli & al., 2004, 2015), especialmente la flora vascular, iniciada en las montañas de Europa en 2001 (Figura 1), más tarde extendida a las principales cordilleras de los cinco continentes (Figura 2). El proyecto está coordinado a nivel mundial por la universidad de Viena (Austria) y la Academia de Ciencias de Austria,

El objetivo final del proyecto *GLORIA* consiste en vislumbrar los riesgos de pérdidas de biodiversidad, así como la vulnerabilidad de los ecosistemas de la alta montaña ante la presión del cambio climático. A este fin, las observaciones sobre las especies vegetales llevadas a cabo *in situ* son cruciales, ya que las comunidades vegetales no responderán al calentamiento climático como conjunto, sino que cada especie componente dará su propia respuesta. Lo que para una especie es demasiado cálido, para otra puede ser apropiado o allí donde una especie responde con una migración, otra puede ver muy restringidas las posibilidades de desplazarse hacia nuevos hábitats. Así pues, la migración de las especies provocada por el calentamiento del clima conduciría a nuevas combinaciones, tanto en el lugar estudiado como en nuevos parajes.

En consecuencia, los objetivos básicos del *Estudio de las cimas* en el ámbito de *GLORIA* son los siguientes:

- (a)** Suministrar datos estándar cuantitativos sobre las diferencias altitudinales en la riqueza de especies, composición específica, cobertura de la vegetación, temperatura del suelo y período de innivación en las cordilleras de todo el mundo.
- (b)** Calibrar los riesgos potenciales de pérdidas de biodiversidad por causa del cambio climático mediante la comparación de los patrones actuales de distribución de las especies y sus comunidades con los factores ambientales, todo ello a lo largo de gradientes verticales y horizontales (biogeográficos).
- (c)** Aportar información básica para el seguimiento y observación a largo plazo de especies y vegetación con el fin de detectar los cambios inducidos por el clima en la cobertura de la

vegetación y en su composición específica, así como en la migración de las especies, a intervalos de 7 años.

(d) Cuantificar los cambios temporales de biodiversidad y vegetación de modo que los datos obtenidos nos permitan simular situaciones ante los diversos riesgos de pérdida de biodiversidad e inestabilidad de los ecosistemas.



Figura 1. Mapa de Europa donde se localizan las 18 zonas piloto GLORIA originales (2001)

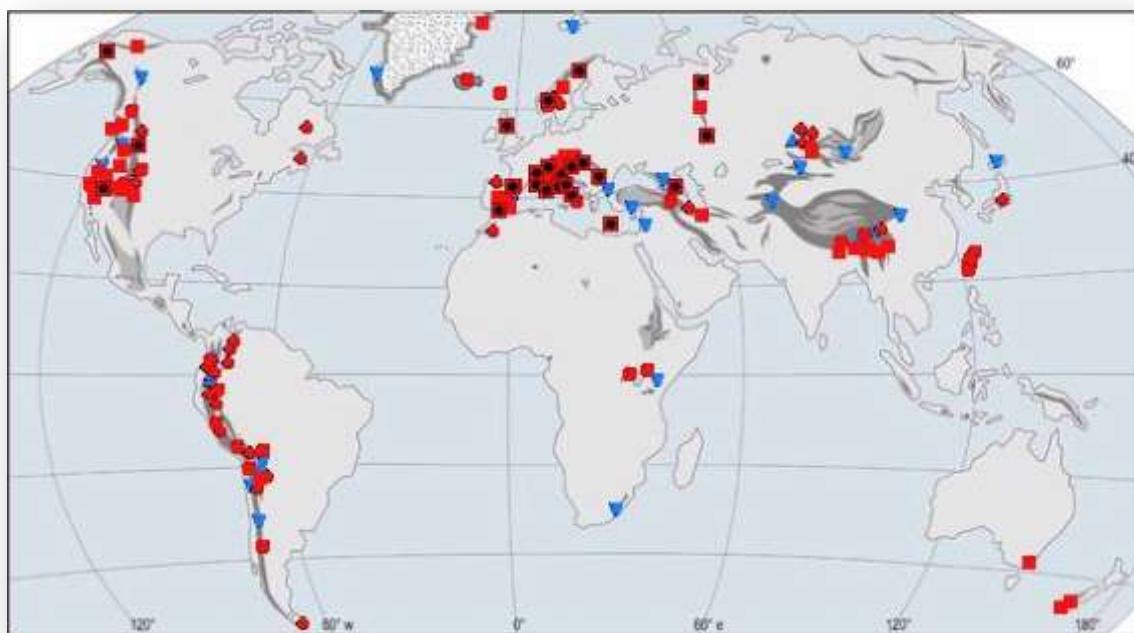


Figura 2. Mapa mundial donde están representadas las 130 zonas piloto de muestreo de flora alpina con metodología GLORIA (junio de 2017)

3.2. Implicación de la C.A. de Aragón en el proyecto GLORIA

Aragón participa en este proyecto desde 2001, primero a través del Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC de Jaca (Huesca), con el establecimiento de una zona piloto de referencia en el Pirineo central calizo (ES-CPY), concretamente en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), habiéndose realizado hasta el momento tres campañas de estudio, en 2001 y 2008 (Villar & Benito, 2003 a, b) y 2015.



Figura 2. Ubicación en Aragón de las zonas piloto del proyecto GLORIA-ARAGÓN.

El Gobierno de Aragón se suma a esta iniciativa desde sus inicios, primero dando apoyo logístico a través del personal del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), y más tarde en el año 2008, ayudando con la repetición de los muestreos realizados en la zona piloto ES-CPY del PNOMP, también con apoyo logístico y de personal del propio parque nacional y de

la empresa pública SODEMASA, así como una pequeña ayuda económica aportada por dicha empresa pública del Gobierno de Aragón¹.

Por otra parte, en 2009 el Gobierno de Aragón encarga un informe² sobre la información disponible de elementos de la biodiversidad aragonesa más vulnerables ante los efectos del cambio climático. En dicho trabajo, entre los indicadores seleccionados para el seguimiento de los efectos del CC sobre la flora se propone la ampliación en Aragón de la red GLORIA. A partir de entonces, el proyecto GLORIA ha sido incluido en la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL), ahora actualizada con la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático Horizonte 2030 (EACC 2030), dentro del Observatorio del Cambio Climático en Aragón.

Siguiendo dicha recomendación, en 2010 las Direcciones Generales de Calidad Ambiental y de Conservación del Medio Natural, del entonces Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, encargan un informe para localizar posibles nuevas zonas piloto GLORIA en Aragón³, y completar así la red en la comunidad autónoma. En dicho informe se propone ampliar la red GLORIA-ARAGÓN al Pirineo silíceo y al Sistema Ibérico. De esta forma, en 2011 Gobierno de Aragón cofinancia, con fondos FEDER de la UE, el establecimiento de una zona piloto en el Pirineo silíceo, concretamente en los valles de Tena y Bielsa (bajo el acrónimo ES-SPY), mientras que en 2012 encarga el establecimiento de otra zona piloto en la alta montaña mediterránea, en concreto en el Sistema Ibérico-Moncayo (ES-MON). Desde entonces el Gobierno de Aragón, a través del Servicio de Cambio Climático y Educación Ambiental, apoya económicamente el mantenimiento, así como la repetición de los muestreos de cada zona que se realiza a intervalos de siete años.

Con estas ampliaciones, la C.A. de Aragón se pone a la cabeza de estos estudios a nivel español y europeo, ya que ninguna otra región alberga tres zonas piloto GLORIA.

3.3. Justificación de los trabajos

Hasta la puesta en marcha del proyecto GLORIA, sólo se tenían datos de estudios locales que evidenciaban muestras de efectos del calentamiento global sobre la vegetación, pero no había una red coherente y global que permitiera ver los efectos del cambio climático sobre estos ecosistemas desde una perspectiva mundial.

En estos momentos GLORIA lleva ya en marcha diecinueve años en las 18 zonas piloto (ZP) de Europa en las que se inició el estudio (incluye el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido) en 2001. Es sin duda la serie de datos sobre flora y temperatura del suelo, en alta montaña, más larga que existe, de forma simultánea y coordinada en Europa. Además, se han ido agregando muchas más montañas (como en nuestro caso las del Pirineo silíceo, serie de 9 años, y el Moncayo, con una serie de 8 años), de forma que ahora ya hay zonas piloto GLORIA en todos los

¹ Benito Alonso, J.L. (2008). *Informe de actividad del Proyecto GLORIA - 2008 en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. 47 pp. Informe inédito para la Unidad de Investigación del PNOMP. Sociedad de Desarrollo Medioambiental de Aragón, S.L.U. – Gobierno de Aragón.

² *Revisión, análisis y propuesta de trabajo sobre la información disponible de elementos de la biodiversidad aragonesa más vulnerables ante los efectos del cambio climático*. Diciembre de 2009. Consultores en Biología de la Conservación, S.L. para la Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático del Gobierno de Aragón.

³ Benito Alonso, J.L. (2010). *Puesta en marcha de nuevas zonas piloto para el estudio de los efectos del cambio climático sobre la flora de la alta montaña en Aragón, con metodología GLORIA, año 2010 (GLORIA-ARAGÓN, 2010)*. 30 pp. Informe inédito para las Direcciones Generales de Desarrollo Sostenible y Biodiversidad, y Calidad Ambiental y Cambio Climático del Gobierno de Aragón.

grandes macizos montañosos del mundo, hasta completar 130. Se trata sin duda se la mayor red global de estudio de un ecosistema.

En las 18 zonas piloto iniciales se repitió el muestreo en 2008 y en verano de 2015. Realizamos la segunda repetición, gracias a la financiación del Gobierno de Aragón y de fondos FEDER de la Unión Europea. En 2018 realizamos la repetición del muestreo de la ZP Pirineo Silíceo (ES-SPY) y en 2019 repetimos el muestreo en el Moncayo (ES-MON).

Gracias a la repetición cada 7 años de estos nuestros podremos ver los cambios producidos en la flora alpina, además de tener una serie continua de datos de temperatura del suelo en alta montaña.

Mientras tanto, es preciso realizar el mantenimiento de las ZP. Se trata de ir todos los años a cada cima para comprobar el correcto funcionamiento de los termómetros automáticos, descargar sus datos, cambiar baterías, así como recolocar las estacas que se hayan perdido y repintar las marcas borradas o deterioradas. Si algún termómetro fallara habría que reponerlo lo antes posible.

4. Metodología

La metodología usada para los trabajos objeto de esta propuesta es la especificada por el *Manual para el trabajo de campo del Proyecto GLORIA*⁴ en su versión 5^a, de 2015, accesible en sus versiones española, inglesa, china y rusa en la web del proyecto, www.gloria.ac.at.

En nuestro caso, el equipo de coordinación de GLORIA en Austria, revisó, actualizó y publicó en marzo de 2015, en inglés, la versión 5^a del Manual de campo, y nos encargó su traducción al español a José Luis Benito y a Luis Villar. De esta manera desde 2015 trabajamos con la versión más actualizada del manual de campo y además en nuestro idioma.

Las modificaciones realizadas en el *Manual* han sido mejoras que han afectado tanto a la forma de hacer los recuentos de flora que se realizan en cada uno de los cuadrados de 1×1 m, como a los muestreos secundarios en las secciones de área cimera, haciéndolos más ágiles y rápidos, así como a la inclusión de actividades y muestreos complementarios que antes no estaban recogidos en la documentación del proyecto. Una parte de estas modificaciones ya las pusimos en práctica en los años 2011 y 2012 al establecer las zonas piloto ES-SPY y ES-MON por en cargo del Gobierno de Aragón, con resultados satisfactorios⁵. En nuestro caso también hemos llevado a cabo una actividad complementaria como es la toma de muestras de suelo alpino gracias a la participación del Dr. Juan José Fernández, investigador ARAID del IPE-CSIC de Jaca.

⁴ Pauli, H.; Gottfried, M.; Lamprecht, A.; Niessner, S.; Rumpf, S.; Winkler, M.; Steinbauer, K. & Grabherr, G., coordinadores y editores (2015). *Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básicos, complementarios y adicionales. 5^a edición*. GLORIA-Coordinación, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. 150 pp. Edición en español a cargo de Benito, J.L. & Villar, L., Jaca, España.

⁵ Benito Alonso, J.L. (2011). *Puesta en marcha de la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo) con metodología GLORIA, para el estudio de los efectos del cambio climático sobre la flora de la alta montaña en Aragón, año 2011 (GLORIA-ARAGÓN, 2011)*. 24 pp. + 3 anexos. Informe inédito para las Direcciones Generales de Desarrollo Sostenible y Biodiversidad, y Calidad Ambiental y Cambio Climático del Gobierno de Aragón.

5. Trabajos de mantenimiento de la red GLORIA-ARAGÓN

Como ya hemos comentado, este estudio tiene una proyección a largo plazo y los muestreos de flora se repiten cada 7 años. Para que ello hay que hacer un mantenimiento anual de las zonas piloto para comprobar que todos los termómetros funcionen correctamente, descargar sus datos, relocalizar y en su caso reponer las estacas y marcas de las parcelas y observar cualquier otra eventualidad que surja y que pueda alterar el estudio.



5.1. Logística, material y métodos

La descarga de los termómetros de campo la hacemos con un ordenador portátil dotado de una antena de 433 MHz que permite la recogida inalámbrica de datos. El programa nos permite saber el estado en el que se encuentra la batería de los termómetros, así como hacer los ajustes que fueran precisos, como la sincronización de su reloj interno.



Estos termómetros automáticos tienen comunicación inalámbrica. Los datos se recogerán en el campo mediante un miniordenador provisto de una antena y un programa de descarga.

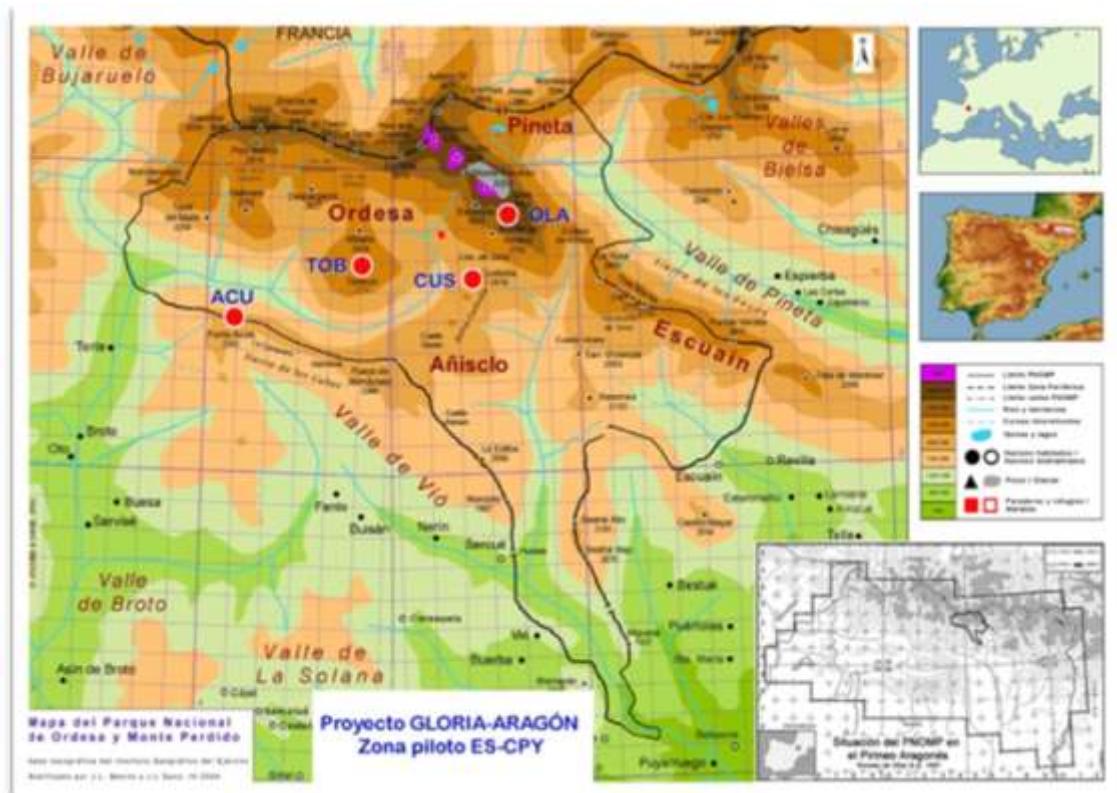
Las visitas a las 12 cimas de las tres zonas piloto de GLORIA-ARAGÓN (ES-CPY, ES-SPY y ES-MON) se realizaron desplazándonos en vehículo todoterreno hasta la base de las montañas y después continuamos a pie.

Como material de trabajo hemos usado cartografía básica, fotos en papel de las parcelas, formularios de localización, GPS, altímetro, termómetros de repuesto (modelo *Geo-Precision MLog5W Data logger*), cintas métricas, cámara de fotos digital, ordenador portátil, antena para comunicación con los termómetros, estacas metálicas y pintura en aerosol.

5.2. Equipo de trabajo

El trabajo de campo para descargar los termómetros de las ZP lo ha realizado el autor de este informe y contratista, José Luis Benito Alonso, con apoyo puntual de la bióloga Ana Isabel Acín Pérez; Luis Villar, Investigador Científico jubilado del Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC (IPE-CSIC) y su hija Sara Villar; más Juan José Fernández, investigador y subdirector del IPE-CSIC. En las cimas del Moncayo contamos con la ayuda de Julián Alcalde, Agente Medioambiental de la Junta de Castilla y León en Soria.

6. Mantenimiento de la zona piloto ES-CPY (Ordesa, Pirineo calizo)



Mapa de situación de la ZP ES-CPY (Pirineo calizo).

Recordemos que el último muestreo completo de flora de esta zona piloto se realizó el año 2015 y está previsto repetirlo en 2022, conjuntamente con las otras 17 ZP europeas con las que iniciamos el proyecto en 2001.



Panorámica del valle de Ordesa desde sierra Custodia desde donde se ven las 4 cimas GLORIA ES-CPY.

Desde hace dos años venimos arrastrando problemas con algunos termómetros que dejan de funcionar súbitamente tras poco más de un año de funcionamiento. Después de algunas averiguaciones hemos llegado a la conclusión de que recibimos una partida de baterías en mal estado que se descargan antes de tiempo y nos han provocado pérdidas de datos en varios registradores.

6.1. Punta Acuta (ACU), 2242 m, (ecotono subalpino-alpino)

Es la cima más baja a la que se accede en todoterreno por la pista que parte desde Torla y sube por Diazas en aproximadamente 45 minutos, la llamada pista de las Cutas. Se deja el vehículo al pie y en menos media hora se llega a la cima.

En esta ocasión no ha habido que reseñar ningún daño por hozada de jabalí, al contrario que en el año 2018 en la que estos animales nos destrozaron una parcela y desapareció un termómetro.

Como el año 2020 sustituimos los aparatos de las orientaciones N, E y W por otros con la batería nueva, este año sólo hemos descargado sin novedad. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Vista NE desde Punta Acuta. A la izquierda el Tobacor. A la derecha, pinar de la Carquera.

6.2. Punta Custodia o Arrablo (CUS), 2519 m (Piso alpino inferior)

Accedimos con vehículo todoterreno por la pista de tierra que parte desde Torla hasta el paraje denominado Siarracils, en la sierra de las Cutas. Desde allí a pie, llegamos en dos horas al pico. Este año tampoco hemos podido acceder hasta Cuello Gordo como hacíamos otros años pues el ayuntamiento de Fanlo ha prohibido el acceso, lo que nos ha supuesto dos horas extra de caminata.

A pesar de que el año pasado sustituimos todos los aparatos por otros con baterías nuevas, ha habido un problema con dos de ellos que hemos tenido que cambiar. Los termómetros del Sur y el Este dejaron de recoger datos el 01/06/2021. Son aparatos afectados por la partida de baterías defectuosas que nos han estado dando problemas estos dos últimos años.



Sustitución del termómetro de la cara Este de Custodia.



Sustitución del termómetro de la cara Sur de Custodia.

En los registradores del Norte y Oeste no se reseñaron novedades. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repaintado marcas.

Por otra parte, en años anteriores comentamos –erróneamente– que el rebaño de ovejas de los hermanos Noguero de Fanlo no tiene un seguimiento diario y que el ganado tiende a sestear en la falda sur de esta montaña. Sin embargo, esto no es así. Despues de hablar con ellos nos dijeron que sus ovejas las tiene controladas y nunca suben a lo alto de Custodia, que las que sestean sin vigilancia allí pertenecen al rebaño de Capradiza (Añisclo).



Parte del rebaño de los hermanos Noguero de Fanlo, en Cuello Gordo, cerca de Custodia.

Sea como fuere, por segundo año consecutivo advertimos que la perturbación que provoca que el uso reiterado de esta cima para sestear está llegando a la zona de las parcelas de muestreo de la cara meridional, acumulándose mayor cantidad de excrementos. Es una circunstancia que habrá que tener en cuenta a la hora de analizar los resultados del muestreo previsto para el año 2022.



Perturbación por sesteo y exceso de excrementos en la cara Sur de Custodia.

6.3. Punta Tobacor (TOB), 2779 m (Piso alpino superior)

Se accede con vehículo todoterreno por la pista de tierra que parte desde Nerín hasta el paraje denominado Siarracils, pues como se ha indicado antes, este año tampoco se nos ha permitido llegar en vehículo hasta Cuello Gordo. Dado que la caminata hasta el Tobacor es muy larga, más todavía por el cierre de la mencionada pista, hemos hecho noche vivaqueando camino de Góriz, de forma que al día siguiente no se haga la jornada de campo tan larga. No hemos querido alojarnos en el refugio de Góriz para evitar problemas por la covid-19. Tras una caminata de más de cerca de cinco horas se llega a la cima.

El termómetro del Oeste, que habíamos cambiado en 2019, ha dejado de funcionar el 05/12/2020 y lo hemos repuesto. Es uno de los aparatos afectados por la partida de baterías defectuosas que nos han estado dando problemas estos dos últimos años.



Sustitución del termómetro de la cara oeste del Tobacor.

No ha habido problemas con los aparatos de las orientaciones N, S y E sustituidos en 2020. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Panorámica del norte y este desde Tobacor del macizo de Monte Perdido.



Panorámica oeste desde Tobacor.

6.4. Punta de las Olas (OLA), 3022 m (Piso subnival)

Se accede con vehículo todoterreno por la pista de tierra que parte desde Nerín hasta el paraje denominado Siarracils. La descarga de estos termómetros la realizó Luis Villar con el apoyo de Sara Villar y Juan José Fernández.

Se procedió a la descarga de los aparatos sin que tengamos que reseñar ninguna incidencia. En este caso no hemos sustituido ningún termómetro ni se han cambiado las pilas pues esta operación ya se realizó en 2019. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Panorámica oeste desde Punta de las Olas, con el valle de Ordesa, el Tobacor y el Soum de Ramond.

7. Mantenimiento de la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)



Mapa de situación de la ZP ES-SPY (Pirineo silíceo)

7.1. Pico de las Tres Güegas (GUE), 2302 m (ecotono piso subalpino-alpino)

Este pico está situado junto al collado de Izas en Formigal (Sallent de Gállego), que separa del valle del Aragón del Gállego. Se accede con vehículo todoterreno por la pista asfaltada de Formigal que lleva a la zona de Sarrios. Desde allí tomamos la pista de tierra que sube a la zona de Izas donde cogemos la pista paralela al telesquí Escarra hasta donde éste acaba. Desde ese punto se llega a la cima andando en 10 minutos.

Este verano de 2021 hemos podido descargar los cuatro termómetros sin novedad. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.

Recordemos que en la visita del verano de 2019 nos llevamos la desagradable sorpresa de que la estación de Formigal había instalado en la cresta un cañón de gas para provocar avalanchas controladas, uno de cuyos tubos pasa a menos de medio metro de la parcela de muestreo del Este, aunque afortunadamente no la atraviesa. Cerca de la cima han instalado un caseton para la maquinaria. Por la parcela W hay una tubería enterrada que alimentan a un cañón de gas, que han sido instalada levantando el césped y volviéndolo a colocar en su sitio. Habrá que tener en cuenta esta circunstancia de cara a los análisis y muestreos posteriores.

En la recuperación de datos de 2019, el termómetro situado al Oeste no daba señal, por lo que procedimos a cambiar el aparato sustituyéndolo por otro. Nos pareció extraño, pues en el verano de 2018 cambiamos las baterías de los cuatro DL (recordemos que tienen una vida útil de 8 años). Tras sustituir la pila en el laboratorio comprobamos que funcionaba y pudimos obtener los registros que estaban almacenados y llegaban hasta marzo de 2019.

El año 2020 tres de los sensores no daban señal, sólo funcionaba el situado al Sur, por lo que procedimos a desenterrarlos y a cambiar los cuatro aparatos por otros con baterías nuevas. Una vez en el laboratorio sustituimos las baterías de los tres que no funcionaban, pudiendo rescatar los datos de dos de ellos, del tercero no fue posible en ese momento. Para intentar averiguar qué les ha podido ocurrir los enviamos a la empresa fabricante, *GeoPrecision* de Alemania, y allí pudieron recuperar los datos del tercer termómetro que nosotros no habíamos podido descargar. El técnico nos indicó que éste tenía un fallo irreparable que hacía que

consumiera más batería de lo normal. Por el contrario, los otros dos aparatos aparentemente no presentaban ningún problema.

Si bien en el informe de 2020 trabajábamos con la hipótesis de que los disparos de los cañones antialudes puedan generar algún tipo de interferencia eléctrica que causara un fallo en nuestros termómetros, ahora creemos que ha sido una partida de baterías defectuosas la que ha causado el problema.



Vista de la cara sur de Tres Güegas.



Tres Güegas, parcela W. Zanja tapada por donde discurre el tubo del cañón de nieve que toca la parcela occidental.

7.2. Vértice de Anayet (ANA), 2555 m (piso alpino inferior)

Se accede por la estación de Formigal desde la zona de Portalet, por una pista, asfaltada primero y de tierra después, que nos conduce hasta lo alto del telesilla de Batallero. Después se llega andando a la cima tras dos horas y media de caminata por la senda que pasa por los ibones de Anayet.



Panorámica oeste desde el Vértice de Anayet, con los principales picos del Pirineo occidental.



Luis Villar, pese a estar jubilado, sigue acompañándonos en las campañas de GLORIA.

Como incidencia diremos que el termómetro del Este se reinició el 22/01/2021 a las 06:00:16. No obstante ha seguido tomando datos con normalidad. Al comparar las gráficas de los cuatro aparatos hemos visto que dicho registrador marcaba un desfase de 7 horas, por lo que hemos procedido a corregirlo añadiendo las horas que faltaban en el momento que se produjo el reinicio.

El resto se han podido descargar sin incidencias. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.

Desde hace unos años venimos advirtiendo un aumento presencia de montañeros en esta cima, pero este verano de 2021 ha sido mucho mayor, lo que provoca el aumento de la erosión que afecta a alguna de nuestras parcelas.

7.3. Pico Bacías (BAC), 2758 m (piso alpino superior)

Normalmente subimos a este pico a pie desde el Balneario de Panticosa (1640 m), tomando la senda que sube hacia los ibones de Brazato y el collado de Batanes, con un desnivel superior a los 1100 m y unas 5 horas de caminata. Sin embargo, este año nos acompañó Juan José Fernández, vicedirector del IPE-CSIC y Luis Villar, investigador jubilado del mismo centro, por lo que optamos por subir en helicóptero desde el helipuerto que tiene la compañía *Helitrans Pyrenees* en Panticosa. El descenso lo hicimos andando hasta el Balneario de Panticosa.

Hemos descargado los datos sin novedad. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.

Recordemos que en 2020 sustituimos los aparatos de las orientaciones N, S y O por otros con la batería nueva, mientras que en 2019 cambiamos el del Este.



Panorámica oeste desde Bacías. Al fondo a la derecha el collado de los Batanes

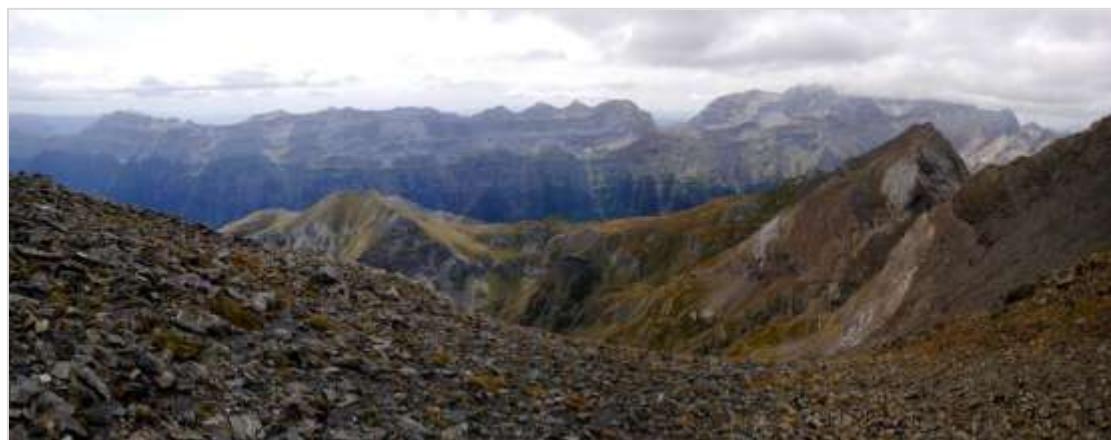


Luis Villar, José Luis Benito y Juan José Fernández (vicedirector del IPE-CSIC), junto al ibón de Brazato, en el descenso de Bacías.

7.4. Robiñera-Morrón de Sobresplucas (ROB), 2827 m (ecotono piso alpino superior-subnival)

Se accede por pista de tierra desde la localidad de Chisagüés, hasta un pequeño aparcamiento situado a 1900 m de altitud, en el paraje denominado fuente de Pietramula (1920 m). Desde allí se llega andando unas 4 horas con unos 1100 m de desnivel, por el camino que sube en dirección hacia el collado Las Puertas-La Munia. Nos desviamos del camino antes de llegar al collado, tomando la senda que va hacia el este en dirección a Robiñera. A unos 2700 m de altitud dejamos el camino y vamos a media ladera hacia el sureste en busca de esta cima secundaria de Robiñera.

Se procedió a la descarga de los aparatos sin incidencias. En este caso no hemos sustituido ningún termómetro ni se han cambiado las pilas pues esta operación ya se realizó en 2019. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Panorámica este desde Robiñera. Al fondo el valle de Pineta y el macizo de Monte Perdido

8. Mantenimiento de la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico, Moncayo)



Mapa de situación y panorámica desde Soria de la ZP ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)

8.1. Desarrollo de los trabajos, resultados preliminares e incidencias reseñables

Las cuatro cimas están situadas en el Sistema Ibérico septentrional, en la Sierra del Moncayo (Zaragoza-Soria). El acceso lo realizamos desde la parte soriana de la sierra. Hay dos pistas de tierra que nos permiten llegar a las distintas cimas: una que parte desde cerca de Beratón (Soria) y que llega hasta el collado de Santa Lucía, ideal para acceder a Peña Lobera, Morca y Moncayo. La otra pista parte desde la carretera de Ágreda a la Aldehuela de Ágreda

hacia el paraje denominado Canto Hincado, ascendiendo hasta los 1900 m de altitud. Desde allí se accede andando en hora y cuarto a la cima de Peña Negrilla. Para ello nos pusimos en contacto con José Manuel Meneses Canalejo, jefe de la Sección de Espacios Naturales y Especies Protegidas del Servicio Territorial de Medio Ambiente en Soria de la Junta de Castilla y León, que nos proporcionó los permisos de acceso, así como el contacto con los Agentes Medioambientales de Ágreda-Ólvega que amablemente nos facilitaron la llave de acceso. Vaya desde aquí nuestro agradecimiento a todos ellos por su inestimable ayuda.

Como en otras ocasiones, el cierzo no dejó de soplar haciendo el trabajo de campo más pesado. Además, en la cima inferior –Peña Negrilla–, la niebla persistente restó mucho la visibilidad y la alta humedad ambiental y el frío redujeron la duración de la batería del ordenador que usamos para hacer las descargas, justo para recoger todos los datos de la cima.

Ante la previsión de que las nubes bajas iban a persistir toda la semana, optamos por volver a la semana siguiente para descargar las otras tres cimas. Ello nos permitió contar con la ayuda del agente medioambiental de la Junta de Castilla y León, Julián Alcalde.



José Luis Benito y Julián Alcalde en San Miguel del Moncayo.

8.2. Peña Negrilla (NEG), 2116 m

El termómetro de la cara Sur dejó de funcionar el 19 de junio de 2020 y el día 29 de septiembre de 2020 sustituimos in situ la batería. Sin embargo, este año 2021 nos hemos encontrado con que tampoco funcionaba, por lo que lo recuperamos y lo sustituimos por otro. Una vez en el despacho le cambiamos la batería, pero aun así seguía sin funcionar. Decidimos enviar el aparato a la empresa *GeoPrecision* de Alemania que los fabrica para que lo analizaran y allí nos indicaron que había dejado de funcionar en septiembre de 2020, al poco tiempo de que cambiáramos la batería y que había tenido un problema electrónico desconocido que lo hacía irrecuperable.



Sustitución de termómetro en la cara Sur de Peña Negrilla.



Día de niebla en Peña Negrilla, cara Este.

Hemos podido descargar el resto de los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca. Hemos reubicado unos hitos para desviar a los montañeros del paso directo por alguna de las parcelas.

8.3. Peña Lobera (LOB), 2226 m

Hemos podido todos los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca. Hemos vuelto a reubicar unos hitos para desviar a los montañeros del paso directo por alguna de las parcelas.



Descarga de datos en Peña Lobera, cara Este.

8.4. Morca (MOR) (Alto del Corralejo o del Collado de las Piedras), 2274 m

Hemos podido descargar los datos correctamente. Hemos repintado alguna marca.



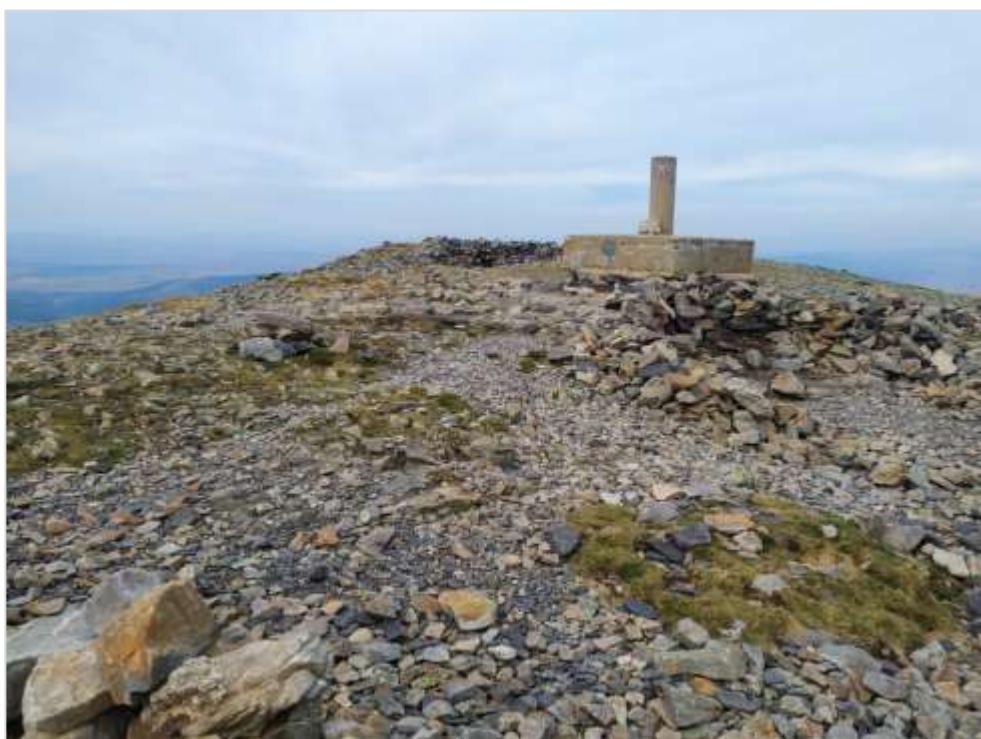
Descarga de datos en Morca, cara Norte. Al fondo Peña Lobera.

8.5. Moncayo o Pico de San Miguel (MON), 2314 m

Hemos podido descargar los datos correctamente. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Descarga de termómetros en la cima del Moncayo.



Vista del vértice geodésico de San Miguel del Moncayo.

9. Resultados preliminares sobre la temperatura del suelo y el periodo vegetativo y de la red GLORIA-Aragón

Las biotas alpinas dependen mucho de la temperatura y de la innivación, entre otros factores climáticos. Los datos relacionados con su régimen son relativamente fáciles de obtener (directamente para la temperatura, indirectamente para la nieve) mediante termómetros de registro automático en miniatura (*T-loggers o data-loggers*) enterrados en el suelo, en nuestro caso, a 10 cm de profundidad. Si un punto determinado queda o no cubierto por la nieve se puede deducir por la forma que adopta la oscilación térmica diurna. En contraste con la temperatura aérea, la medida de la temperatura a 10 cm de profundidad nos permite obtener de un modo fácil e invisible un registro continuo muy importante para la vida vegetal, lo que nos permite calcular el periodo vegetativo (PV), entendido como el lapso de tiempo en el cual la temperatura media diaria es superior o igual a 4°C, y por tanto permite el desarrollo de la vida vegetal, en particular de las raíces que pueden acceder al agua para poner en marcha la maquinaria fisiológica.

Para ello, en cada una de las 12 cimas de GLORA-Aragón tenemos instalados en el suelo 4 termómetros automáticos (48 en total), uno en cada una de las cuatro orientaciones principales (N, S, E, O) de cada cima.

9.1. La T y el PV en la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo)

Hemos analizado los datos de los 16 termómetros automáticos que tenemos instalados desde 2001 en la ZP ES-CPY (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido).

Debemos advertir de que hay algunos huecos, sobre todo en los años 2003-08, pues algunos de los termómetros fallaron. En esa época usábamos el modelo *Tid-Bit* de Hobo, que obligaba a desenterrar el termómetro para tomar los datos, lo cual era un problema, por lo que espaciamos demasiado su descarga, además de no poder cambiar la batería. A partir de 2008 cambiamos el modelo de termómetro, ahora usamos el *GeoPrecision MLog5W* que no hace falta desenterrar pues se descargan mediante una antena de radio a 433 MHz y la batería tiene una vida útil de unos 8 años. En la actualidad ya no se producen tantos fallos de registro, aunque sí que se han producido otros fallos relacionados con errores de programación o agotamiento prematuro de la batería.

Los huecos de información de ACU-S en 2017-2018 se deben a que un jabalí removió toda la parcela y el termómetro desapareció; en verano de 2018 lo repusimos. La falta de datos de TOB-S se debe a que un topo nos robó el aparato. El hueco de TOB-W se debe a un error de programación del termómetro, de forma que sólo tomó datos cada 12 horas en vez de cada hora; en verano de 2019 lo solucionamos. El resto son fallos de batería.

Tal como venimos diciendo en anteriores informes, a pesar de la variabilidad anual que registramos, se confirma la **tendencia de ascenso**, tanto en la temperatura media del suelo, y más marcadamente en la duración del periodo vegetativo (PV), tal como podemos observar en las gráficas que se pueden ver a continuación.

9.1.1. Evolución de la temperatura del suelo

Hemos hecho un análisis de la evolución de la temperatura media diaria del suelo. En esta primera tabla podemos ver un resumen anual de la media de las temperaturas de los cuatro termómetros de cada cima.

Durante el periodo 2002-19, en **Punta Acuta** (2242 m) la T media de la cima es de **5,4°C (±0,5)**; la orientación más cálida es la Sur (6,1±0,7°C), mientras que la más fría es la Norte (4,7±0,6°C). El año más frío de la serie ha sido el 2013 (4,52°C), mientras que el más cálido ha sido el 2015 (6,27°C).

La T promedio de **Custodia** (2519 m) es de **3,9°C ($\pm 0,6$)**; la orientación más cálida es la Sur ($4,5 \pm 0,5$ °C), mientras que la más fría es la Norte ($3,4 \pm 0,6$ °C). El año más frío de la serie ha sido el 2008 (2,7°C), mientras que el más cálido ha sido el 2006 (4,06°C).

La T promedio del **Tobacor** (2779 m) es de **2,1°C ($\pm 0,5$)**; la orientación más cálida es la Sur, si bien tiene una gran variabilidad debido a que faltan datos de siete años ($3,9 \pm 2$ °C). La orientación más fría es la Norte ($1,1 \pm 0,6$ °C). El año más frío de la serie ha sido el 2013 (1,3°C), mientras que el más cálido ha sido el 2003 (2,84°C).

Por último, la T media de la **Punta de las Olas** (3022 m) es de **1,1°C ($\pm 0,6$)**; la orientación más cálida es la Sur ($2,7 \pm 0,6$ °C), mientras que la más fría es la Este ($0,6 \pm 0,9$ °C). El año más frío de la serie ha sido el 2008 (0,23°C), mientras que el más cálido ha sido el 2011 (1,84°C). Cabe decir que la cara oeste tiene mucho afloramiento de roca viva y muy poco suelo que no atenúa tanto las temperaturas extremas.

Hemos calculado el **gradiente térmico del suelo** en nuestra zona piloto. La T media desciende **0,55°C ($\pm 0,04$)** cada 100 metros de altitud.

Tablas de la temperatura media anual (°C) por orientaciones y promedio, en ES-CPY, 2002-2019											
T (°C)		Punta Acuta (2242 m)				Punta Custodia (2519 m)					
AÑO		N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2002		4,49	5,94	5,22	5,05	5,14	3,40	4,45	4,06	3,64	3,82
2003		4,90	5,70	5,84	5,22	5,37	4,47	4,85	4,30	*	4,50
2004		3,60	5,16	4,74	4,87	4,56	3,19	4,20	3,47	*	3,59
2005		4,76	5,56	5,20	5,33	5,00	3,08	4,31	3,69	2,52	3,64
2006		*	*	6,07	6,24	6,11	4,25	5,37	4,54	4,45	4,61
2007		*	*	5,28	5,45	5,33	3,16	4,42	3,17	3,27	3,47
2008		6,01	7,35	4,87	5,03	4,86	2,02	3,41	2,51	3,03	2,70
2009		4,97	6,52	5,90	5,90	5,78	4,05	5,03	4,60	4,23	4,43
2010		3,81	5,29	4,46	5,08	4,61	3,33	4,02	3,18	2,98	3,33
2011		4,95	6,69	6,11	6,44	6,01	4,22	5,04	4,84	4,15	4,52
2012		4,44	6,40	5,65	5,91	5,54	3,39	4,40	3,89	3,71	3,78
2013		3,53	5,16	4,60	4,97	4,52	2,27	3,41	2,95	2,75	2,79
2014		4,78	6,18	5,74	6,02	5,64	3,65	4,64	4,35	3,69	4,04
2015		5,27	6,78	6,47	6,78	6,27	3,86	4,99	4,75	4,58	4,49
2016		5,19	6,00	6,04	5,87	5,74	3,37	4,38	4,25	3,75	3,91
2017		5,24	*	6,24	6,52	5,97	3,79	5,13	4,59	4,72	4,52
2018		4,38	*	5,45	5,55	5,20	2,89	3,99	3,87	3,32	3,47
2019		4,84	6,83	6,06	6,13	5,92	3,41	4,72	4,22	4,10	4,07
2020		5,13	6,70	6,19	5,85	5,92	3,90	4,65	4,73	3,79	3,89
MED		4,72	6,15	5,59	5,69	5,45	3,46	4,50	4,00	3,69	0,58
DEST		0,64	0,68	0,60	0,58	0,55	0,63	0,54	0,68	0,64	4,61
MAX		6,01	7,35	6,47	6,78	6,27	4,47	5,37	4,84	4,72	2,70
MIN		3,53	5,16	4,46	4,87	4,52	2,02	3,41	2,51	2,52	3,89

T (°C)		Punta Tobacor (2779 m)					Punta de las Olas (3022 m)				
AÑO		N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2002	0,73	3,33	1,75	1,68	1,68	1,68	-0,17	1,79	-0,09	0,83	0,51
2003	1,88	*	3,54	3,21	2,84	2,84	1,67	*	1,81	1,63	1,66
2004	1,44	*	2,33	2,13	1,93	1,93	0,86	*	0,69	1,01	0,82
2005	0,84	*	2,15	1,16	1,35	1,35	0,16	1,72	-0,52	1,45	0,52
2006	*	*	2,99	2,50	2,70	2,70	0,52	3,20	*	*	1,82
2007	*	*	2,68	2,28	2,45	2,45	0,90	2,27	*	*	1,56
2008	1,95	9,71	1,37	1,59	1,86	1,86	-0,84	1,81	-1,91	0,83	0,23
2009	1,59	*	3,26	2,38	2,38	2,38	1,15	3,02	-0,03	1,54	1,39
2010	0,52	*	2,73	1,67	1,60	1,60	-1,44	2,90	-0,21	0,42	0,39
2011	1,53	4,45	3,98	2,34	2,68	2,68	1,32	3,51	1,38	1,29	1,84
2012	0,98	3,03	3,09	1,36	2,06	2,06	0,80	2,85	-0,27	1,24	1,11
2013	-0,16	2,71	2,38	0,48	1,31	1,31	-0,22	2,55	-1,21	0,33	0,32
2014	0,90	2,95	2,94	1,70	2,10	2,10	0,92	2,35	0,08	1,11	1,09
2015	1,39	3,74	2,71	1,76	2,34	2,34	1,45	3,25	0,50	1,36	1,59
2016	1,08	3,37	2,48	1,49	2,08	2,08	1,32	3,45	0,62	1,57	1,71
2017	1,27	3,49	3,03	2,43	2,53	2,53	1,39	3,46	0,51	1,68	1,73
2018	0,23	2,97	2,09	*	1,63	1,63	-0,57	3,04	-0,62	0,81	0,62
2019	1,08	3,66	2,60	*	2,28	2,28	0,94	2,85	0,08	1,53	1,32
2020	1,31	2,18	2,83	1,99	1,94	1,94	0,90	2,61	1,18	1,49	1,51
MED	1,09	3,80	2,68	1,89	2,09	2,09	0,58	2,74	0,12	1,18	1,14
DEST	0,56	1,95	0,61	0,63	0,45	0,45	0,86	0,59	0,92	0,42	0,57
MAX	1,95	9,71	3,98	3,21	2,84	2,84	1,67	3,51	1,81	1,68	1,84
MIN	-0,16	2,18	1,37	0,48	1,31	1,31	-1,44	1,72	-1,91	0,33	0,23

Promedio anual de la Tº media y tendencia (línea discontinua) de las cimas de ES-CPY (Ordesa), 2002-20

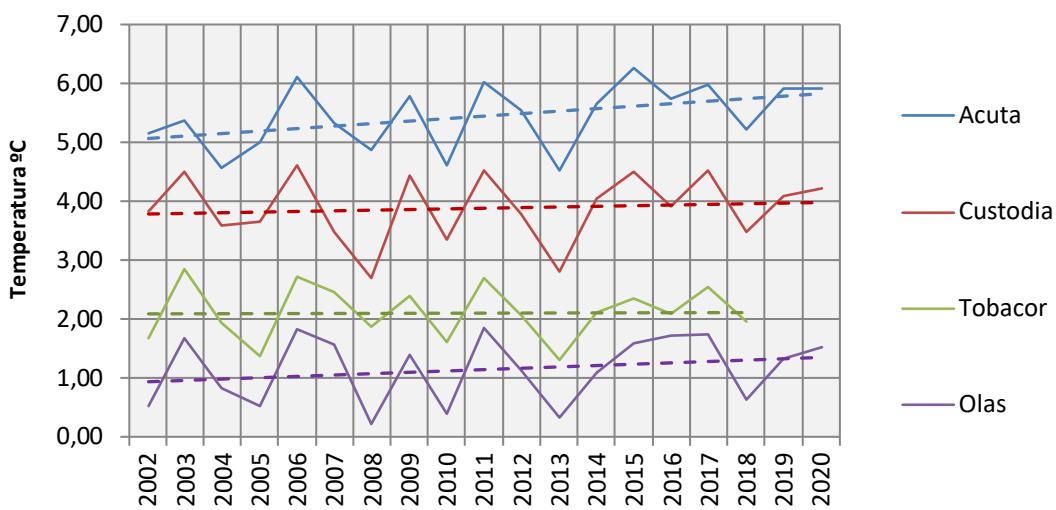
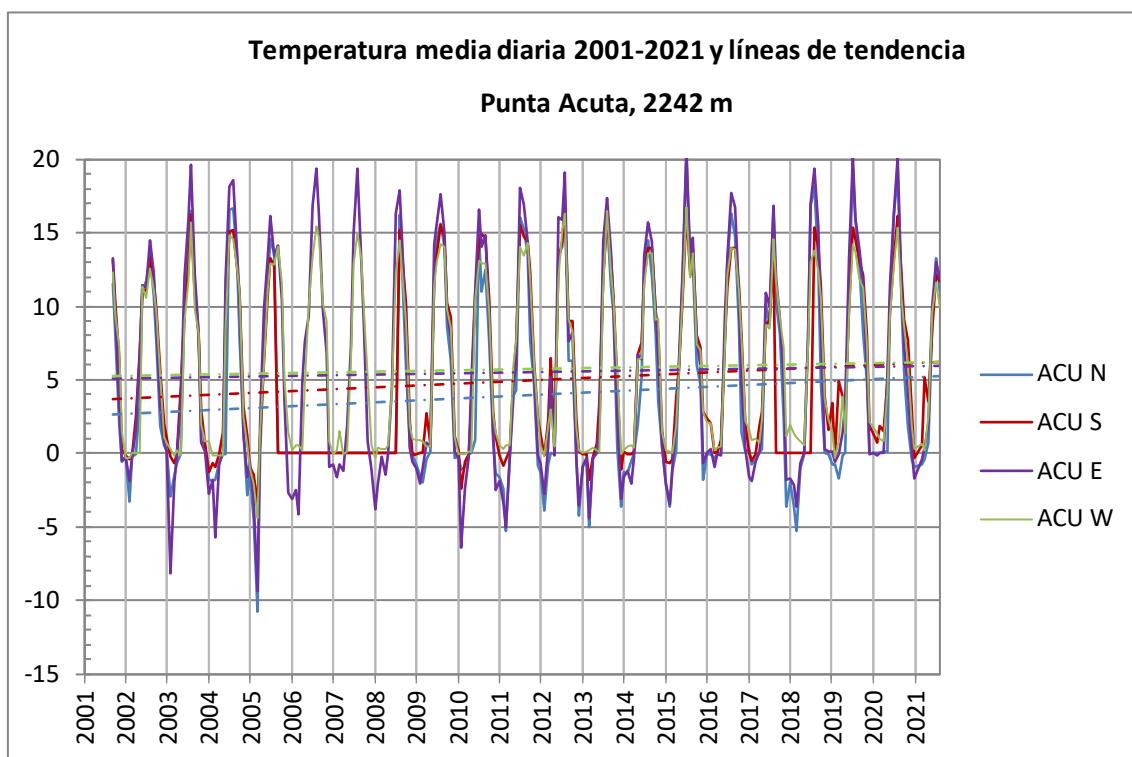
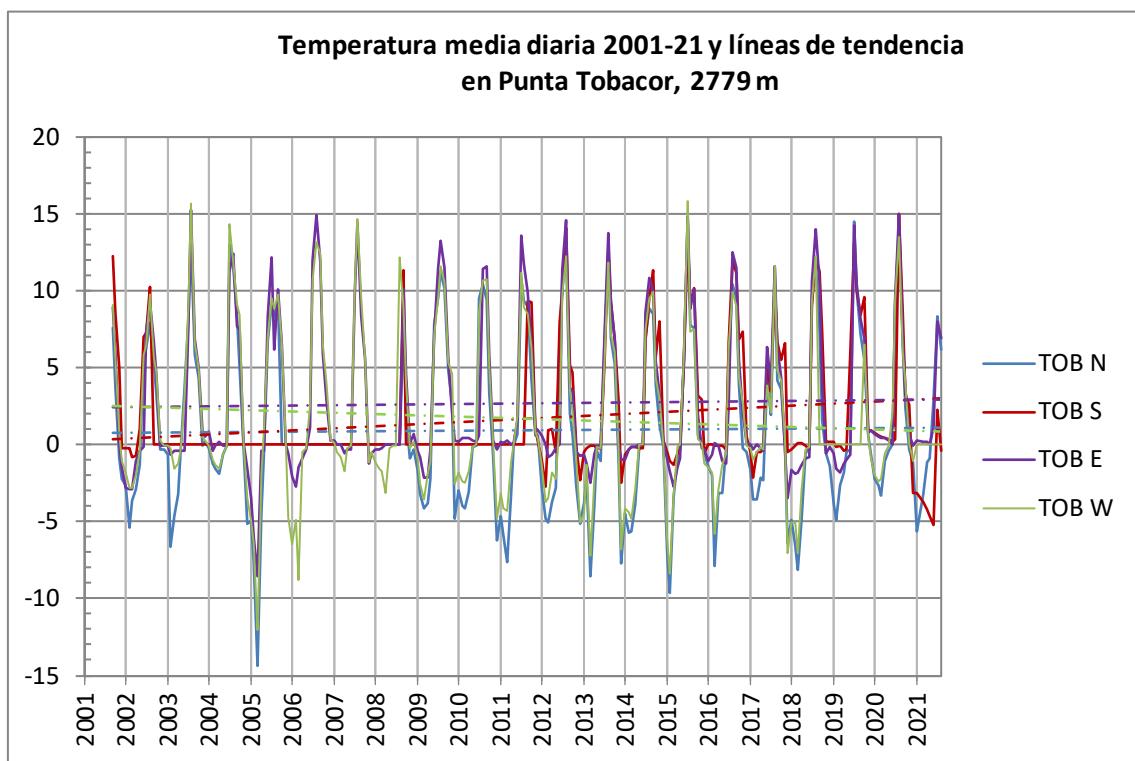
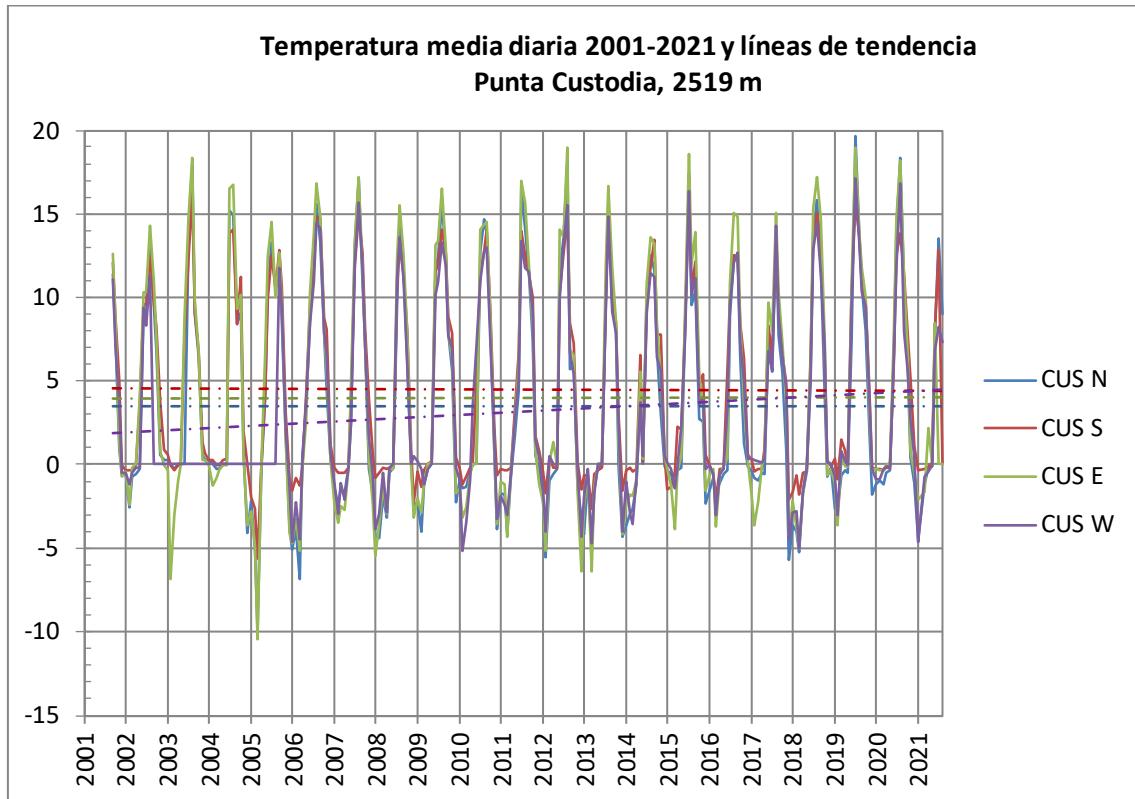
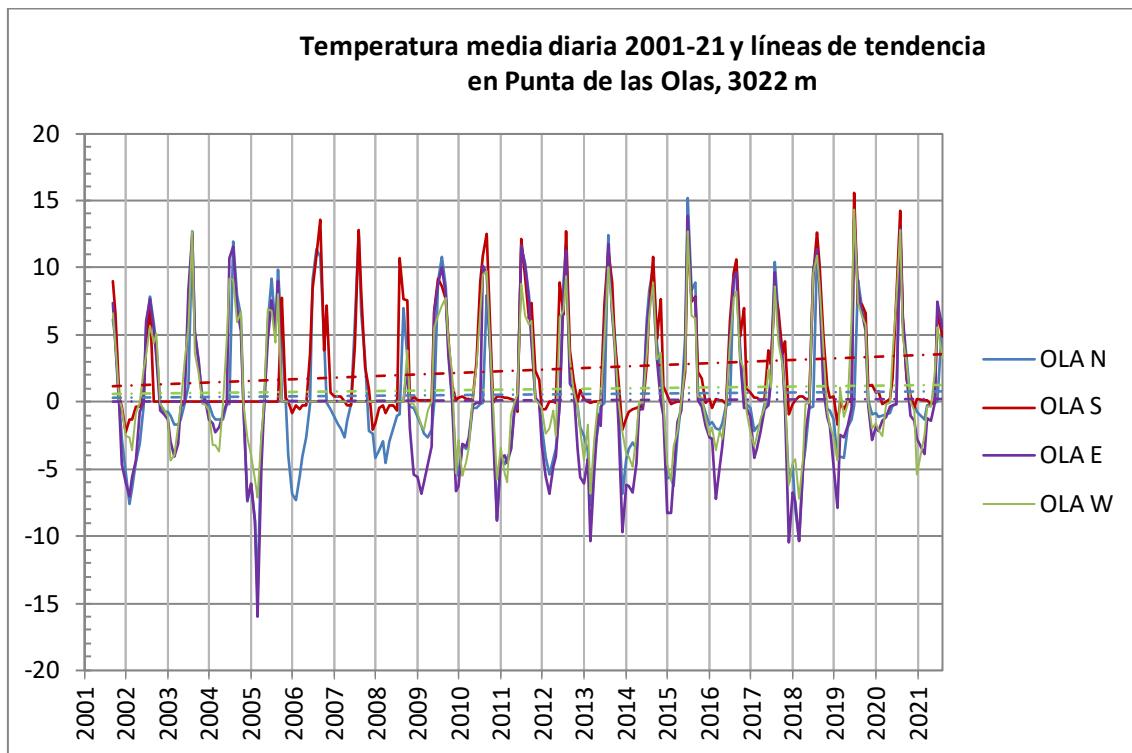


Tabla de temperaturas mínimas y máximas absolutas, por orientación, en ES-CPY (Ordesa), 2001-2021								
	MÍNIMAS ABSOLUTAS				MÁXIMAS ABSOLUTAS			
	N	S	E	W	N	S	E	W
ACU	-13,24 01/3/2005	-4,45 12/2/10	-12,96 01/3/05	-6,33 28/02/05	27,97 14/7/15	27,10 13/7/15	30,04 14/7/15	22,96 24/7/08
CUS	-13,91 23/02/05	-11,04 5/02/15	-14,56 13/02/12	-12,73 13/02/12	29,00 17/7/21	28,28 14/7/15	29,12 21/7/05	23,36 14/7/15
TOB	-17,44 6/02/15	-13,86 13/02/12	-11,79 21/01/05	-14,73 6/02/15	20,38 14/7/15	24,53 06/8/21	23,64 24/7/06	25,74 3/8/03
OLA	-17,25 01/3/05	-7,28 14/12/01	-17,98 27/01/05	-14,17 6/02/15	21,60 14/7/15	28,21 18/8/12	21,12 16/7/15	25,44 5/8/20







9.1.2. Evolución del periodo vegetativo

El **periodo vegetativo** (PV) medio es el tiempo teórico durante el cual las plantas pueden realizar un ciclo vital, desde el desarrollo de sus estructuras vegetativas, pasando por la floración hasta la fructificación. Se estima que el desarrollo de las plantas se puede iniciar y mantener cuando la temperatura media diaria es igual o superior a los 4 °C; a partir de entonces el agua del suelo está disponible para las raíces y comienza el desarrollo.

Durante el periodo 2002-20, hemos calculado que en **Punta Acuta** (2242 m) el PV es de menos de **6 meses (178,6 días)**; la orientación con un PV más prolongado es la Sur (195,8 días, 6,5 meses), mientras que la que lo tiene más corto es la Norte (157,5 días, 5,2 meses), con una diferencia de PV entre ambas de más de un mes (38,3 días).

El PV promedio de **Custodia** (2519 m) es de **5 meses (150,9 días)**; la orientación en la que es más corto es la Norte (139,7 días; 4,7 meses), y más largo en el Sur (160,4 días; 5,3 meses), con una diferencia de PV entre ambas de 20,7 días.

El PV del **Tobacor** (2779 m) es de **casi 4 meses (115 días)**. No obstante, debemos advertir que tenemos huecos por fallos en los termómetros de la cara Sur desde 2002 a 2011, y en la cara Norte de 2005 a 2008, por ello, además de la gráfica general de PV hemos elaborado las correspondientes a las orientaciones E y O donde se confirma más claramente la tendencia ascendente del PV. La ladera más fría es la Norte (108,9 días; 3,6 meses), mientras que la más cálida es la Sur (126,2 días; 4,2 meses), con una diferencia de PV entre ambas de 25,6 días.

Por último, el PV de la **Punta de las Olas** (3022 m) es de **algo más de 3 meses (97,3 días)**. La vertiente con el PV más corto es la Norte (84,9 días; 2,8 meses) y la que lo tiene más amplio es la Sur (110,9 días; 3,7 meses), con una diferencia de PV entre ambas de 26 días.

Hemos calculado el **gradiente altitudinal de descenso del PV**. Así, cada 100 metros de altitud el PV desciende 9,1 días (± 3), es decir, casi un mes (27,3 días) cada 300 m de desnivel.

Gracias a los datos de la **estación meteorológica de Góriz** (2195 m) que tenemos desde 2001-2019, podemos decir que, cuando se registra la primera nevada en Góriz, el suelo en la

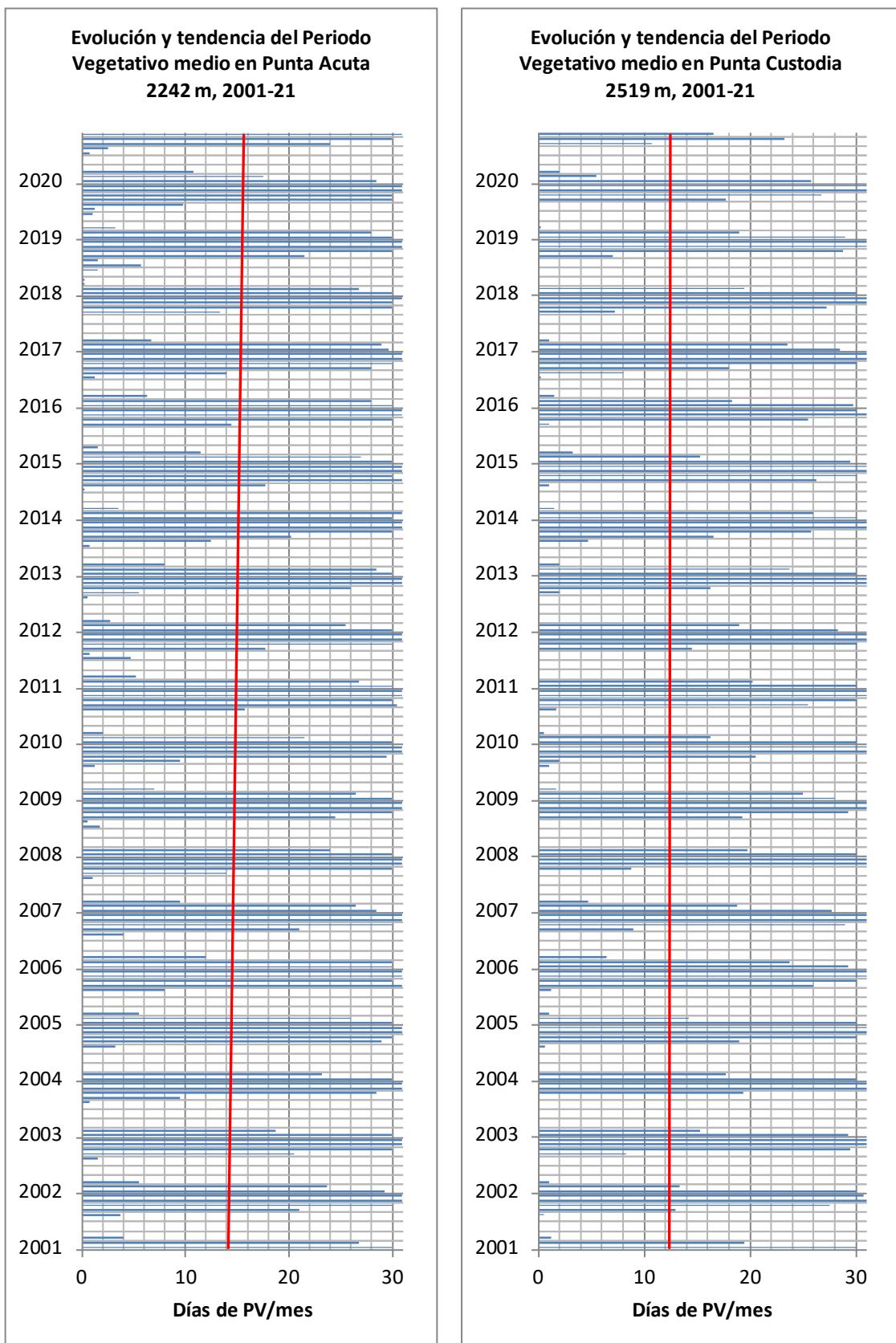
cumbre de Punta de las Olas (3022 m) se congela de manera continua, y generalmente una semana antes se produce el descenso de la temperatura media diaria por debajo de los 4°C.

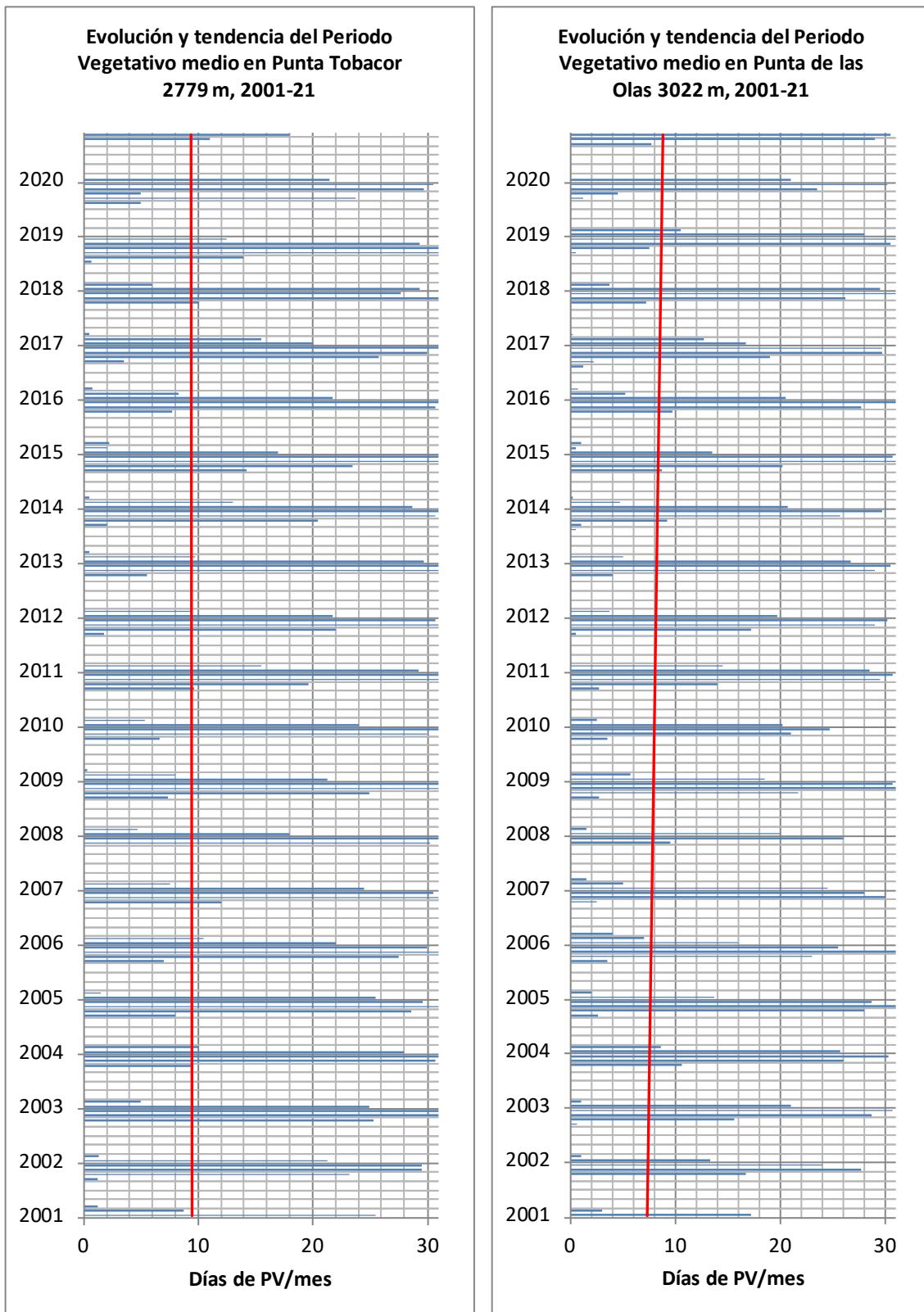
Entre los **datos extremos**, cabe destacar los dos períodos vegetativos más cortos que hemos podido medir en la cara norte de la Punta de las Olas, los años 2008 y 2010, con 39 y 26 días respectivamente (frente a la media del periodo de 86,5 días), en los que la innivación fue especialmente copiosa y se mantuvo hasta el mes de agosto (días 6 y 26 respectivamente). El año 2020 el PV también fue corto (56 días en la cara N y 93 en la S) pues, según nuestros datos, el deshielo no finalizó hasta el día 28 de julio.

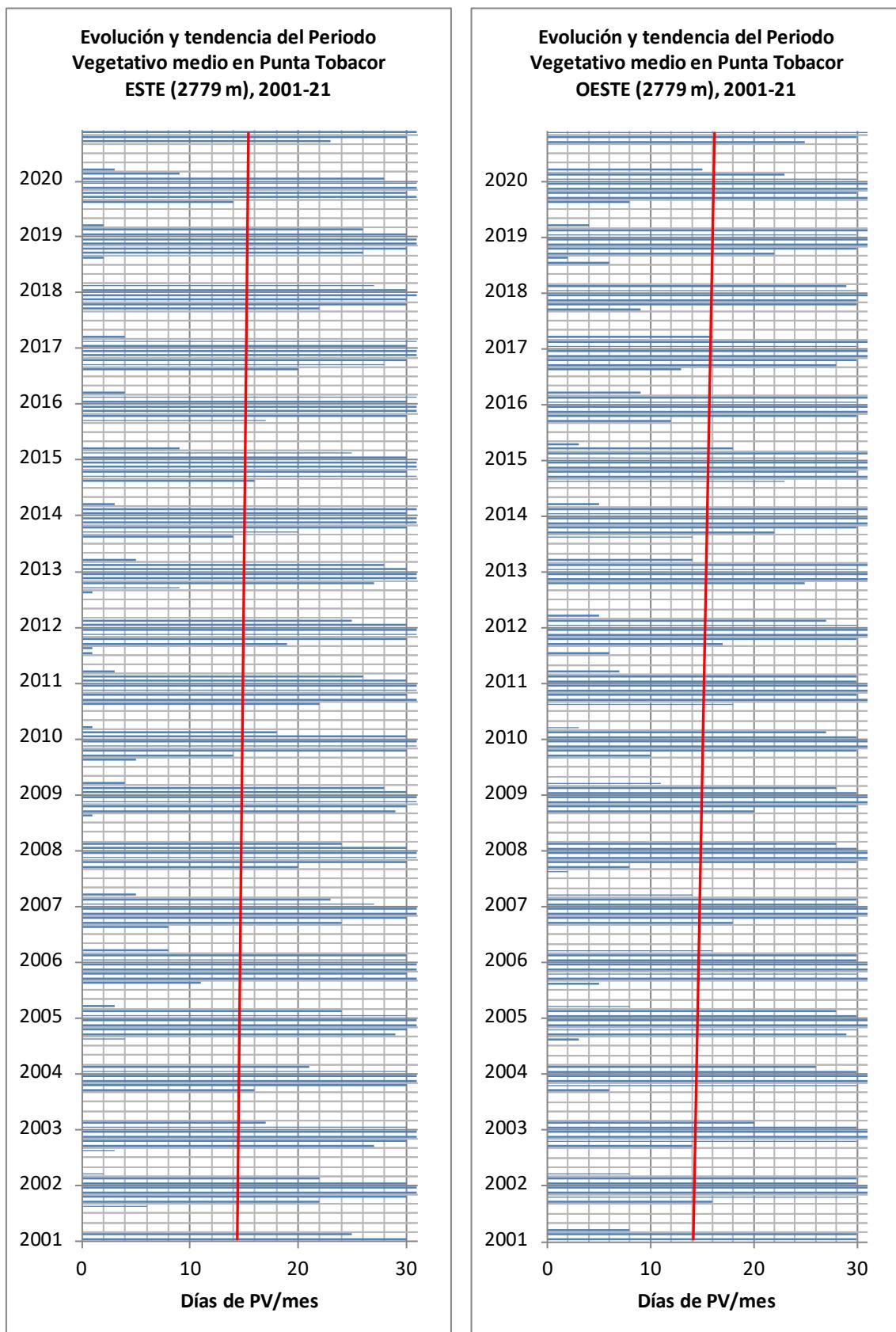
A continuación, mostramos las tablas de datos correspondiente a las gráficas de evolución del periodo vegetativo (media diaria ≥ 4°C), por días y meses.

Tabla del periodo vegetativo (PV) anual en la ZP ES-CPY , contado en días, desglosado por orientaciones. En cada orientación indicamos en rojo los valores de PV máximos y en azul los mínimos																
PV ANUAL en días	Punta Acuta (ACU) 2242 m				Punta Custodia (CUS) 2519 m				Tobacor (TOB) 2779 m				Punta de las Olas (OLA) 3022 m			
	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
2002	153	198	174	176	136	159	152	*	97	*	105	111	86	*	87	76
2003	151	175	169	156	133	154	146	*	111	*	121	120	82	*	108	103
2004	135	168	159	154	121	140	126	*	109	*	103	115	91	*	100	113
2005	*	*	182	190	149	163	160	*	*	*	126	124	106	*	*	*
2006	*	*	202	204	165	195	171	184	*	*	120	136	100	120	*	*
2007	*	*	179	184	133	171	149	152	*	*	108	103	86	97	*	*
2008	*	*	166	160	114	126	116	126	*	*	*	86	39	78	*	*
2009	167	197	184	181	158	173	172	158	120	*	123	129	101	121	106	114
2010	134	167	160	162	126	138	121	144	95	*	91	105	26	100	72	90
2011	174	215	204	208	164	175	171	168	126	*	141	133	111	135	116	118
2012	161	188	168	177	151	159	150	155	111	134	111	111	98	109	95	100
2013	148	170	162	162	128	138	139	139	105	111	108	106	85	106	92	98
2014	170	206	190	194	158	175	165	168	112	139	124	131	87	107	91	83
2015	180	233	203	228	146	187	169	167	108	141	120	115	109	116	97	101
2016	150	185	174	174	119	149	141	139	90	120	94	97	75	126	85	94
2017	174	*	205	210	151	184	175	175	103	149	129	124	100	134	95	118
2018	152	*	170	159	133	153	152	146	103	115	101	*	77	110	95	109
2019	161	208	178	187	137	153	143	151	117	128	112	*	98	111	106	117
2020	152	235	177	199	132	156	139	132	126	99	114	123	56	93	80	93
MED	157,5	195,8	179,3	182,4	139,7	160,4	150,4	153,6	108,9	126,2	113,9	115,8	84,9	110,9	95,0	101,8
DEST	13,8	23,1	15,2	21,1	15,4	18,4	17,7	16,5	10,6	16,2	12,8	13,6	22,8	15,4	11,4	13,1
MESES	5,2	6,5	6,0	6,1	4,7	5,3	5,0	5,1	3,6	4,2	3,8	3,9	2,8	3,7	3,2	3,4
MÁX	180	235	205	228	165	195	175	184	126	149	141	136	111	135	116	118
MÍN	134	167	159	154	114	126	116	126	90	99	91	86	26	78	72	76
MED. CIMA DEST	178,45				150,88				115,07				97,31			
	± 22,19				± 18,39				± 13,87				± 19,10			

Tabla del periodo vegetativo (PV) anual en ES-CPY, 2020-2020, contado en meses, por orientaciones. Se incluye la media del periodo, así como el PV máximo y mínimo (en rojo los años en los que faltan datos de alguna orientación)																					
PV ANUAL Meses	Punta Acuta (ACU) 2242 m					Punta Custodia (CUS) 2519 m					Tobacor (TOB) 2779 m					Punta de las Olas (OLA) 3022 m					
	FECHA	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
2002	5,8	5,1	6,6	5,8	5,9		5,0	4,5	5,3	5,1	*	3,5	3,2	*	3,5	3,7	2,8	2,9	*	2,9	2,5
2003	5,4	5,0	5,8	5,6	5,2		4,8	4,4	5,1	4,9	*	3,9	3,7	*	4,0	4,0	3,3	2,7	*	3,6	3,4
2004	5,1	4,5	5,6	5,3	5,1		4,3	4,0	4,7	4,2	*	3,6	3,6	*	3,4	3,8	3,4	3,0	*	3,3	3,8
2005	6,2	*	*	6,1	6,3		5,2	5,0	5,4	5,3	*	4,2	*	*	4,2	4,1	3,5	3,5	*	*	*
2006	6,8	*	*	6,7	6,8		6,0	5,5	6,5	5,7	6,1	4,3	*	*	4,0	4,5	3,7	3,3	4,0	*	*
2007	6,1	*	*	6,0	6,1		5,0	4,4	5,7	5,0	5,1	3,5	*	*	3,6	3,4	3,1	2,9	3,2	*	*
2008	5,4	*	*	5,5	5,3		4,0	3,8	4,2	3,9	4,2	2,9	*	*	*	2,9	2,0	1,3	2,6	*	*
2009	6,1	5,6	6,6	6,1	6,0		5,5	5,3	5,8	5,7	5,3	4,1	4,0	*	4,1	4,3	3,7	3,4	4,0	3,5	3,8
2010	5,2	4,5	5,6	5,3	5,4		4,4	4,2	4,6	4,0	4,8	3,2	3,2	*	3,0	3,5	2,4	0,9	3,3	2,4	3,0
2011	6,7	5,8	7,2	6,8	6,9		5,7	5,5	5,8	5,7	5,6	4,4	4,2	*	4,7	4,4	4,0	3,7	4,5	3,9	3,9
2012	5,8	5,4	6,3	5,6	5,9		5,1	5,0	5,3	5,0	5,2	3,9	3,7	4,5	3,7	3,7	3,4	3,3	3,6	3,2	3,3
2013	5,4	4,9	5,7	5,4	5,4		4,5	4,3	4,6	4,6	4,6	3,6	3,5	3,7	3,6	3,5	3,2	2,8	3,5	3,1	3,3
2014	6,3	5,7	6,9	6,3	6,5		5,6	5,3	5,8	5,5	5,6	4,2	3,7	4,6	4,1	4,4	3,1	2,9	3,6	3,0	2,8
2015	7,0	6,0	7,8	6,8	7,6		5,6	4,9	6,2	5,6	5,6	4,0	3,6	4,7	4,0	3,8	3,5	3,6	3,9	3,2	3,4
2016	5,7	5,0	6,2	5,8	5,8		4,6	4,0	5,0	4,7	4,6	3,3	3,0	4,0	3,1	3,2	3,2	2,5	4,2	2,8	3,1
2017	6,5	5,8	*	6,8	7,0		5,7	5,0	6,1	5,8	5,8	4,2	3,4	5,0	4,3	4,1	3,7	3,3	4,5	3,2	3,9
2018	5,3	5,1	*	5,7	5,3		4,9	4,4	5,1	5,1	4,9	3,5	3,4	3,8	3,4	*	3,3	2,6	3,7	3,2	3,6
2019	6,1	5,4	6,9	5,9	6,2		4,9	4,6	5,1	4,8	5,0	4,0	3,9	4,3	3,7	*	3,6	3,3	3,7	3,5	3,9
2020	6,4	5,1	7,8	5,9	6,6		4,7	4,4	5,2	4,6	4,4	3,9	4,2	3,3	3,8	4,1	2,7	1,9	3,1	2,7	3,1
MED	6,0	5,2	6,5	6,0	6,1		5,0	4,7	5,3	5,0	5,1	3,8	3,6	4,2	3,8	3,9	3,2	2,8	3,7	3,2	3,4
DEST	0,6	0,5	0,8	0,5	0,7		0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,8	0,5	0,4	0,4
MÁX	7,0	6,0	7,8	6,8	7,6		6,0	5,5	6,5	5,8	6,1	4,4	4,2	5,0	4,7	4,5	4,0	3,7	4,5	3,9	3,9
MÍN	5,1	4,5	5,6	5,3	5,1		4,0	3,8	4,2	3,9	4,2	2,9	3,0	3,3	3,0	2,9	2,0	0,9	2,6	2,4	2,5
DIF	1,9	1,5	2,3	1,5	2,5		1,9	1,7	2,3	2,0	1,9	1,6	1,2	1,7	1,7	1,7	2,1	2,8	1,9	1,5	1,4
MEDIA CIMA	5,9±0,7						5,0±0,6					3,8±0,5					3,2±0,6				







9.2. La T y el PV en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)

A continuación, analizamos los datos de los 16 termómetros automáticos que tenemos instalados desde verano de 2011 en la zona piloto ES-SPY, Valle de Tena y Robiñera, correspondiente a la alta montaña del Pirineo silíceo.

9.2.1. Evolución de la temperatura del suelo

Durante el periodo 2012-20, en la cima de las **Tres Güegas** (2302 m) la T media fue de **4,9°C** ($\pm 0,45$); la orientación más cálida es la Sur ($6,2 \pm 0,5^\circ\text{C}$), mientras que la más fría es la Norte ($3,6 \pm 0,96^\circ\text{C}$). El año más frío de la serie ha sido el 2013 ($4,05^\circ\text{C}$), mientras que el más cálido fue 2015 ($5,45^\circ\text{C}$).

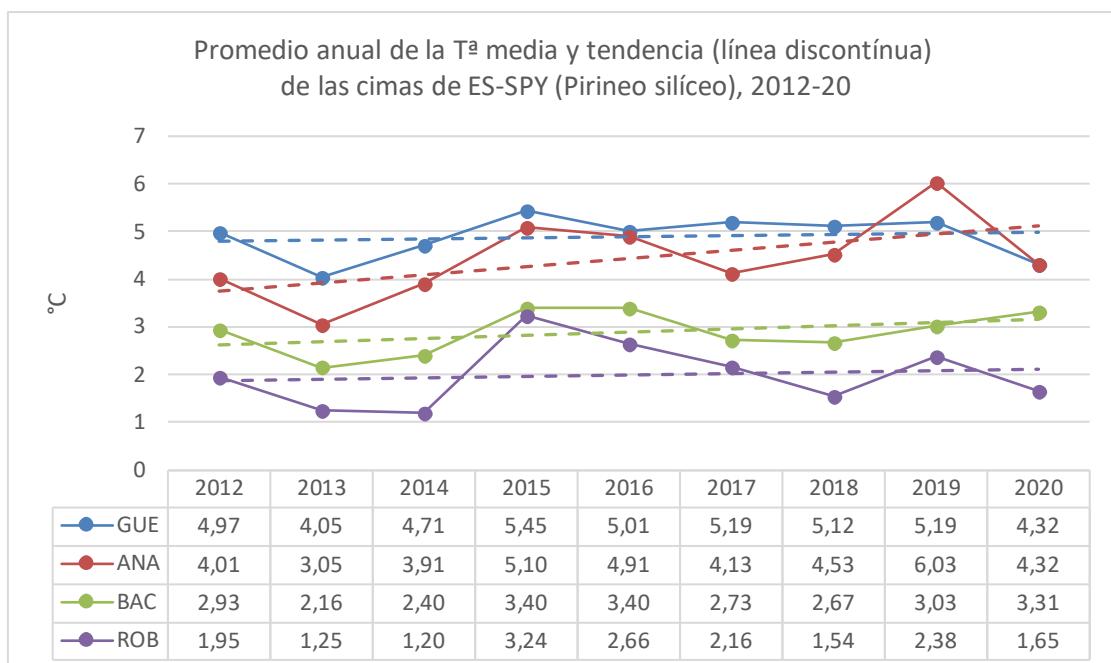
La T promedio del **Vértice de Anayet** (2555 m) es de **4,4°C** ($\pm 0,84$); la orientación más cálida es la Sur ($6,38 \pm 0,86^\circ\text{C}$). La orientación más fría es la Norte ($2,56 \pm 0,82^\circ\text{C}$). El año más frío de la serie ha sido el 2013 ($3,05^\circ\text{C}$), mientras que el más cálido fue 2019 ($6,03^\circ\text{C}$).

La T promedio del **Bacías** (2731 m) es de **2,89°C** ($\pm 0,4$); la orientación más cálida es la Sur ($4,95 \pm 0,5^\circ\text{C}$), mientras que la más fría es la Oeste ($0,86 \pm 0,67^\circ\text{C}$). En esta cima la orientación occidental está bien protegida de los vientos que puedan barrer la nieve por lo que se puede acumular en mayor cantidad. El año más frío de la serie ha sido el 2013 ($2,16^\circ\text{C}$), mientras que los más cálidos han sido el 2015 y 2016 ($3,4^\circ\text{C}$).

Por último, la T promedio la cima superior, el **Morrón de Sobresplucas de la cresta meridional de Robiñera** (2827 m) es de **2,00°C** ($\pm 0,7$); su orientación más cálida es la Oeste ($3,24 \pm 0,84^\circ\text{C}$), mientras que la más fría es la Este ($0,62 \pm 0,91^\circ\text{C}$). En esta cima la orientación meridional tiene un buen suelo que alberga un pasto denso, motivo por el cual creemos que ejerce un efecto tampón que impide un mayor calentamiento veraniego. Por el contrario, las vertientes norte y este son muy pedregosas, tiene poco suelo y en verano se calienta más. El año más frío de la serie ha sido el 2013 ($1,25^\circ\text{C}$), mientras que el más cálido ha sido el 2015 ($3,24^\circ\text{C}$).

Tablas de las temperaturas medias anuales en ES-SPY (Pirineo silíceo), de 2012 a 2020, por orientaciones y en promedio de la cima											
T °C	Punta de las Tres Güegas (2302 m)					Vértice de Anayet (2555 m)					
	AÑO	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
2012	4,97	4,34	6,40	4,68	4,48		4,01	1,73	6,57	5,95	1,79
2013	4,05	2,78	5,29	4,03	4,08		3,05	1,53	4,87	4,20	1,60
2014	4,71	3,62	5,66	4,69	4,86		3,91	1,73	5,93	5,93	2,06
2015	5,45	3,90	6,98	5,45	5,44		5,10	3,43	6,38	6,33	4,25
2016	5,01	3,93	6,10	5,01	5,02		4,91	2,59	7,23	7,02	2,79
2017	5,19	3,98	6,46	4,80	5,50		4,13	2,25	5,91	5,78	2,57
2018	5,12	4,09	5,95	5,57	4,89		4,53	2,63	6,16	6,01	3,33
2019	5,19	4,43	6,35	4,80	ND		6,03	3,63	7,94	8,33	4,22
2020	4,32	1,38	6,39	5,19	ND		4,32	3,51	6,40	3,78	3,58
PROMEDIO	4,89	3,61	6,17	4,91	4,90		4,44	2,56	6,38	5,92	2,91
DEST	0,45	0,96	0,50	0,46	0,50		0,84	0,82	0,86	1,36	1,00

T °C	Bacías (2731 m)					Robiñera, Morrón de Sobresplucas (2827 m)				
AÑO	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
2012	2,93	1,22	5,11	5,05	0,36	1,95	1,29	2,73	0,66	3,10
2013	2,16	0,49	4,24	4,08	-0,17	1,25	0,19	1,91	0,00	2,90
2014	2,40	0,99	4,19	4,03	0,40	1,20	0,49	1,23	0,09	2,97
2015	3,40	2,13	5,33	4,65	1,49	3,24	3,26	3,60	2,21	3,89
2016	3,40	1,79	5,34	5,05	1,42	2,66	2,14	3,05	1,66	3,78
2017	2,73	1,15	4,69	4,31	0,75	2,16	1,15	3,04	0,96	3,48
2018	2,67	0,72	5,08	4,59	0,31	1,54	0,64	2,42	-0,80	3,91
2019	3,03	1,90	5,67	ND	1,50	2,38	1,63	3,42	0,59	3,88
2020	3,31	1,76	4,93	4,89	1,66	1,65	1,88	3,25	0,19	1,29
PROMEDIO	2,89	1,35	4,95	4,58	0,86	2,00	1,41	2,74	0,62	3,24
DEST	0,44	0,57	0,50	0,41	0,67	0,68	0,95	0,77	0,91	0,84



Tablas de las temperaturas medias mensuales en ES-SPY, durante el periodo septiembre 2011-agosto 2021, por orientaciones y en promedio de la cima										
T °C	Punta de las Tres Güegas (2302 m)					Vértice de Anayet (2555 m)				
MES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
09/2011	11,49	9,43	13,64	11,91	10,96	11,04	10,18	11,99	11,34	10,63
10/2011	6,03	2,56	9,51	5,75	6,31	9,22	4,68	14,40	13,27	4,53
11/2011	1,37	0,62	2,50	1,07	1,28	2,48	0,31	4,70	4,32	0,58
12/2011	-0,52	-1,61	1,15	-1,33	-0,27	1,92	0,05	4,05	3,98	-0,38
01/2012	-1,33	-1,28	0,76	-3,09	-1,71	-0,58	-0,77	0,09	-0,10	-1,54
02/2012	-3,05	-1,51	-0,25	-6,17	-4,26	-3,02	-4,00	-0,30	-1,65	-6,14
03/2012	-0,09	-0,99	0,99	-0,67	0,33	0,02	-5,96	5,14	5,15	-4,23
04/2012	0,37	-0,07	1,68	-0,20	0,06	3,49	-3,20	9,65	8,99	-1,48
05/2012	3,88	1,75	5,20	4,16	4,39	-0,32	-0,56	0,01	-0,14	-0,59

06/2012	12,23	12,50	12,23	13,64	10,55	12,61	9,77	15,07	14,05	11,56
07/2012	15,23	15,53	15,24	16,77	13,40	11,87	10,69	13,64	12,53	10,65
08/2012	15,88	15,46	16,50	17,19	14,36	15,95	14,50	17,22	16,38	15,69
09/2012	10,59	8,51	12,98	10,73	10,14	5,97	3,61	9,05	8,33	2,90
10/2012	5,69	3,84	7,85	5,30	5,77	6,12	2,80	9,43	9,33	2,92
11/2012	1,05	-0,16	2,84	0,29	1,22	-0,01	-1,36	1,36	1,35	-1,41
12/2012	-0,77	-1,47	0,73	-1,81	-0,52	-4,00	-4,81	-1,47	-2,87	-6,88
01/2013	-0,58	-0,90	0,82	-1,20	-1,05	-1,57	-2,28	-0,01	-0,85	-3,14
02/2013	-0,93	-0,42	0,67	-1,98	-1,98	-0,66	-1,35	-0,01	-0,19	-1,09
03/2013	-0,80	-0,28	0,55	-2,13	-1,36	-5,23	-6,83	-1,86	-3,82	-8,39
04/2013	0,09	-0,13	0,41	-0,42	0,52	-1,38	-2,44	-0,25	-0,24	-2,59
05/2013	0,67	-0,02	0,74	0,13	1,85	-0,02	-0,28	-0,02	0,31	-0,10
06/2013	5,25	0,00	5,25	8,42	7,32	0,15	-0,11	0,28	0,46	-0,05
07/2013	13,93	12,51	14,32	15,93	12,94	11,50	8,69	13,54	12,29	11,48
08/2013	14,57	13,58	15,39	15,76	13,54	15,38	13,84	17,19	16,20	14,30
09/2013	10,43	8,28	12,58	10,47	10,40	12,50	8,32	16,86	15,83	9,00
10/2013	6,01	4,18	8,31	5,54	6,03	7,75	6,52	8,84	8,67	6,96
11/2013	1,21	-0,48	3,25	0,35	1,72	2,72	-0,14	5,86	5,31	-0,14
12/2013	-1,30	-2,91	1,14	-2,46	-0,96	-4,51	-5,53	-1,93	-3,52	-7,08
01/2014	-0,27	-0,64	0,79	-0,80	-0,41	-1,70	-3,19	0,04	-0,14	-3,49
02/2014	-0,40	-0,43	0,64	-0,80	-1,02	-2,09	-4,13	0,40	-0,26	-4,35
03/2014	-0,36	-0,25	0,49	-0,96	-0,71	-2,63	-4,68	0,35	-0,79	-5,42
04/2014	0,54	-0,06	0,47	-0,29	2,03	-1,14	-2,54	0,22	-0,10	-2,14
05/2014	3,12	-0,03	4,26	3,79	4,47	1,27	-0,09	0,13	4,99	0,05
06/2014	9,23	7,07	9,19	11,00	9,67	3,03	-0,02	5,51	5,41	1,22
07/2014	12,07	11,69	12,17	12,74	11,66	7,98	7,63	8,07	8,03	8,20
08/2014	12,87	11,73	13,89	13,34	12,51	12,21	10,31	13,67	13,15	11,71
09/2014	10,97	9,40	12,59	11,11	10,78	14,16	10,41	17,99	16,85	11,38
10/2014	6,96	4,74	8,99	6,66	7,47	8,06	5,27	10,48	10,75	5,74
11/2014	1,90	0,83	3,46	1,38	1,94	7,43	1,69	13,73	12,56	1,75
12/2014	-0,15	-0,65	0,95	-0,86	-0,04	0,36	0,07	0,60	0,66	0,10
01/2015	-1,72	-3,00	0,65	-3,12	-1,40	-0,77	-0,33	-0,87	-1,98	0,10
02/2015	-2,51	-3,71	0,51	-5,04	-1,80	-1,24	-1,63	-0,97	-1,62	-0,74
03/2015	-0,37	-1,16	0,45	-0,47	-0,28	-1,56	-2,66	-0,58	-1,45	-1,58
04/2015	2,21	-0,15	3,37	3,25	2,36	-0,03	-0,53	-0,02	1,40	-0,99
05/2015	6,77	3,58	7,68	8,55	7,29	1,80	-0,19	2,87	3,56	0,95
06/2015	12,24	12,37	12,22	13,44	10,94	9,90	7,94	10,80	10,51	10,36
07/2015	17,91	18,16	17,45	19,72	16,31	17,31	16,37	17,69	17,86	17,34
08/2015	13,92	13,07	14,81	14,63	13,18	11,95	11,06	12,14	12,87	11,72
09/2015	9,05	7,00	11,49	9,03	8,69	12,33	9,94	14,67	14,05	10,64
10/2015	5,24	3,05	7,59	4,65	5,66	6,39	2,82	9,88	9,55	3,30
11/2015	2,81	0,18	5,63	1,64	3,80	4,96	0,91	8,85	8,53	1,57
12/2015	-0,22	-2,52	1,95	-0,88	0,56	0,15	-2,52	2,09	2,69	-1,66
01/2016	-0,15	-0,68	1,14	-0,99	-0,07	-0,22	-1,52	1,24	1,42	-2,02
02/2016	-0,45	-0,51	0,85	-1,94	-0,18	-0,05	-1,56	1,84	1,14	-1,62
03/2016	-0,69	-0,45	0,70	-2,32	-0,69	-3,19	-6,19	0,11	0,04	-6,72
04/2016	-0,13	-0,13	0,55	-0,78	-0,15	-1,20	-2,51	0,11	0,03	-2,43
05/2016	1,29	-0,04	0,89	2,25	2,08	-1,38	-1,79	0,23	0,10	-4,07
06/2016	9,28	5,81	10,12	11,64	9,57	3,36	0,57	5,86	5,11	1,89
07/2016	15,25	15,23	15,06	16,75	13,97	14,22	12,85	14,63	14,93	14,45

08/2016	16,18	15,08	16,86	17,31	15,47	15,88	13,15	17,81	18,40	14,14
09/2016	11,48	9,44	13,70	11,50	11,28	15,74	12,23	18,80	18,64	13,28
10/2016	5,95	3,12	8,70	5,26	6,72	8,44	5,54	11,09	10,91	6,21
11/2016	1,58	0,04	3,67	0,99	1,61	6,73	0,46	13,53	12,44	0,51
12/2016	0,53	0,19	0,91	0,41	0,59	0,61	-0,10	1,57	1,06	-0,09
01/2017	-0,62	-1,28	0,20	-1,33	-0,08	2,76	-0,17	6,16	5,16	-0,11
02/2017	-0,53	-1,36	0,23	-0,79	-0,19	-0,94	-1,78	-0,48	-0,58	-0,91
03/2017	-0,16	-0,80	0,60	-0,36	-0,08	-0,41	-1,30	0,30	0,74	-1,39
04/2017	1,43	-0,17	2,86	-0,16	3,21	0,57	-0,30	1,62	1,41	-0,45
05/2017	4,51	2,58	5,65	3,32	6,50	1,02	-0,10	2,39	1,83	-0,05
06/2017	13,81	13,93	13,36	15,51	12,45	8,44	5,58	9,37	10,29	8,53
07/2017	14,25	14,06	14,08	15,52	13,34	4,24	3,24	5,50	5,05	3,18
08/2017	14,11	13,34	14,79	15,09	13,21	15,40	14,57	15,76	16,20	15,09
09/2017	8,24	5,85	10,99	7,91	8,21	9,20	7,77	10,43	10,71	7,91
10/2017	6,94	3,76	10,17	5,93	7,91	7,04	4,84	9,39	8,79	5,13
11/2017	0,92	-0,30	3,71	-1,45	1,72	5,33	0,30	10,25	10,36	0,40
12/2017	-0,68	-1,84	0,88	-1,58	-0,17	-3,14	-5,69	0,17	-0,57	-6,48
01/2018	0,08	-0,20	0,99	-0,29	-0,18	-1,91	-3,49	-0,05	-0,05	-4,04
02/2018	-0,25	-0,85	0,79	-0,71	-0,23	-1,23	-3,83	0,31	0,33	-1,75
03/2018	-0,20	-0,66	0,61	-0,58	-0,15	-2,16	-5,74	0,40	0,03	-3,33
04/2018	-0,00	-0,17	0,48	-0,22	-0,11	-0,93	-2,37	0,36	0,14	-1,84
05/2018	2,61	-0,04	1,16	5,45	3,86	0,02	-0,18	0,13	0,28	-0,14
06/2018	10,22	8,11	10,12	13,01	9,63	6,44	5,33	6,46	6,34	7,61
07/2018	14,52	14,72	14,48	16,26	12,63	14,43	13,49	14,90	14,67	14,67
08/2018	14,78	14,10	16,21	15,85	12,95	17,13	15,63	17,81	18,74	16,33
09/2018	12,03	9,87	14,41	12,16	11,66	14,36	10,69	18,31	17,51	10,91
10/2018	6,00	3,55	8,52	5,46	6,45	7,73	2,46	13,87	12,08	2,51
11/2018	1,28	0,40	2,37	0,77	1,56	0,78	-0,06	1,43	1,80	-0,06
12/2018	0,44	0,24	1,21	-0,30	0,60	-0,28	-0,33	-0,04	0,19	-0,93
01/2019	-1,29	-0,68	0,29	-4,00	-0,76	0,23	-2,85	1,17	5,15	-2,56
02/2019	-0,86	-0,69	0,00	-3,09	0,35	-2,96	-4,09	-0,89	-2,40	-4,47
03/2019	-0,07	-0,31	0,79	-0,68	ND	1,91	-4,10	5,96	8,42	-2,64
04/2019	0,39	-0,13	0,85	0,45	ND	1,99	-0,92	5,11	4,39	-0,60
05/2019	2,52	-0,03	5,22	2,38	ND	4,01	-0,09	7,76	7,65	0,72
06/2019	10,85	9,58	10,78	12,20	ND	9,57	6,88	11,01	11,09	9,31
07/2019	15,88	16,95	16,16	17,89	12,54	17,79	16,73	18,09	19,30	17,06
08/2019	15,12	14,49	16,36	16,01	13,62	14,28	13,38	15,04	14,74	13,97
09/2019	10,77	8,66	13,18	10,60	10,64	11,11	9,98	11,95	12,09	10,43
10/2019	6,40	4,14	8,61	5,97	6,86	9,83	6,39	13,08	13,07	6,78
11/2019	1,38	0,80	2,62	0,57	1,54	4,39	2,53	6,25	5,87	2,92
12/2019	0,32	0,38	1,29	-0,68	0,28	0,20	-0,24	0,71	0,60	-0,26
01/2020	-0,06	0,33	0,83	-1,46	0,06	-0,39	-1,02	0,51	0,65	-1,69
02/2020	0,12	0,26	0,65	-0,54	ND	-0,34	-0,92	0,54	0,37	-1,34
03/2020	0,12	0,21	0,65	-0,50	ND	-0,30	-0,84	0,33	0,32	-1,01
04/2020	1,42	0,20	3,49	0,56	ND	-0,17	-0,45	0,26	0,10	-0,61
05/2020	6,74	2,01	9,35	8,86	ND	0,96	-0,13	1,97	2,11	-0,09
06/2020	10,03	9,19	10,77	10,13	ND	7,59	6,55	8,67	8,13	7,03
07/2020	17,35	ND	16,74	17,95	ND	14,55	13,84	15,19	14,76	14,43
08/2020	18,08	ND	16,64	19,53	ND	17,57	16,34	19,37	ND	17,00
09/2020	12,25	ND	12,25	ND	ND	9,38	7,44	13,32	ND	7,38

10/2020	2,34	1,17	2,54	2,58	3,06	4,26	3,24	5,98	ND	3,57
11/2020	1,60	0,06	2,67	1,34	2,33	2,91	0,07	8,55	ND	0,12
12/2020	-0,53	-1,02	0,11	-1,37	0,15	-0,59	-2,04	2,13	ND	-1,86
01/2021	-1,27	-0,39	-0,08	-3,90	-0,72	-2,85	-4,25	0,63	ND	-4,94
02/2021	-0,32	-0,12	-0,29	-0,73	-0,12	-1,33	-1,94	0,41	ND	-2,47
03/2021	-0,21	0,05	-0,31	-0,57	0,00	-1,37	-1,99	0,31	ND	-2,43
04/2021	0,91	0,10	1,88	-0,21	1,86	-0,35	-0,54	0,17	ND	-0,69
05/2021	3,41	0,04	4,72	4,20	4,70	0,21	-0,28	1,11	ND	-0,20
06/2021	10,43	10,08	9,91	12,14	9,60	7,18	5,63	8,02	ND	7,88
07/2021	14,72	14,86	13,89	16,65	13,47	11,86	11,40	12,21	ND	11,97
08/2021	11,56	11,21	11,66	12,39	10,97	9,43	8,61	11,19	ND	8,48
MES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
T °C	Punta de las Tres Güegas (2302 m)					Vértice de Anayet (2555 m)				

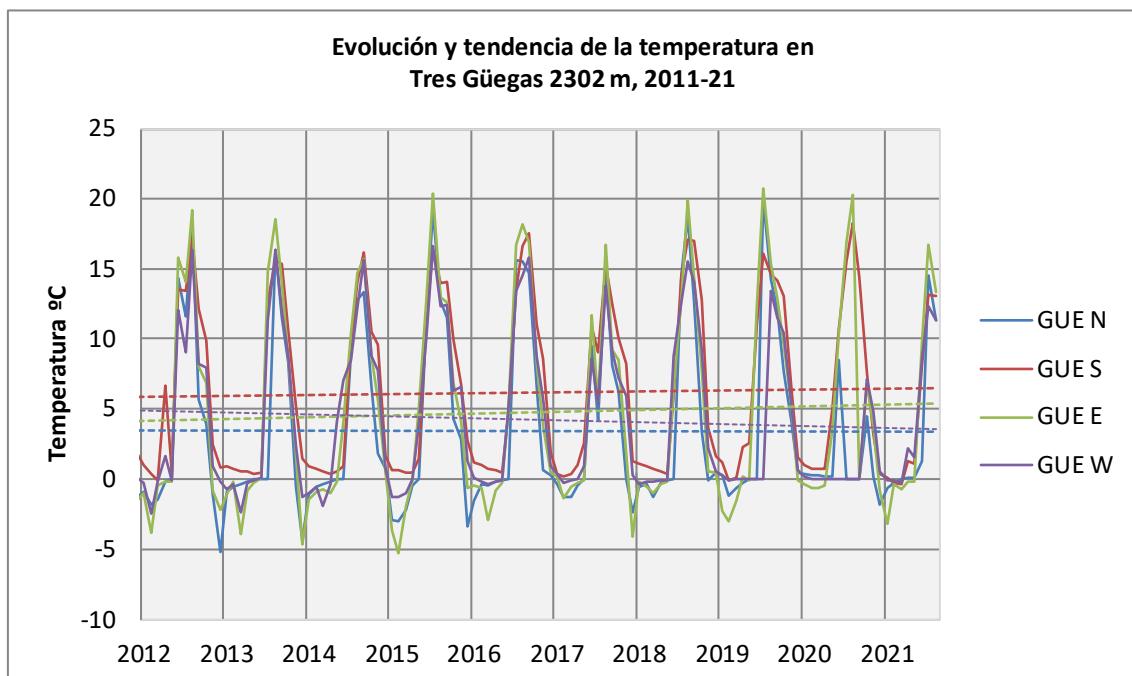
T °C	Bacías (2731 m)					Robiñera, Morrón de Sobresplucas (2827 m)					
	MES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
09/2011	10,10	9,42	11,63	10,84	8,51	10,60	*	*	*	*	*
10/2011	7,18	3,87	11,13	10,68	3,03	6,37	3,93	8,62	3,41	9,54	
11/2011	0,83	-0,03	1,97	1,50	-0,13	0,71	0,26	1,32	0,30	0,97	
12/2011	0,09	0,05	0,62	-0,41	0,11	0,42	0,17	0,85	0,26	0,41	
01/2012	-1,69	-2,92	0,06	-0,42	-3,49	0,06	-0,02	0,13	-0,11	0,23	
02/2012	-3,72	-6,11	-1,43	-1,27	-6,07	-1,31	-1,43	-1,67	-2,04	-0,08	
03/2012	-2,74	-5,33	-0,02	-0,07	-5,53	-2,33	-3,20	-1,63	-4,24	-0,26	
04/2012	0,51	-3,21	4,99	3,91	-3,67	-1,62	-2,46	-0,33	-3,52	-0,18	
05/2012	-1,20	-2,15	0,01	-0,11	-2,56	-1,10	-1,42	-0,43	-2,41	-0,14	
06/2012	10,85	9,56	12,65	13,17	8,03	2,10	-0,14	8,78	-0,09	-0,16	
07/2012	10,90	10,31	12,37	11,39	9,55	9,56	10,71	9,34	7,40	10,79	
08/2012	15,17	14,42	17,17	16,59	12,48	14,85	15,75	14,04	14,73	14,89	
09/2012	5,45	2,35	9,16	8,52	1,79	4,38	3,75	5,13	2,41	6,22	
10/2012	4,61	1,22	8,22	8,52	0,48	3,70	2,32	4,99	2,06	5,41	
11/2012	-0,62	-1,43	0,73	0,31	-2,09	-0,36	-1,38	0,03	-0,77	0,68	
12/2012	-2,34	-2,13	-2,63	0,01	-4,60	-4,57	-7,03	-5,64	-5,43	-0,18	
01/2013	-2,37	-4,14	-0,04	0,01	-5,32	-3,44	-5,41	-2,65	-5,51	-0,20	
02/2013	-1,22	-2,65	0,10	0,01	-2,33	-2,36	-3,85	-1,49	-3,90	-0,19	
03/2013	-4,31	-8,68	0,17	0,03	-8,76	-6,38	-9,43	-6,74	-9,16	-0,18	
04/2013	-1,57	-3,11	0,14	0,01	-3,32	-2,24	-3,79	-1,40	-3,57	-0,19	
05/2013	-0,09	-0,09	0,05	0,00	-0,32	-0,59	-0,90	-0,14	-1,17	-0,17	
06/2013	-0,23	-0,10	0,06	-0,01	-0,88	-0,21	-0,27	-0,14	-0,26	-0,15	
07/2013	8,72	7,72	10,39	10,57	6,20	2,23	-0,17	9,13	0,14	-0,17	
08/2013	13,85	13,20	15,12	15,74	11,34	13,29	14,49	12,62	12,48	13,57	
09/2013	10,38	7,65	13,79	13,76	6,31	9,14	8,26	10,15	6,21	11,94	
10/2013	6,32	5,71	7,71	7,37	4,49	7,27	6,22	8,49	6,40	7,98	
11/2013	0,52	-1,23	2,73	2,74	-2,16	1,76	0,47	2,45	0,83	3,28	
12/2013	-4,06	-8,47	0,66	-1,22	-7,22	-3,47	-3,37	-7,32	-2,50	-0,68	
01/2014	-2,22	-4,45	0,34	-0,54	-4,22	-3,28	-3,45	-5,13	-3,42	-1,12	
02/2014	-2,48	-4,97	0,27	-0,19	-5,01	-2,14	-1,68	-3,99	-2,13	-0,77	
03/2014	-2,58	-5,77	0,20	-0,18	-4,56	-2,28	-1,36	-4,86	-1,86	-1,04	
04/2014	-1,81	-3,67	0,12	-0,09	-3,62	-1,52	-1,23	-2,87	-1,79	-0,19	
05/2014	-0,10	-0,20	0,07	-0,06	-0,22	-0,30	-0,19	-0,12	-0,68	-0,19	

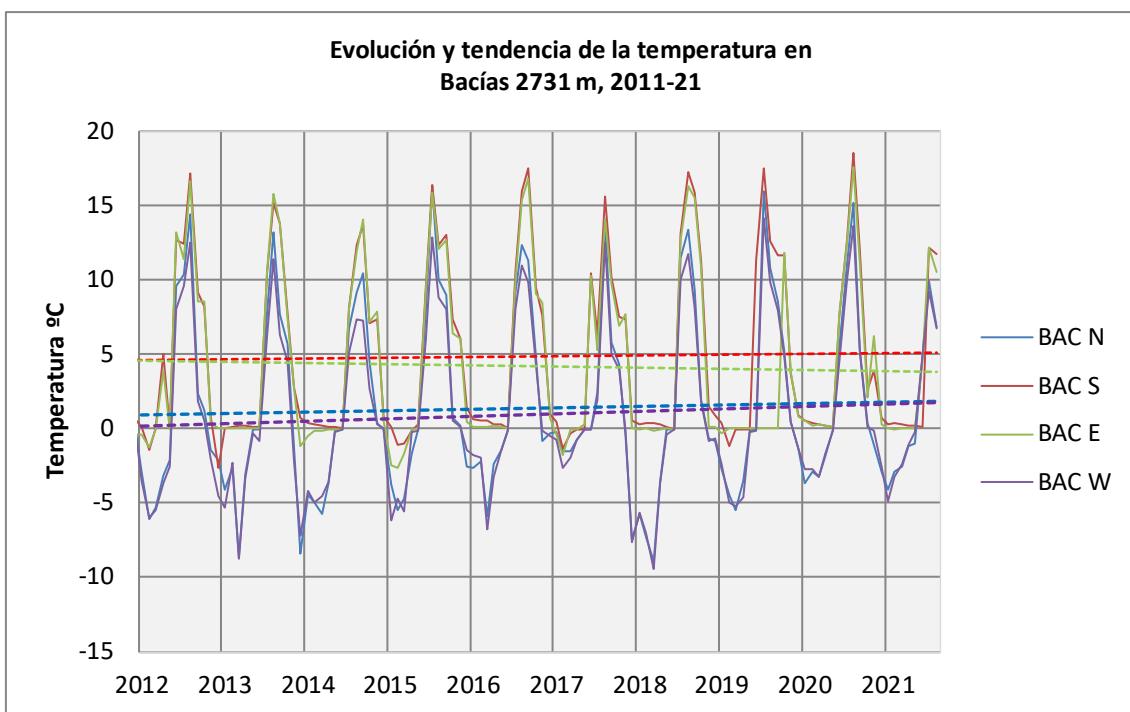
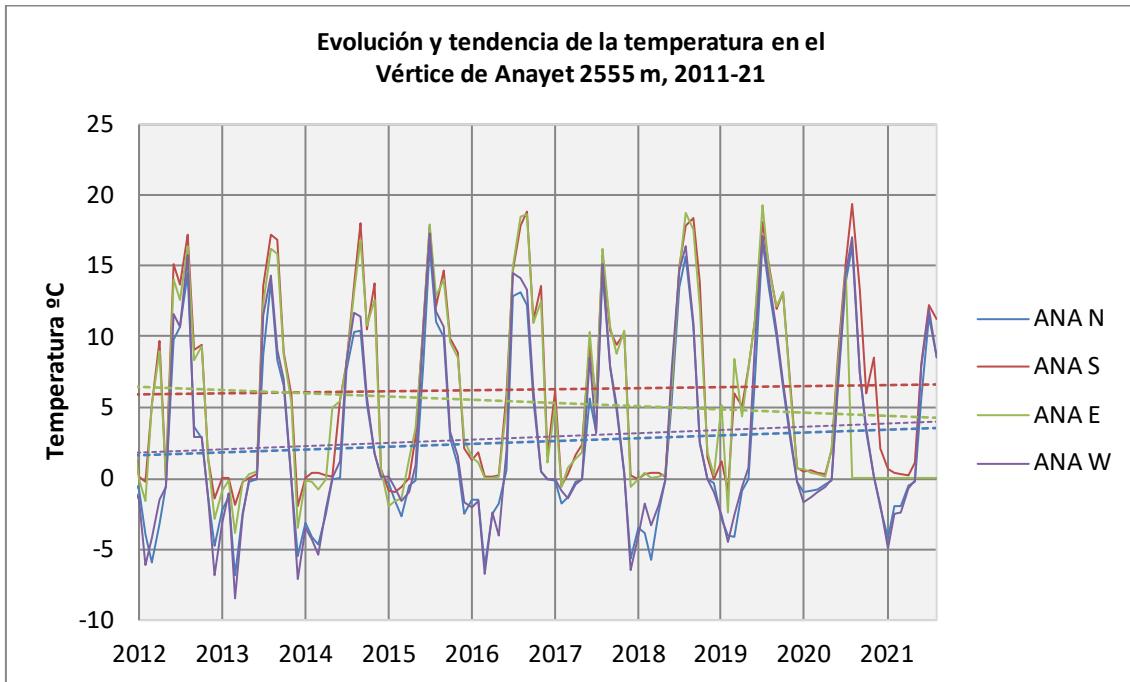
06/2014	-0,06	-0,08	0,02	-0,06	-0,12	-0,01	-0,14	0,39	-0,12	-0,19
07/2014	6,97	6,74	8,07	7,97	5,09	2,96	-0,13	5,65	-0,11	6,42
08/2014	10,16	9,12	12,27	11,90	7,36	3,49	-0,13	6,26	-0,11	7,94
09/2014	11,35	10,45	13,72	14,00	7,22	9,60	10,44	9,02	8,29	10,64
10/2014	5,36	4,51	7,09	7,17	2,66	4,76	3,98	5,89	2,72	6,44
11/2014	3,93	0,32	7,28	7,88	0,25	3,08	-0,03	4,49	0,46	7,40
12/2014	0,31	-0,10	0,79	0,53	-0,00	0,02	-0,18	0,10	-0,15	0,33
01/2015	-3,10	-3,80	0,10	-2,49	-6,19	-0,01	-0,16	0,14	-0,18	0,18
02/2015	-3,48	-5,48	-1,10	-2,61	-4,74	-0,78	-1,13	-0,45	-1,56	0,01
03/2015	-3,27	-4,75	-1,02	-1,74	-5,56	-1,39	-1,41	-1,48	-2,64	-0,02
04/2015	-0,56	-1,72	-0,18	-0,07	-0,27	-0,95	-1,14	-0,25	-2,40	-0,03
05/2015	0,02	-0,08	0,29	0,02	-0,14	-0,33	-0,33	-0,12	-0,83	-0,06
06/2015	8,11	7,80	9,46	9,23	5,93	1,17	-0,13	5,07	-0,12	-0,13
07/2015	15,37	16,35	16,40	15,86	12,86	13,05	15,35	11,10	10,84	14,90
08/2015	10,78	9,96	12,29	12,09	8,80	14,36	16,74	12,37	12,74	15,60
09/2015	10,66	8,97	13,00	12,68	7,98	9,80	10,40	9,57	9,36	9,87
10/2015	3,74	0,71	7,29	6,40	0,55	2,21	1,08	3,51	0,99	3,27
11/2015	3,09	0,16	6,07	6,01	0,13	2,04	0,11	4,01	0,33	3,69
12/2015	-0,56	-2,61	1,36	0,45	-1,45	-0,30	-0,22	-0,32	0,00	-0,65
01/2016	-0,93	-2,67	0,64	0,10	-1,78	-0,92	-1,16	-0,53	-1,14	-0,86
02/2016	-0,89	-2,22	0,56	0,06	-1,97	-0,69	-0,46	-1,35	-0,61	-0,34
03/2016	-3,05	-5,97	0,53	0,10	-6,83	-1,75	-0,48	-4,94	-1,19	-0,40
04/2016	-1,31	-2,39	0,28	0,13	-3,25	-1,03	-0,63	-1,63	-1,55	-0,31
05/2016	-0,66	-1,50	0,22	0,07	-1,44	-0,52	-0,42	-0,38	-1,06	-0,21
06/2016	-0,08	-0,17	0,00	0,02	-0,15	-0,16	-0,14	-0,13	-0,21	-0,18
07/2016	9,39	9,12	10,48	9,93	8,03	3,89	-0,13	7,92	-0,12	7,89
08/2016	13,62	12,28	15,92	15,35	10,93	12,17	12,73	12,19	10,63	13,14
09/2016	13,83	11,30	17,48	16,76	9,78	12,12	12,52	12,47	10,80	12,68
10/2016	6,91	4,83	9,43	9,05	4,34	6,16	5,61	6,79	4,93	7,33
11/2016	3,74	-0,83	7,55	8,40	-0,16	2,64	-1,34	6,13	-0,42	6,20
12/2016	0,21	-0,34	0,98	0,68	-0,49	-0,02	-0,37	0,04	-0,12	0,40
01/2017	-0,27	-0,30	0,39	-0,39	-0,78	0,03	-0,29	0,30	-0,07	0,17
02/2017	-1,85	-1,56	-1,40	-1,78	-2,66	-0,71	-1,28	0,05	-1,14	-0,46
03/2017	-0,99	-1,58	-0,38	-0,06	-1,95	-0,41	-0,63	0,06	-0,90	-0,18
04/2017	-0,44	-0,78	-0,11	-0,06	-0,81	-0,20	-0,25	0,09	-0,52	-0,13
05/2017	-0,01	-0,08	-0,05	0,22	-0,13	-0,11	-0,15	-0,05	-0,14	-0,10
06/2017	5,12	-0,08	10,45	10,24	-0,12	3,00	-0,13	6,10	-0,13	6,17
07/2017	3,96	2,41	6,31	5,24	1,88	1,24	-0,10	2,51	-0,13	2,68
08/2017	13,98	13,76	15,57	14,13	12,45	12,98	13,65	12,29	12,44	13,55
09/2017	7,68	5,78	10,20	9,73	5,02	7,62	7,82	7,92	6,55	8,19
10/2017	5,66	4,29	7,49	6,88	3,99	4,97	4,28	5,81	4,07	5,72
11/2017	3,55	-0,53	7,31	7,64	-0,21	2,60	-0,90	5,26	-0,11	6,16
12/2017	-3,69	-7,53	0,49	-0,03	-7,71	-5,13	-8,20	-3,90	-8,41	-0,02
01/2018	-2,81	-5,75	0,27	-0,09	-5,66	-3,61	-4,26	-4,07	-5,67	-0,44
02/2018	-3,51	-7,32	0,32	-0,02	-7,03	-3,60	-3,69	-3,10	-7,31	-0,28
03/2018	-4,55	-8,94	0,30	-0,13	-9,45	-5,10	-5,15	-6,25	-8,76	-0,24
04/2018	-1,81	-3,66	0,22	-0,07	-3,72	-2,38	-2,48	-3,02	-3,83	-0,20
05/2018	-0,10	-0,08	0,11	-0,04	-0,39	-1,22	-1,64	-0,15	-2,92	-0,18
06/2018	-0,08	-0,08	-0,05	-0,05	-0,13	-0,14	-0,16	-0,13	-0,13	-0,15
07/2018	11,81	11,47	13,05	12,68	10,02	6,04	-0,15	12,82	-0,12	11,61

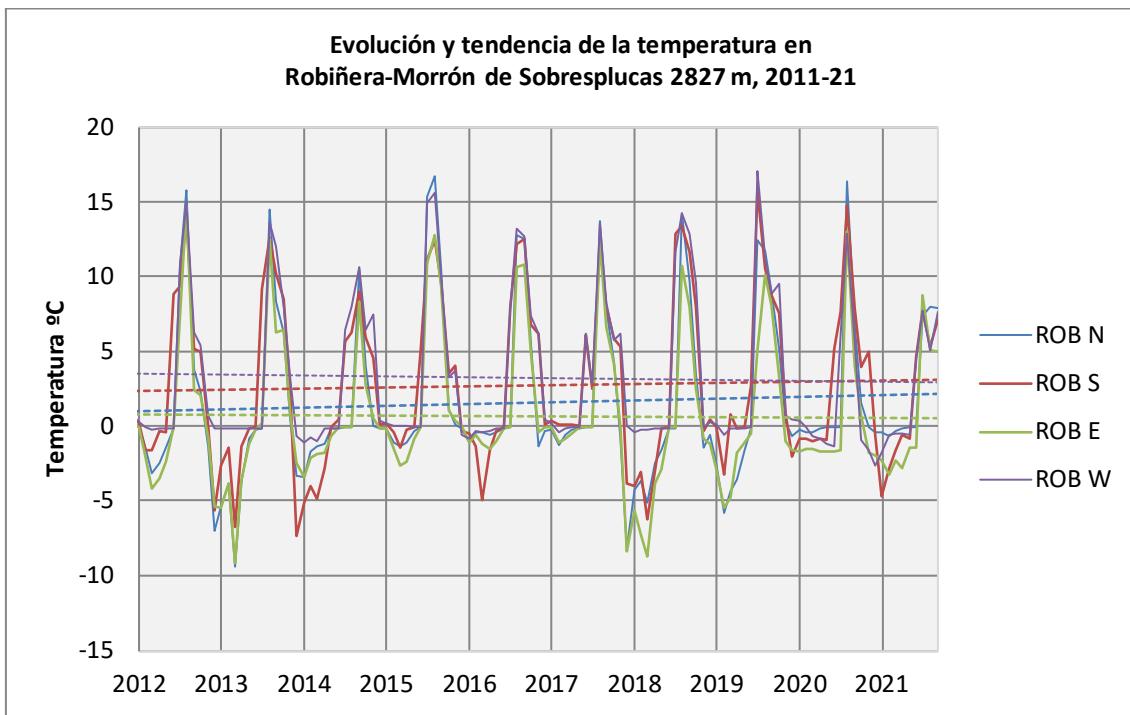
08/2018	14,64	13,33	17,24	16,28	11,69	13,11	14,22	13,34	10,69	14,19
09/2018	12,18	9,28	15,87	15,49	8,08	10,52	9,65	11,60	7,96	12,85
10/2018	6,46	1,89	11,28	10,84	1,85	5,86	3,39	7,97	2,49	9,58
11/2018	0,01	-0,67	1,47	0,06	-0,82	-0,68	-1,45	-0,36	-0,85	-0,06
12/2018	-0,15	-0,83	0,88	0,07	-0,72	-0,30	-0,61	0,38	-1,21	0,23
01/2019	-1,29	-2,78	0,34	-0,35	-2,37	-1,37	-2,55	-0,08	-2,90	0,06
02/2019	-3,57	-4,51	-1,20	ND	-5,00	-3,80	-5,85	-3,27	-5,46	-0,62
03/2019	-3,63	-5,49	-0,10	ND	-5,29	-2,15	-4,37	0,79	-4,82	-0,18
04/2019	-2,76	-3,52	-0,10	ND	-4,65	-1,46	-3,61	-0,19	-1,83	-0,18
05/2019	-0,15	-0,16	-0,06	ND	-0,23	-0,77	-1,68	-0,13	-1,12	-0,16
06/2019	3,69	-0,08	11,28	ND	-0,13	0,45	-0,20	2,65	-0,53	-0,12
07/2019	15,85	15,90	17,51	ND	14,13	12,57	12,40	15,76	5,05	17,09
08/2019	11,05	10,80	12,54	ND	9,81	10,89	11,71	10,50	10,09	11,28
09/2019	9,37	8,49	11,66	ND	7,94	8,64	8,97	8,74	8,03	8,83
10/2019	8,34	5,13	11,66	11,79	4,78	6,37	5,16	7,56	3,26	9,49
11/2019	2,09	0,43	3,73	3,77	0,41	0,17	0,28	0,80	-1,06	0,66
12/2019	-0,30	-1,37	0,82	0,75	-1,38	-0,99	-0,68	-2,06	-1,65	0,41
01/2020	-1,38	-3,73	0,50	0,51	-2,78	-0,62	-0,25	-0,83	-1,68	0,30
02/2020	-1,31	-2,96	0,33	0,16	-2,77	-0,74	-0,42	-0,89	-1,51	-0,12
03/2020	-1,54	-3,29	0,22	0,23	-3,31	-0,93	-0,46	-1,01	-1,58	-0,67
04/2020	-0,81	-1,87	0,16	0,17	-1,69	-0,89	-0,17	-0,89	-1,68	-0,84
05/2020	-0,02	-0,12	0,09	0,11	-0,16	-0,98	-0,05	-0,92	-1,76	-1,19
06/2020	6,29	5,39	7,59	7,68	4,50	0,47	-0,10	5,09	-1,71	-1,38
07/2020	11,54	11,02	12,69	12,49	9,97	2,96	-0,11	7,59	-1,67	6,03
08/2020	16,22	15,11	18,53	17,60	13,62	14,21	16,33	14,71	12,97	12,83
09/2020	8,36	5,26	11,94	11,11	5,14	6,09	6,76	7,84	4,00	5,76
10/2020	1,26	0,32	2,56	2,04	0,13	1,31	1,52	3,97	0,66	-0,92
11/2020	2,21	-1,08	3,86	6,23	-0,16	0,35	-0,06	4,93	-1,80	-1,68
12/2020	-1,15	-2,94	0,65	0,28	-2,58	-1,43	-0,44	-0,59	-2,02	-2,66
01/2021	-2,20	-4,09	0,28	-0,04	-4,94	-2,34	-0,41	-4,74	-2,36	-1,84
02/2021	-1,50	-2,96	0,31	-0,07	-3,27	-1,85	-0,73	-2,86	-3,25	-0,57
03/2021	-1,18	-2,54	0,28	-0,02	-2,43	-1,22	-0,35	-1,62	-2,35	-0,56
04/2021	-0,53	-1,21	0,17	0,02	-1,12	-1,03	-0,15	-0,58	-2,85	-0,52
05/2021	-0,27	-1,03	0,16	0,04	-0,24	-0,75	-0,12	-0,85	-1,46	-0,57
06/2021	3,61	4,89	0,08	4,55	4,91	1,85	-0,12	4,58	-1,48	4,42
07/2021	10,87	9,93	12,14	12,17	9,25	7,88	7,38	7,70	8,71	7,73
08/2021	8,91	6,76	11,68	10,53	6,67	5,81	7,91	5,26	5,01	5,05
MES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
T °C		Bacías (2731 m)				Robiñera, Morrón de Sobresplucas (2827 m)				

Tabla de temperaturas mínimas y máximas absolutas por orientación, 2011-2021								
	MÍNIMAS ABSOLUTAS				MÁXIMAS ABSOLUTAS			
	N	S	E	W	N	S	E	W
GUE	-7,29 28/11/13	-1,00 22/02/12	-12,74 12/02/12	-8,82 12/02/12	25,49 30/6/19	24,53 7/8/20	27,35 10/7/15	30,41 6/9/16
ANA	-10,70 13/02/12	-10,82 8/02/12	-11,27 8/02/12	-16,21 12/02/12	20,91 30/6/19	26,75 10/8/12	28,74 15/7/15	23,13 16/7/15
BAC	-12,71 28/11/13	-10,58 12/02/12	-6,35 13/02/12	-14,17 13/02/12	24,79 15/7/15	25,53 14/8/21	26,39 15/7/15	19,96 15/7/15
ROB	-13,46 25/02/13	-12,81 8/01/21	-15,15 24/02/13	-3,70 3/12/20	28,08 9/7/15	23,06 14/07/15	21,56 19/7/12	24,02 14/7/15

A continuación, podemos ver en las gráficas de tendencia de las temperaturas de las cuatro cimas que, en general, se observa una tendencia lenta pero sostenida hacia un aumento de la temperatura, salvo en algunas orientaciones de ANA y BAC. Sin embargo, cuando estos datos los trasladamos al periodo vegetativo (PV, temperatura media diaria $\geq 4^{\circ}\text{C}$), se ve más claramente la tendencia ascendente en las cuatro cimas, a pesar de la variación interanual que podemos ver en las tablas.







9.2.2. Evolución del periodo vegetativo

En la siguiente tabla podemos comparar el PV promedio del periodo estudiado, 2012-20, en la ZP ES-SPY.

El PV de la cima inferior, **Tres Güegas** (2302 m) es de **cinco meses (149,3 días)**. La orientación con PV más corto es la Norte, con una media de 121 días (4 meses), y más largo la Sur con 171,4 días (5,7 meses). La diferencia de PV entre ambas vertientes es de 50 días.

En el **Vértice de Anayet** (2555 m) el PV es de algo **menor de cinco meses (145,7 días)**. Su orientación más fría también es la Norte (118,3 días, 3,9 meses), mientras que las más cálidas son la Este y Sur (c 171 días, 5,7 meses), casi a la par con el Este (170,9 días). La diferencia de PV entre ambas vertientes es de 52,5 días.

En **Bacías** (2731 m), el PV es de poco **menos de cuatro meses (115,5 días)**. Su cara con periodo más corto es la W con 94,3 días (3,1 meses), que por su posición topográfica alberga más tiempo la nieve. El PV mayor está en su cara Sur con 131,3 días (4,4 meses). La diferencia de PV entre ambas vertientes es c. 46,7 días.

En **Robiñera** (2827 m), el PV es de **poco más de tres meses (96 días)**. El PV más corto lo encontramos en su cara Este, 73 días (2,4 meses), algo más protegida del viento que la Norte que es de 78,9 días (2,6 meses). La orientación más propicia para la vegetación es la Sur con c. 120 días (4 meses). La diferencia de PV entre ambas vertientes es de 47 días.

Si miramos cual es el **gradiente altitudinal del PV**, en esta zona piloto (ES-SPY) en promedio, el PV desciende 10,1 días cada 100 m de altitud.

Tablas del periodo vegetativo (PV) anual en la ZP ES-SPY (2012-2020), contado en días, desglosado por cada una de las orientaciones en cada cima. Se incluye la media del periodo, así como el PV máximo (rojo) y mínimo (azul)

Días de PV ANUAL		Tres Güegas (2302 m)					Vértice de Anayet (2555 m)				
AÑO		N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2012		137	176	156	161	157,5	131	188	183	136	159,5
2013		108	150	144	155	139,3	115	146	162	118	135,3
2014		135	171	170	179	163,8	137	161	182	132	153,0
2015		127	212	167	158	166,0	120	201	193	119	158,3
2016		104	160	132	129	131,3	105	167	153	110	133,8
2017		115	181	140	149	146,3	104	194	190	116	151,0
2018		112	154	152	152	142,5	108	146	147	121	130,5
2019		130	167	144	*	147,0	126	165	157	130	144,5
2020		*	169	126	*	147,5	120	167	*	124	137,0
MEDIA DÍAS		121,0	171,1	147,9	154,7	149,0	118,4	170,6	170,9	122,9	144,8
DESV. EST.		12,8	18,3	14,8	15,0	11,4	11,6	19,8	18,1	8,4	11,1
MEDIA MESES		4,0	5,7	4,9	5,2	5,0	3,9	5,7	5,7	4,1	4,9
MEDIA DÍAS CIMA		149,2 ± 23,61					145,0 ± 29,22				
MEDIA MESES CIMA		4,97					4,83				

Días de PV ANUAL		Bacías (2731 m)					Robiñera (2827 m)				
AÑO		N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
2012		117	152	145	113	131,8	101	134	93	122	112,5
2013		108	129	125	92	113,5	91	118	90	98	99,2
2014		115	140	139	87	120,3	57	131	54	140	95,5
2015		111	160	145	94	127,5	91	105	76	86	89,5
2016		83	120	107	82	98,0	59	103	58	98	79,5
2017		82	154	142	79	114,3	56	123	61	123	90,8
2018		92	116	117	93	104,5	73	120	64	109	91,5
2019		109	125	*	102	112,0	99	125	89	125	109,5
2020		108	121	130	107	116,5	83	116	69	88	89,0
MEDIA DÍAS		102,8	135,2	131,3	94,3	115,4	78,9	119,4	72,7	109,9	95,2
DESV. EST.		13,5	16,6	14,1	11,3	10,5	18,2	10,5	14,9	18,7	10,4
MEDIA MESES		3,4	4,5	4,4	3,1	3,9	2,6	4,0	2,4	3,7	3,2
MEDIA DÍAS CIMA		115,5 ± 22,4					95,2 ± 25,2				
MEDIA MESES CIMA		3,85					3,17				

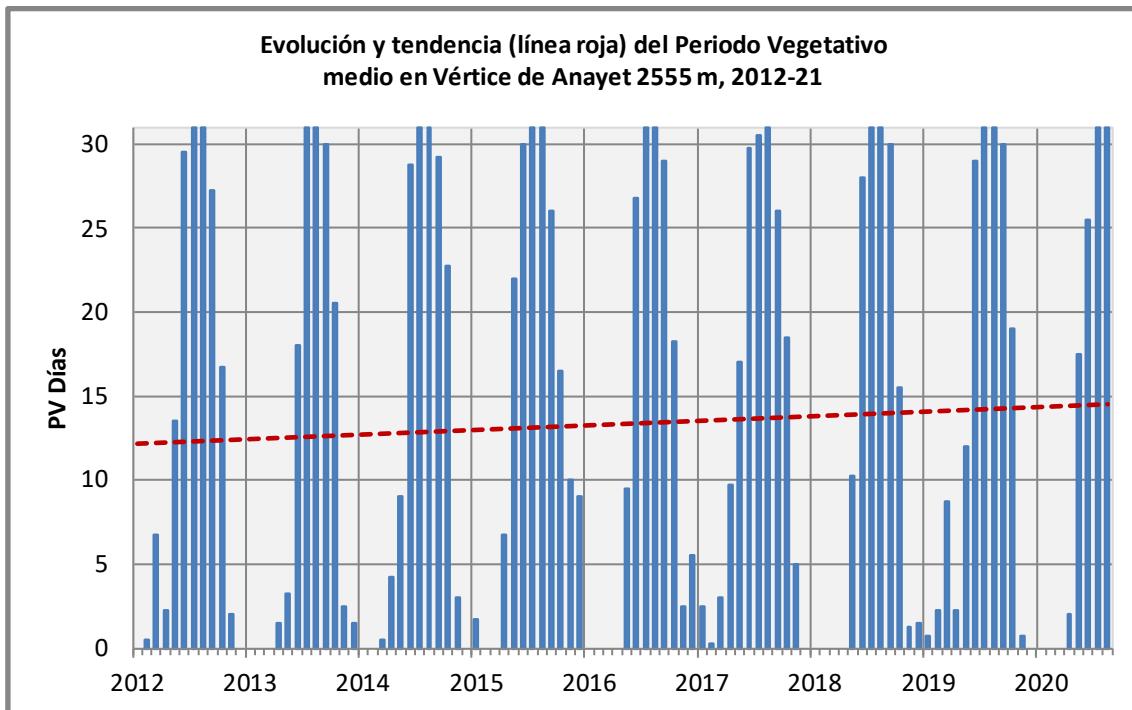
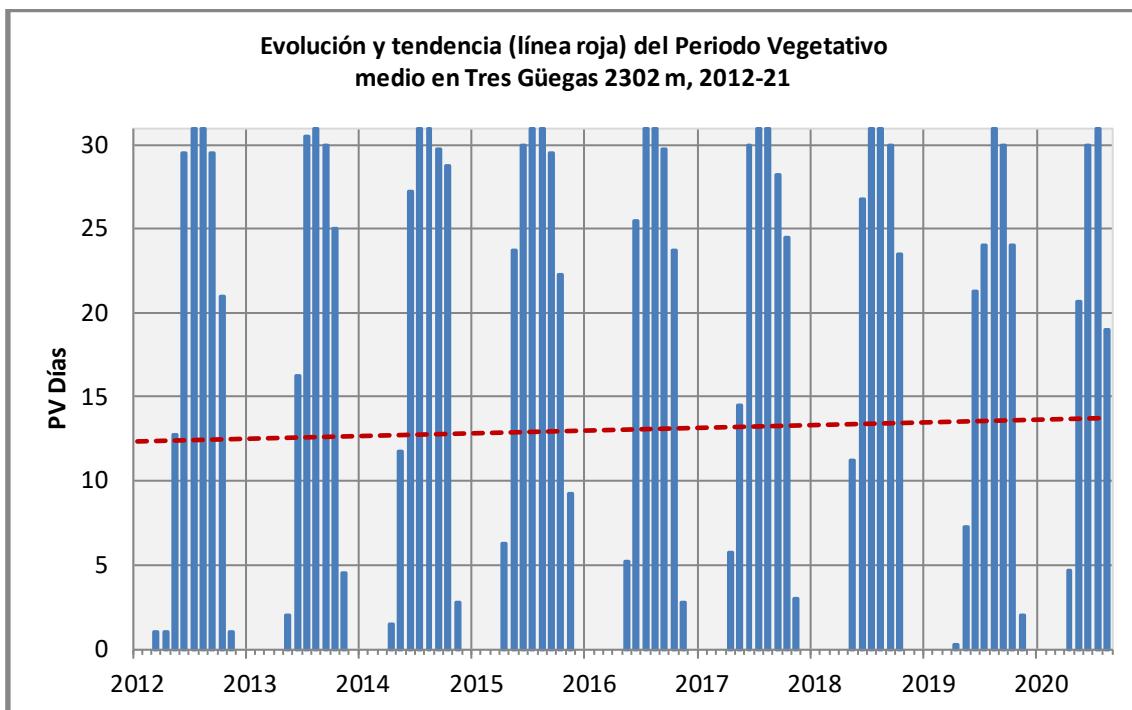
Tabla del periodo vegetativo (días con la temperatura media diaria $\geq 4^{\circ}\text{C}$) por mes, durante el periodo septiembre 2011-julio 2021, por cimas y orientaciones

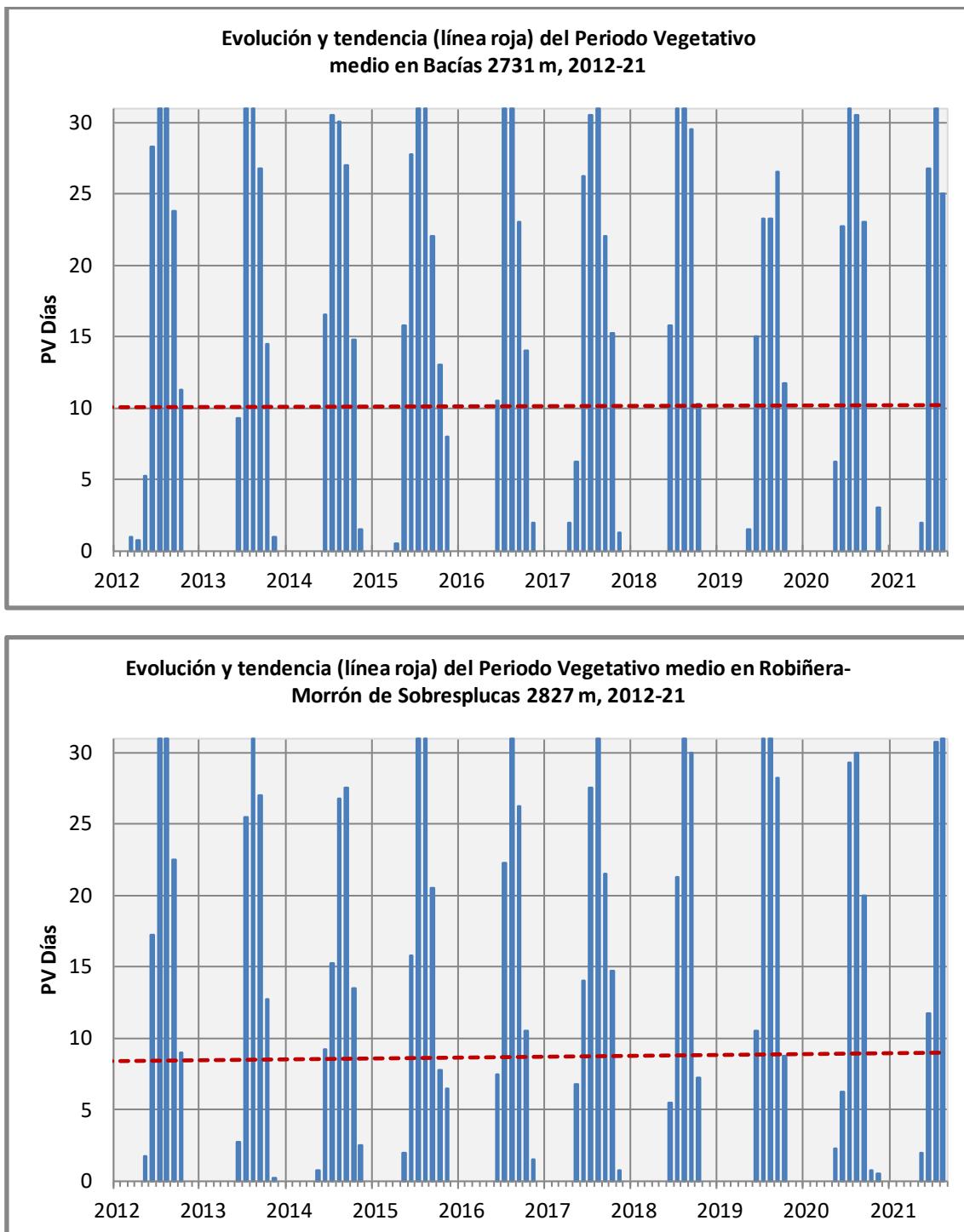
PV MENSUAL	Punta de las Tres Güegas-GUE (2302 m)				Vértice de Anayet-ANA (2555 m)				Bacías-BAC (2731 m)				Robiñera, Morrón de Sobresplucas-ROB (2827 m)			
MESES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	
09/2011	29,8	29	30	30	30	29,5	29	30	30	29	29,0	29	30	30	27	29,5
10/2011	20,5	11	29	19	23	16,5	6	26	25	9	13,5	7	24	23	0	11,0
11/2011	0,5	0	2	0	0	2,5	0	5	5	0	0,0	0	0	0	0	0,0
12/2011	0,0	0	0	0	0	0,3	0	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
01/2012	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
02/2012	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
03/2012	0,8	0	3	0	0	6,3	0	14	11	0	0,5	0	2	0	0	0,0
04/2012	1,0	0	4	0	0	2,3	0	5	4	0	0,8	0	2	1	0	0,0
05/2012	12,8	5	16	12	18	13,5	8	18	18	10	5,3	3	6	11	1	1,8

06/2012	29,5	29	30	30	29	29,5	29	30	30	29	28,3	27	30	29	27	17,3	14	27	6	22
07/2012	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31
07/2012	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31
09/2012	29,5	29	30	30	29	27,3	24	30	30	25	23,8	20	30	27	18	22,5	20	25	20	25
10/2012	21,0	12	27	22	23	16,8	8	24	25	10	11,3	5	20	15	5	9,0	5	13	5	13
11/2012	1,0	0	4	0	0	2,0	0	5	3	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
12/2012	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2013	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2013	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2013	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2013	0,0	0	0	0	0	1,5	0	0	6	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2013	2,0	0	0	0	8	3,3	0	5	8	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
06/2013	16,3	0	17	25	23	18,0	13	16	22	21	9,3	11	8	8	10	2,8	0	11	0	0
07/2013	30,5	29	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	25,5	24	31	29	18
08/2013	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31
09/2013	30,0	30	30	30	30	29,3	30	30	30	27	26,8	30	30	30	17	27,0	28	29	23	28
10/2013	25,0	18	31	24	27	18,8	10	29	28	8	14,5	5	27	23	3	12,8	8	16	7	20
11/2013	4,5	0	10	3	5	2,3	0	3	6	0	1,0	0	2	2	0	0,3	0	0	0	1
12/2013	0,0	0	0	0	0	0,3	0	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2014	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2014	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2014	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2014	1,5	0	0	0	6	3,0	0	0	12	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2014	11,8	0	14	15	18	6,5	3	5	14	4	0,0	0	0	0	0	0,8	0	3	0	0
06/2014	27,3	22	27	30	30	28,0	27	30	30	25	16,5	20	19	19	8	9,3	0	18	0	19
07/2014	31,0	31	31	31	31	30,8	31	31	31	30	30,5	31	31	31	29	15,3	0	30	0	31
08/2014	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	30,0	31	31	31	27	26,8	18	31	27	31
09/2014	29,8	29	30	30	30	29,0	29	30	30	27	27,0	26	30	30	22	27,5	28	28	24	30
10/2014	28,8	22	31	31	31	21,8	16	28	28	15	14,8	7	26	25	1	13,5	11	16	3	24
11/2014	2,8	0	7	2	2	3,0	0	6	6	0	1,5	0	3	3	0	2,5	0	5	0	5
12/2014	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2015	0,0	0	0	0	0	0,8	0	2	1	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2015	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2015	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2015	6,3	0	11	9	5	3,8	0	7	8	0	0,5	0	2	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2015	23,8	14	27	28	26	18,3	11	28	22	12	15,8	16	24	16	7	2,0	0	8	0	0
06/2015	30,0	30	30	30	30	30,0	30	30	30	30	27,8	29	30	30	22	15,8	22	22	9	10
07/2015	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31
08/2015	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	29,5	28	31	31	28	30,0	30	31	30	29
09/2015	25,3	18	31	29	23	21,8	16	29	29	13	16,3	6	29	24	6	9,8	8	12	6	13
10/2015	13,5	3	31	9	11	12,0	1	23	22	2	3,3	1	8	4	0	0,5	0	1	0	1
11/2015	5,3	0	20	0	1	9,3	0	19	18	0	3,5	0	5	9	0	0,5	0	0	0	2
12/2015	0,0	0	0	0	0	0,5	0	1	1	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2016	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2016	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2016	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2016	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2016	2,0	0	0	5	3	4,3	0	9	7	1	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
06/2016	21,5	10	29	25	22	21,8	17	26	23	21	9,0	10	9	8	9	5,8	0	14	0	9
07/2016	30,8	30	31	31	31	31,0	31	31	31	31	30,0	29	31	31	29	21,3	12	31	11	31
08/2016	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31
09/2016	29,0	26	31	30	29	25,3	21	30	30	20	20,0	13	30	24	13	17,5	14	22	14	20
10/2016	15,3	7	31	10	13	16,8	5	29	27	6	7,3	0	16	13	0	4,0	2	5	2	7
11/2016	1,8	0	7	0	0	2,3	0	5	4	0	0,8	0	3	0	0	0,0	0	0	0	0

12/2016	0,0	0	0	0	0	1,5	0	6	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2017	0,0	0	0	0	0	0,3	0	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2017	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2017	0,0	0	0	0	0	1,3	0	2	3	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2017	1,5	0	6	0	0	8,5	0	16	18	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2017	10,3	7	14	8	12	12,0	5	16	16	11	4,5	0	8	10	0	4,0	0	8	0	8
06/2017	29,8	29	30	30	30	28,3	25	30	30	28	23,0	20	29	26	17	11,0	0	22	0	22
07/2017	30,3	29	31	31	30	29,8	29	31	30	29	29,5	29	31	29	29	25,3	20	28	25	28
08/2017	30,5	30	31	31	30	30,5	30	31	31	30	29,3	28	31	30	28	29,0	29	29	29	29
09/2017	23,3	14	30	24	25	21,0	12	29	29	14	14,8	4	29	22	4	13,0	7	19	7	19
10/2017	18,8	6	31	16	22	16,5	3	30	29	4	12,8	1	25	24	1	8,5	0	17	0	17
11/2017	2,0	0	8	0	0	3,0	0	8	4	0	0,5	0	1	1	0	0,0	0	0	0	0
12/2017	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2018	6,5	0	2	14	10	4,0	0	6	8	2	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
06/2018	25,5	16	30	28	28	22,0	17	23	23	25	13,0	13	12	14	13	4,3	0	12	0	5
07/2018	25,0	25	25	25	25	31,0	31	31	31	31	30,5	30	31	31	30	19,5	12	31	5	30
08/2018	30,8	31	31	31	30	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	30,5	31	31	29	31
09/2018	29,8	29	30	30	30	29,5	29	30	30	29	24,3	18	30	30	19	30,0	30	30	30	30
10/2018	19,0	5	30	18	23	13,0	0	25	24	3	5,8	0	12	11	0	7,3	0	16	0	13
11/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
12/2018	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2019	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2019	0,0	0	0	0	0	1,3	0	0	5	0	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0
03/2019	0,0	0	0	0	ND	2,0	0	5	3	0	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0
04/2019	0,0	0	0	0	ND	0,3	0	1	0	0	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0
05/2019	5,0	0	13	2	ND	4,8	0	12	7	0	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0
06/2019	25,0	19	30	26	ND	24,5	22	27	24	25	11,7	10	17	ND	8	10,5	3	20	0	19
07/2019	24,3	31	31	31	4	31,0	31	31	31	31	23,3	31	31	0	31	31,0	31	31	31	31
08/2019	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	23,3	31	31	0	31	31,0	31	31	31	31
09/2019	30,0	30	30	30	30	30,0	30	30	30	30	26,5	28	30	22	26	28,3	29	30	24	30
10/2019	24,0	17	29	23	27	19,0	12	26	25	13	11,8	9	16	16	6	8,8	5	13	3	14
11/2019	2,0	2	3	1	2	0,8	0	2	1	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
12/2019	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2020	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2020	0,0	0	0	0	ND	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2020	0,0	0	0	0	ND	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2020	4,7	0	13	1	ND	2,0	0	4	4	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2020	20,7	6	30	26	ND	17,5	11	23	22	14	6,3	7	4	9	5	2,3	0	9	0	0
06/2020	30,0	ND	30	30	ND	25,5	23	28	27	24	22,8	21	27	26	17	6,3	0	15	0	10
07/2020	31,0	ND	31	31	ND	31,0	31	31	31	31	31,0	31	31	31	31	29,3	28	31	27	31
08/2020	19,0	ND	31	7	ND	31,0	31	31	ND	31	30,5	30	31	31	30	30,0	31	31	29	29
09/2020	25,0	21	30	24	25	25,0	24	27	ND	24	23,0	19	25	24	24	20,0	24	25	13	18
10/2020	3,5	ND	1	6	ND	2,3	0	7	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,8	0	3	0	0
11/2020	1,8	0	3	1	3	5,3	0	16	ND	0	3,0	0	3	9	0	0,5	0	2	0	0
12/2020	0,0	ND	0	0	ND	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
01/2021	0,0	ND	0	0	ND	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
02/2021	0,0	ND	0	0	ND	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
03/2021	0,0	ND	0	0	ND	0,0	0	0	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
04/2021	0,5	ND	1	0	ND	0,3	0	1	ND	0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0
05/2021	16,0	ND	18	14	ND	8,3	3	16	ND	6	2,0	5	0	0	3	2,0	0	4	0	4

06/2021	29,8	29	30	30	30	30,0	30	30	ND	30	26,8	26	26	30	25	11,8	0	21	7	19
07/2021	31,0	ND	31	31	ND	31,0	31	31	ND	31	31,0	31	31	31	31	30,8	31	31	30	31
MESES	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED	N	S	E	W
	Punta de las Tres Güegas (2302 m)					Vértice de Anayet (2555 m)					Bacías (2731 m)					Robiñera, Morrón de Sobresplucas (2827 m)				





9.3. La T y el PV en la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)

Hemos analizado los datos de los 16 termómetros automáticos que tenemos instalados desde verano de 2012 en la ZP ES-MON, Sistema Ibérico-Moncayo, correspondiente a la alta montaña ibérica silícea.

9.3.1. Evolución de la temperatura del suelo

Durante el periodo 2013-19, en la cima de **Peña Negrilla** (2118 m) la T media es de **5,7°C** ($\pm 0,4$); la orientación más cálida es la Sur ($6,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$), mientras que la más fría es la Norte ($5,4 \pm 0,6^\circ\text{C}$).

La T promedio de la **Peña Lobera** (2226 m) es de **5,3°C** ($\pm 0,4$); la orientación más cálida es la Oeste ($5,8 \pm 0,7^\circ\text{C}$). La orientación más fría es la Sur ($4,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$).

La T promedio de la **Peña Morca** (2274 m) es de **4,8°C** ($\pm 0,5$); la orientación más cálida es la Sur ($6,1 \pm 0,5^\circ\text{C}$). La orientación más fría es la Este ($3,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$).

La T promedio del **Moncayo-Peña San Miguel** (2314 m) es de **4,7°C** ($\pm 0,4$); la orientación más cálida es la Sur ($5,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$). La orientación más fría es la Oeste ($4,06 \pm 0,6^\circ\text{C}$) a la par que la Norte ($4,14 \pm 0,5^\circ\text{C}$).

A continuación, exponemos las tablas que resumen la temperatura del suelo en las cuatro cimas de la ZP Moncayo, tanto en su forma sintética anual, como mensual por orientaciones. Podemos observar que el año más frío del periodo, en todos los casos fue 2013, mientras que el más cálido fue el 2019, salvo para Peña Negrilla que fue el 2017.

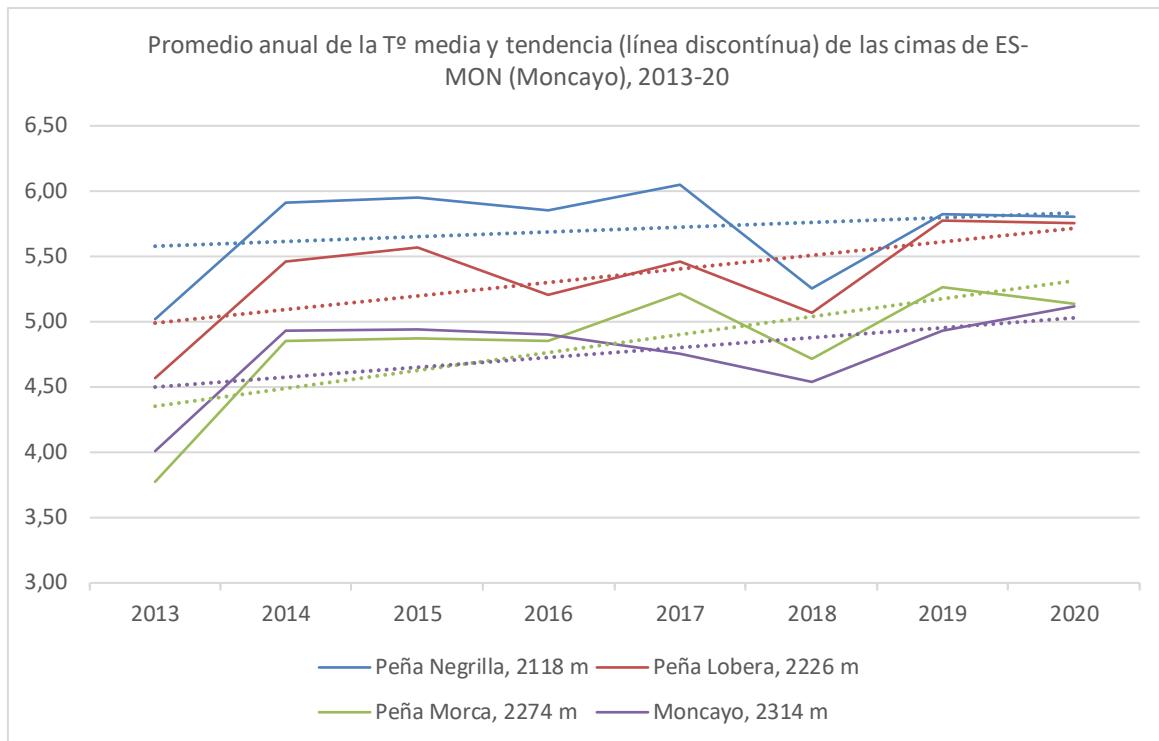
T (°C)	Peña Negrilla	Peña Lobera	Peña Morca	Moncayo
Año/Alt.	2118 m	2226 m	2274 m	2314 m
2013	5,02	4,57	3,77	4,02
2014	5,91	5,46	4,85	4,93
2015	5,95	5,56	4,87	4,94
2016	5,85	5,20*	4,86	4,90
2017	6,05	5,46*	5,22	4,75*
2018	5,25	5,06*	4,72	4,53
2019	5,82	5,77	5,27	4,93
2020	5,80*	5,76	5,13	5,12
Promedio	5,71	5,36	4,84	4,76
Desv. Est.	0,37	0,40	0,47	0,35

**Tabla de la temperatura media anual por cimas en
ES-MON (Moncayo), 2013-2020**

**Tablas de las temperaturas medias anuales en ES-MON (Moncayo),
de 2013 a 2020, por orientaciones y en promedio de la cima**

AÑO	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	4,47	5,94	4,59	5,09	4,88	4,07	4,38	4,93
2014	5,38	6,94	5,13	6,20	5,61	5,09	5,33	5,81
2015	5,63	7,07	5,01	6,08	5,61	5,11	5,55	5,98
2016	5,42	7,11	4,74	6,12	5,87	4,55	5,19	ND
2017	5,90	7,36	4,71	6,25	6,07	4,79	5,54	ND
2018	5,03	6,42	4,13	5,43	5,59	4,56	5,04	ND
2019	6,30	5,77	4,89	6,34	6,38	5,14	4,97	6,61
2020	4,43	6,50	3,99	5,62	4,86	*	5,37	*
MED	4,25	6,18	3,66	5,25	4,23	5,73	5,10	4,06
DEST	0,41	0,51	0,49	0,54	0,55	0,46	0,39	0,57

AÑO	Peña Morca (2274 m)				Moncayo (2314 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	3,33	5,09	2,54	4,13	3,12	4,97	4,33	3,64
2014	4,41	5,97	3,89	5,12	4,37	5,80	5,07	4,46
2015	4,21	6,17	3,50	5,58	4,09	5,75	5,24	4,66
2016	4,35	6,24	3,74	5,09	4,31	6,00	5,12	4,17
2017	4,51	6,66	3,99	5,70	4,22	ND	5,48	4,55
2018	4,13	6,10	3,59	5,04	3,99	5,53	4,77	3,84
2019	4,64	6,70	4,02	5,73	4,87	6,34	5,42	3,10
2020	6,21	*	5,01	6,18	6,40	5,19	4,95	6,49
MED	5,54	6,66	4,77	5,96	5,80	4,81	5,12	5,96
DEST	0,61	0,62	0,32	0,45	0,50	0,40	0,38	0,67



Tablas de la temperatura media mensual (°C) en ES-MON, 2012-2021, por orientaciones (* series de datos incompletas)								
T (°C)	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)			
FECHA / Or.	N	S	E	W	N	S	E	W
09/2012	9,18	11,28	9,44	10,23	10,12	9,15	9,24	10,45
10/2012	5,69	7,25	6,41	6,41	6,16	5,26	5,19	6,69
11/2012	0,96	2,19	2,24	1,73	1,09	0,07	0,41	1,44
12/2012	-1,15	-0,06	0,41	-0,31	-0,65	-2,61	-1,64	-0,52
01/2013	-1,64	-0,19	-0,06	-0,89	-1,71	-2,00	-1,51	-1,12
02/2013	-2,11	-0,57	-0,15	-1,85	-2,15	-3,40	-2,27	-1,62
03/2013	-1,22	-0,23	-0,09	-0,90	-0,95	-1,40	-1,11	-0,65
04/2013	2,41	1,94	0,88	1,29	0,85	1,09	0,98	0,86
05/2013	2,00	2,43	2,04	2,30	2,36	0,98	1,60	1,68
06/2013	8,48	9,72	6,91	8,85	9,75	8,86	8,81	8,99
07/2013	15,04	16,19	12,06	14,89	15,64	14,28	14,64	14,92
08/2013	14,73	17,08	12,44	15,47	15,94	15,02	15,71	15,69
09/2013	10,45	13,62	10,18	11,87	12,02	11,60	11,90	12,63
10/2013	6,15	8,04	7,16	7,01	6,79	5,94	6,12	7,35
11/2013	0,44	2,51	2,76	2,14	1,34	-0,44	-0,43	1,45
12/2013	-1,04	0,78	0,90	0,84	-1,34	-1,68	-1,85	-1,00
01/2014	-1,11	0,42	0,26	0,40	-0,93	-0,47	-0,72	-0,54
02/2014	-1,22	0,36	-0,13	-0,01	-2,28	-0,90	-1,48	-1,36
03/2014	-0,18	0,29	-0,03	0,07	-0,73	-0,31	-0,68	-0,13
04/2014	4,32	6,27	2,88	5,24	3,73	3,47	3,89	3,83
05/2014	5,58	8,21	5,25	7,15	7,13	5,74	5,86	6,96
06/2014	10,93	11,57	8,19	10,70	11,26	9,98	10,53	10,86
07/2014	11,96	13,69	9,97	12,81	13,47	12,19	12,66	13,02
08/2014	14,96	16,14	12,07	14,55	14,78	13,43	14,94	14,56
09/2014	11,80	13,97	10,97	12,58	12,19	11,31	12,09	12,57
10/2014	7,34	8,84	7,67	7,99	7,45	7,44	7,58	8,08
11/2014	1,62	3,33	3,43	2,81	2,21	1,17	1,53	2,49
12/2014	-1,44	0,16	1,00	0,15	-0,92	-1,94	-2,22	-0,63
01/2015	-3,48	-0,01	-0,35	-0,73	-2,46	-2,29	-2,23	-1,60
02/2015	-2,78	-0,52	-0,60	-1,69	-3,08	-3,26	-3,70	-1,51
03/2015	-0,50	-0,03	-0,13	-0,26	-0,37	-0,14	-0,43	-0,22
04/2015	3,44	4,96	1,35	3,57	2,35	1,48	3,18	1,37
05/2015	7,79	8,12	5,23	7,23	7,45	6,77	7,05	7,19
06/2015	12,28	13,08	9,04	12,35	12,79	12,59	12,67	12,51
07/2015	19,56	19,53	13,30	17,91	18,59	18,01	19,70	18,35
08/2015	14,46	15,76	12,02	14,13	14,34	12,07	14,01	14,49
09/2015	8,08	11,09	8,87	9,90	9,47	8,21	8,60	9,98
10/2015	4,87	6,66	5,84	5,87	5,35	4,27	4,53	5,92
11/2015	2,71	4,30	3,86	3,56	2,88	2,99	2,69	3,93
12/2015	1,06	1,88	1,73	1,13	0,03	0,58	0,58	1,29
01/2016	-0,90	0,37	0,49	0,06	-0,32	-1,33	-0,84	-0,22
02/2016	-1,60	0,14	0,15	-0,22	-0,89	-1,35	-1,99	-0,81
03/2016	-1,87	-0,58	-0,06	-1,57	-1,53	-1,98	-2,08	ND
04/2016	0,71	1,33	0,19	0,59	-0,13	-0,15	-0,20	ND
05/2016	4,97	6,34	3,49	5,21	4,32	3,12	3,64	ND

06/2016	11,60	12,83	8,19	11,81	12,07	9,30	10,59	ND
07/2016	16,71	18,36	11,05	16,78	17,25	13,86	15,90	ND
08/2016	16,88	19,62	12,05	17,86	17,91	15,73	17,81	ND
09/2016	11,22	14,31	10,34	12,67	12,71	11,39	11,96	ND
10/2016	6,81	9,07	7,04	7,79	7,05	6,10	6,64	ND
11/2016	0,91	2,82	2,84	1,93	1,60	0,75	0,87	ND
12/2016	-0,37	0,72	1,06	0,56	0,37	-0,83	0,01	ND
01/2017	-3,21	-0,63	-0,22	-1,41	-1,56	-4,00	-2,41	ND
02/2017	-0,78	-0,13	-0,02	-0,57	-0,64	-0,52	-0,49	ND
03/2017	0,59	2,28	-0,06	0,80	0,03	0,27	0,38	ND
04/2017	4,00	6,63	1,66	4,71	4,14	3,67	3,76	ND
05/2017	8,37	9,17	5,24	8,12	8,39	6,49	7,26	ND
06/2017	14,89	14,79	9,98	13,95	14,38	11,89	12,94	ND
07/2017	16,02	16,06	10,81	14,93	15,32	12,77	14,32	ND
08/2017	16,58	17,65	11,79	16,05	16,15	14,35	16,47	ND
09/2017	9,02	11,67	8,43	10,12	10,05	8,28	8,95	ND
10/2017	7,75	9,68	7,32	8,27	8,07	7,45	8,41	ND
11/2017	0,01	1,58	1,86	0,99	0,63	-0,29	-0,50	ND
12/2017	-2,49	-0,48	-0,28	-0,98	-2,14	-2,93	-2,68	ND
01/2018	-1,64	-0,19	-0,19	-0,29	-1,08	-1,17	-0,84	ND
02/2018	-2,91	-0,32	-0,75	-2,23	-1,96	-2,34	-2,08	ND
03/2018	-1,47	-0,01	-0,68	-1,58	-0,82	-0,85	-0,69	ND
04/2018	3,00	0,18	-0,09	1,37	1,16	0,56	1,40	ND
05/2018	4,00	5,98	1,51	4,91	5,28	3,48	4,10	ND
06/2018	10,01	11,74	7,05	10,73	11,46	9,86	10,12	ND
07/2018	15,42	16,17	10,57	14,53	15,64	12,38	13,63	ND
08/2018	15,95	18,37	11,68	16,13	16,80	15,38	17,35	ND
09/2018	11,76	14,68	10,59	12,85	12,62	12,10	12,55	ND
10/2018	5,32	7,52	6,26	6,32	6,16	5,13	4,81	ND
11/2018	0,68	2,01	2,34	1,89	1,54	-0,01	0,53	1,83
12/2018	0,29	0,89	1,22	0,52	0,26	0,16	-0,34	0,87
01/2019	-2,50	-0,85	-0,14	-1,39	-1,61	-3,11	-3,05	-0,64
02/2019	-0,83	0,36	-0,03	-0,55	-0,89	-0,41	-0,69	-0,10
03/2019	0,60	2,53	-0,04	0,52	-0,12	0,65	-0,63	1,40
04/2019	0,50	2,53	0,06	1,41	0,51	-0,08	0,08	1,16
05/2019	3,73	5,81	2,56	4,76	5,79	3,76	3,12	5,80
06/2019	13,97	12,04	7,17	10,98	12,05	8,94	9,20	11,53
07/2019	16,42	16,67	10,85	15,60	16,24	13,13	13,12	15,75
08/2019	15,58	16,70	11,29	15,03	15,02	12,92	12,74	14,96
09/2019	10,15	12,12	8,99	10,63	10,77	9,09	8,80	11,32
10/2019	6,71	8,34	6,80	7,15	6,90	5,38	5,81	7,60
11/2019	0,06	2,08	2,72	1,51	1,09	-0,99	0,21	1,29
12/2019	-0,24	0,79	0,93	0,28	-0,05	-0,22	-0,53	0,25
01/2020	-0,85	0,20	0,42	-0,22	-0,62	-1,27	-1,01	0,39
02/2020	1,73	2,57	1,22	1,01	0,44	1,41	0,75	1,42
03/2020	1,30	1,76	1,31	1,13	0,97	0,58	0,57	1,22
04/2020	3,07	3,77	2,53	3,65	2,86	1,90	2,12	2,55
05/2020	9,69	9,93	6,23	9,04	9,49	8,43	7,31	9,46
06/2020	10,78	ND	7,79	10,36	11,82	8,64	8,27	10,23
07/2020	17,32	ND	11,27	16,37	17,93	16,39	15,29	16,95

08/2020	16,75	ND	11,88	15,49	16,15	13,22	13,53	15,82
09/2020	9,75	ND	8,87	10,61	10,87	9,79	9,08	11,38
10/2020	2,91	ND	4,31	3,62	3,85	2,30	2,30	4,22
11/2020	2,40	ND	3,35	2,79	2,59	2,47	1,96	3,49
12/2020	-1,45	ND	0,42	-0,42	-0,43	-2,44	-1,53	-0,16
01/2021	-2,01	ND	-0,32	-1,46	-1,42	-3,95	-2,62	-0,89
02/2021	0,37	ND	0,21	0,01	-0,04	-0,18	-0,33	0,08
03/2021	-0,37	ND	0,26	-0,15	-0,55	-0,98	-1,35	0,06
04/2021	2,27	ND	1,71	2,56	1,92	1,32	0,66	2,69
05/2021	5,28	ND	5,00	6,31	6,41	4,55	3,67	5,99
06/2021	10,74	ND	9,98	11,80	12,08	9,85	8,65	11,44
07/2021	14,88	ND	11,97	14,78	15,26	13,34	12,21	14,63
08/2021	16,47	ND	13,05	15,85	16,43	15,09	13,94	16,44
09/2021	10,97	ND	10,81	11,67	11,05	9,14	8,79	11,14
T (°C)	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)			
Orientación	N	S	E	W	N	S	E	W
PROMEDIO	5,44	6,54*	4,78	5,88	5,73	4,67	4,92	5,57*

T (°C)	Peña Morca (2274 m)				Peña San Miguel - Moncayo (2314 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W
09/2012	7,44	10,62	7,12	9,06	7,41	10,00	8,73	7,93
10/2012	3,63	6,10	3,63	5,69	4,36	5,82	5,19	4,04
11/2012	-0,45	1,17	-1,21	0,91	-0,10	0,85	0,61	0,06
12/2012	-2,11	0,14	-3,12	-0,05	-1,99	-0,23	0,09	-1,23
01/2013	-1,80	-0,63	-3,32	-1,01	-3,39	-0,76	-0,74	-2,58
02/2013	-2,41	-1,66	-4,30	-1,53	-3,22	-1,11	-0,64	-1,53
03/2013	-1,52	-1,09	-1,21	-0,84	-1,75	-0,82	-0,24	-0,80
04/2013	-0,05	0,81	0,04	0,02	-0,08	0,58	0,07	0,15
05/2013	0,35	1,64	-0,05	0,82	0,77	1,43	0,93	0,87
06/2013	6,84	8,68	5,51	6,85	7,15	8,65	7,55	7,28
07/2013	13,21	15,18	12,20	13,16	14,30	15,06	13,90	13,16
08/2013	13,72	16,33	12,93	13,59	14,21	16,19	14,14	13,99
09/2013	9,32	12,86	9,08	10,70	9,45	12,24	10,24	9,60
10/2013	4,57	6,69	4,71	6,45	4,99	6,50	5,81	4,59
11/2013	-0,68	1,77	-2,00	1,47	-1,29	1,39	1,02	0,03
12/2013	-1,62	0,54	-3,07	-0,13	-3,70	0,26	-0,05	-1,05
01/2014	-0,08	0,44	0,01	-0,14	-0,53	0,25	-0,00	-0,49
02/2014	-0,04	0,41	-0,12	-0,28	-1,07	0,18	0,00	-0,27
03/2014	-0,01	0,27	-0,12	-0,23	-0,63	0,21	0,04	-0,06
04/2014	0,18	3,02	0,04	2,27	1,24	3,52	1,99	1,93
05/2014	3,85	6,80	2,41	5,81	4,46	6,45	5,42	3,95
06/2014	9,20	10,93	8,50	9,34	9,58	10,56	9,72	8,66
07/2014	10,63	12,68	10,04	11,12	11,20	12,51	11,35	10,28
08/2014	12,99	14,49	12,38	12,97	13,63	14,54	13,50	13,44
09/2014	10,76	12,67	10,35	11,43	10,51	12,25	11,00	10,67
10/2014	6,19	7,86	5,91	7,08	5,49	7,64	6,69	6,05
11/2014	0,87	2,02	0,17	2,10	0,60	1,81	1,47	0,24
12/2014	-1,58	0,05	-2,91	-0,00	-2,06	-0,32	-0,36	-0,84
01/2015	-2,83	-0,07	-4,41	0,01	-5,03	-1,52	-1,16	-1,56
02/2015	-4,01	-0,09	-4,40	0,14	-4,95	-1,24	-0,65	-1,01

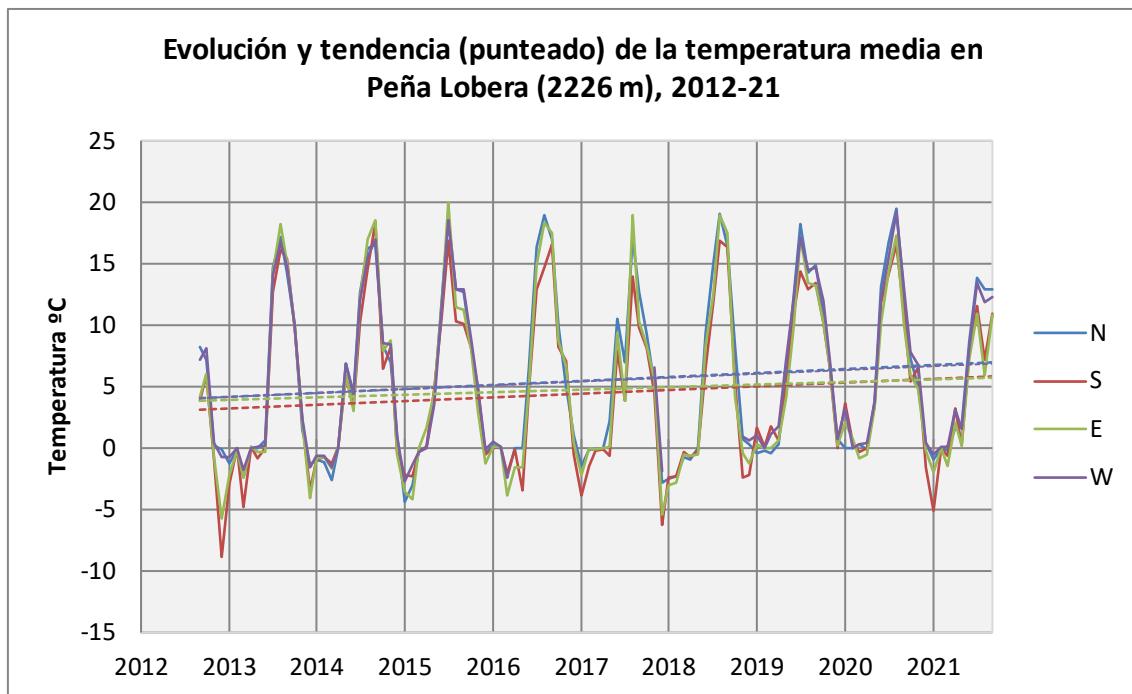
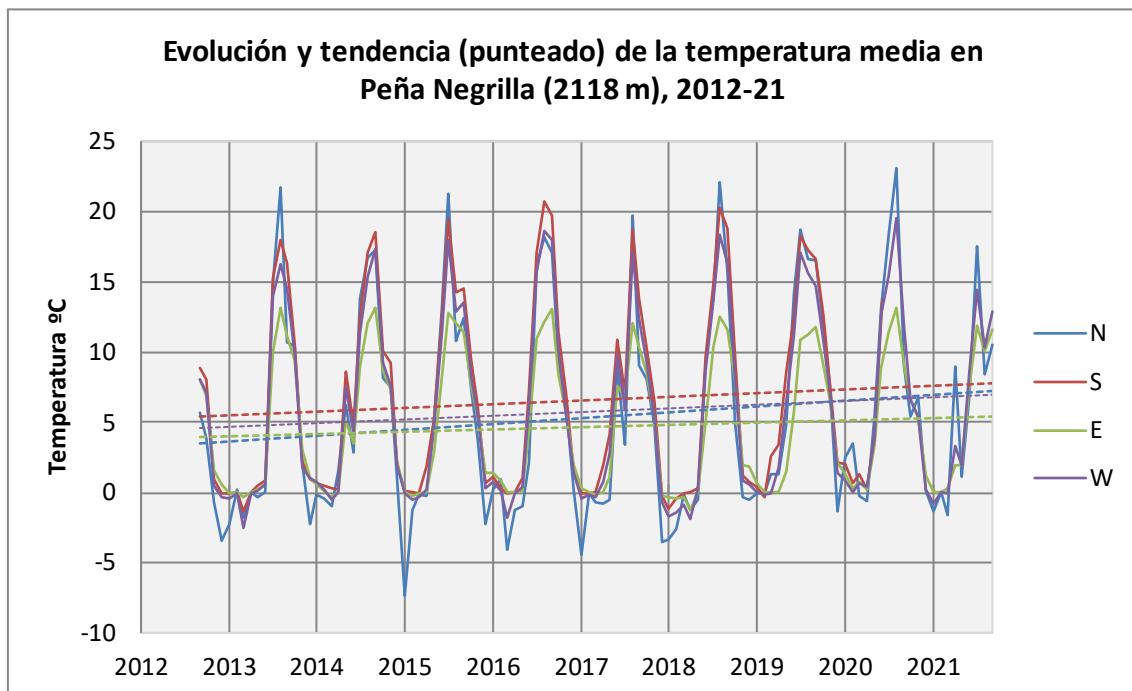
03/2015	-0,84	0,01	-2,24	0,25	-0,75	-0,31	-0,02	-0,26
04/2015	0,92	1,11	0,60	1,75	0,93	0,76	1,30	0,66
05/2015	4,91	6,98	4,60	6,37	5,50	6,72	6,14	5,39
06/2015	10,85	12,77	9,54	10,91	11,31	12,13	11,28	10,71
07/2015	17,98	18,79	16,93	16,46	17,87	18,59	17,09	18,03
08/2015	12,35	14,12	11,35	13,41	13,20	14,33	13,29	12,15
09/2015	6,79	9,35	6,38	9,00	7,31	9,41	8,32	6,63
10/2015	3,28	5,46	3,36	5,07	3,42	5,15	4,48	3,40
11/2015	1,51	4,26	1,05	3,16	1,29	4,02	2,61	1,94
12/2015	-0,34	1,37	-0,76	0,43	-1,00	0,98	0,22	-0,19
01/2016	-0,87	-0,46	-1,82	-0,10	-1,65	-0,44	-0,18	-1,88
02/2016	-2,22	-0,17	-3,40	-0,54	-2,34	-0,57	-1,13	-2,57
03/2016	-2,07	-0,77	-3,31	-1,20	-3,00	-0,72	-0,74	-1,98
04/2016	-0,15	-0,29	-0,43	-0,44	-0,51	-0,27	-0,04	-0,65
05/2016	2,48	3,23	2,25	2,39	3,11	3,83	2,90	2,62
06/2016	9,73	11,54	8,85	10,06	10,37	11,34	10,42	9,50
07/2016	14,70	17,98	13,82	14,89	15,67	17,39	15,38	14,94
08/2016	15,34	19,52	14,80	15,77	15,69	18,85	15,87	16,10
09/2016	10,35	13,92	9,75	11,66	10,40	13,02	11,12	10,29
10/2016	5,31	8,11	4,99	6,78	5,15	7,61	6,27	5,42
11/2016	-0,10	2,13	-0,32	1,65	0,50	1,88	1,36	-0,31
12/2016	-0,36	0,18	-0,26	0,16	-1,71	0,10	0,25	-1,41
01/2017	-2,91	-1,40	-2,67	-0,69	-5,23	-1,41	-0,75	-3,53
02/2017	-1,04	-0,30	-0,76	-0,17	-2,04	-0,13	-0,17	-0,79
03/2017	-0,11	0,65	-0,06	-0,03	-0,60	0,13	-0,04	-0,82
04/2017	0,27	5,65	-0,24	2,77	1,74	5,20	2,94	2,30
05/2017	5,91	8,28	5,30	7,16	6,89	8,04	7,07	5,91
06/2017	12,72	14,31	11,77	13,06	13,78	13,99	12,75	11,92
07/2017	14,60	15,52	13,41	14,01	14,16	ND	13,79	14,07
08/2017	14,71	16,73	14,40	15,03	14,62	ND	14,71	15,05
09/2017	7,10	10,55	7,19	9,46	7,66	ND	8,85	7,61
10/2017	6,48	9,89	6,37	7,66	5,28	ND	6,93	6,55
11/2017	-1,69	1,24	-2,51	1,04	-1,60	1,29	0,52	-1,08
12/2017	-1,96	-1,16	-4,25	-0,85	-4,06	-0,65	-0,80	-2,56
01/2018	-0,99	-0,68	-1,51	-0,98	-2,95	-0,86	-0,62	-2,06
02/2018	-1,94	-0,32	-4,07	-0,85	-4,31	-0,92	-1,05	-2,23
03/2018	-0,86	-0,03	-1,09	-0,20	-1,44	-0,24	-0,27	-0,78
04/2018	-0,10	0,01	-0,10	0,11	-0,34	-0,05	-0,00	0,03
05/2018	2,03	4,76	1,92	3,24	3,16	3,30	2,56	2,44
06/2018	9,32	11,56	8,82	10,02	9,56	10,58	9,45	8,27
07/2018	13,45	15,74	12,26	14,11	14,66	15,05	14,07	12,27
08/2018	14,88	18,05	14,72	15,19	15,47	16,90	15,12	14,81
09/2018	10,69	14,29	10,36	12,08	11,16	13,77	11,79	10,80
10/2018	3,39	7,06	3,52	5,90	3,98	6,75	5,26	3,56
11/2018	0,07	2,03	-0,40	1,49	-0,24	1,62	1,15	-0,08
12/2018	-0,40	0,76	-1,30	0,35	-0,82	0,49	-0,16	-0,96
01/2019	-3,48	-0,73	-4,74	-0,96	-4,86	-1,04	-2,13	-3,99
02/2019	-2,12	-0,01	-2,91	-0,26	-2,91	-0,11	-0,73	-1,00
03/2019	-1,85	1,12	-2,09	-0,35	-1,36	0,24	-0,55	-1,35
04/2019	-0,37	0,86	-0,68	0,11	-0,43	0,76	0,13	-0,73
05/2019	2,21	5,86	0,59	3,62	3,16	5,47	2,64	2,15

06/2019	10,65	12,28	9,75	10,61	10,93	11,26	10,41	9,13
07/2019	14,23	16,47	13,38	14,93	14,95	16,04	14,66	13,21
08/2019	13,64	15,63	12,40	14,25	14,33	15,49	14,15	12,97
09/2019	7,84	11,14	8,11	10,16	8,57	10,95	9,51	7,80
10/2019	5,18	7,29	5,28	6,54	4,89	6,96	5,79	4,98
11/2019	-0,31	0,72	-1,29	0,88	0,17	0,75	0,65	-0,69
12/2019	-0,46	-0,20	-1,05	-0,11	-0,89	-0,20	0,19	-1,17
01/2020	-1,83	-0,02	-2,84	-0,47	-2,43	-0,45	-1,17	-1,86
02/2020	0,19	1,50	0,30	-0,08	-0,28	0,42	0,10	ND
03/2020	-0,98	0,84	-0,93	0,09	-0,27	0,68	0,15	ND
04/2020	0,68	2,20	-0,20	2,36	1,79	2,85	2,40	ND
05/2020	7,46	9,35	6,92	8,53	8,37	8,99	8,20	ND
06/2020	8,28	10,20	7,93	9,67	9,40	10,03	9,63	ND
07/2020	16,49	18,44	15,61	16,19	16,93	17,58	15,94	ND
08/2020	14,15	16,15	13,39	14,92	14,75	15,96	14,72	ND
09/2020	8,05	12,08	8,00	10,14	8,45	11,31	9,52	ND
10/2020	7,89	11,94	7,86	9,99	8,24	ND	9,36	ND
11/2020	1,32	3,70	1,39	3,29	1,92	3,59	2,90	ND
12/2020	1,14	3,10	1,08	2,38	1,19	2,88	1,97	ND
01/2021	-2,36	-0,39	-3,36	-0,22	-2,12	-0,56	-0,50	ND
02/2021	-2,67	-0,65	-4,48	-1,00	-4,38	-1,39	-1,42	ND
03/2021	-0,45	-0,16	-0,78	-0,19	-0,85	-0,26	-0,16	-0,66
04/2021	-2,13	-0,19	-1,50	-0,86	-2,01	-0,62	-0,37	-1,79
05/2021	0,07	2,89	-0,13	0,71	0,74	1,65	0,56	0,47
06/2021	3,91	5,25	3,73	4,46	4,84	5,27	4,53	3,66
07/2021	9,96	11,25	9,18	10,75	11,14	11,23	10,48	9,02
08/2021	15,03	15,22	13,29	13,67	15,03	15,23	13,69	13,12
09/2021	15,01	16,69	13,82	14,79	15,86	17,03	14,89	15,20
T (°C)	Peña Morca (2274 m)				Peña San Miguel - Moncayo (2314 m)			
Orientación	N	S	E	W	N	S	E	W
PROMEDIO	4,15	6,07	3,55	5,16	4,15	5,45*	5,00	4,14*

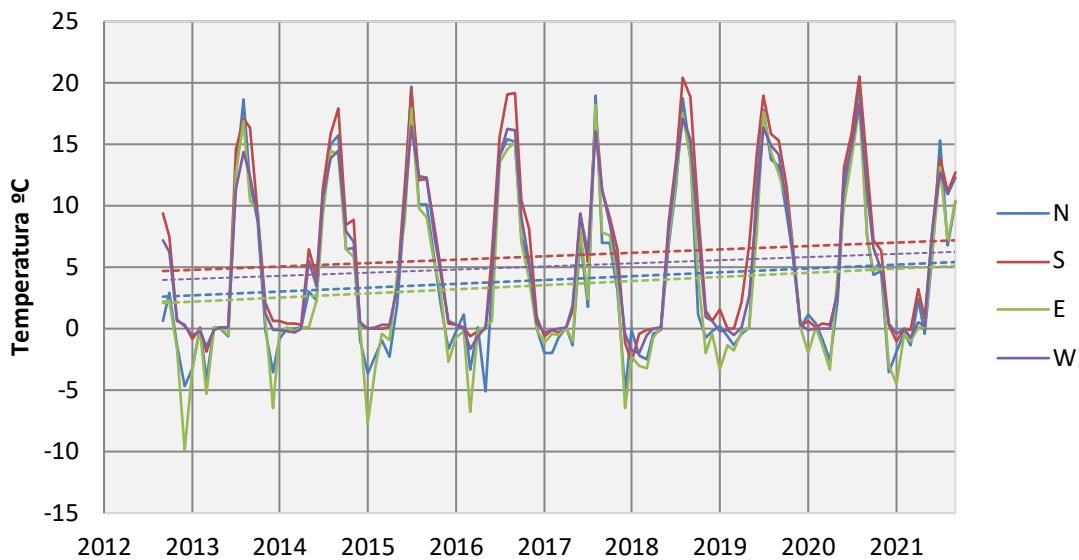
Tabla de temperaturas mínimas y máximas absolutas por orientación, 2012-2020								
	MÍNIMAS ABSOLUTAS				MÁXIMAS ABSOLUTAS			
	N	S	E	W	N	S	E	W
NEG	-9,79 30/12/14	-3,72 11/01/19	-2,17 22/3/18	-5,41 22/3/18	37,62 29/6/19	28,16 15/7/15	18,53 21/8/13	27,56 15/7/18
LOB	-6,42 06/02/15	-12,14 11/01/19	-13,14 10/01/19	-4,45 11/01/19	33,64 23/6/20	37,25 13/7/15	33,44 15/7/15	28,01 15/7/15
MOR	-14,01 11/01/19	-6,07 11/01/19	-13,19 03/12/17	-2,95 11/01/19	28,09 07/7/15	31,84 15/7/15	25,64 29/6/19	24,61 29/7/20
MON	-10,87 11/01/19	-3,97 11/01/19	-7,56 11/01/19	-13,62 11/01/19	24,16 15/7/15	29,57 15/7/15	25,19 16/7/15	29,84 10/7/19

Los datos de T máxima y mínima de NEG-N se deben a que la parcela es muy pedregosa, apenas tiene suelo, por lo que las variaciones de temperatura son más acusadas y extremas.

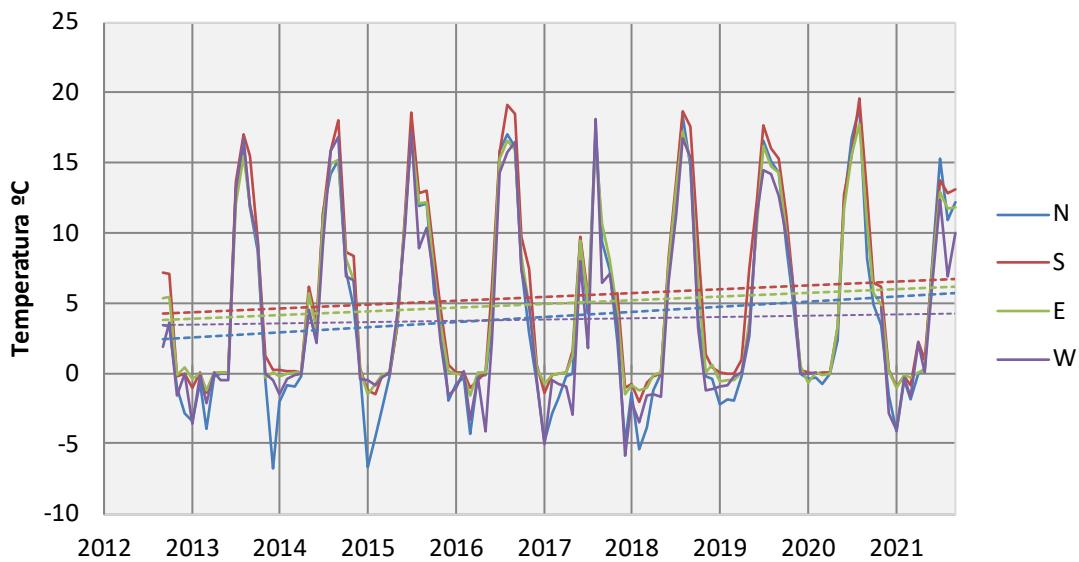
A continuación, exponemos las gráficas de la evolución y la tendencia de la temperatura en las cuatro cimas de la ZP del Moncayo, desde septiembre de 2012 hasta septiembre de 2021. En todas las cimas se observa una **tendencia acusada ascendente** de la temperatura.



Evolución y tendencia (punteado) de la temperatura media en Peña Morca (2274 m), 2012-21



Evolución y tendencia (punteado) de la temperatura media en San Miguel del Moncayo (2314 m), 2012-21



9.3.2. Evolución del periodo vegetativo

El periodo vegetativo (PV) en las dos cimas inferiores, Peña Negrilla y Lobera, es de alrededor de seis meses (6 y 5,8 meses o 181 y 174,6 días, respectivamente). Las dos cimas superiores, Morca y Moncayo, tienen un PV similar de 5,35 meses (algo más de 160 días). La diferencia entre los extremos es de 21 días.

En la **Peña Negrilla** las orientaciones con el PV más corto son E y N, con 170 y 175 días de media (c. 5,8 meses), mientras que en la cara S el PV se alarga casi tres semanas más (hasta los

194 días o 6,5 meses). La diferencia entre la vertiente más fría (E) y más la más cálida (S) es de 24 días.

Curiosamente, en **Peña Lobera** las orientaciones con el PV más largo son la W y N, con c. 182 días (6,1 meses) y 181 (6 meses) respectivamente. La más corta es la S con c. 167 días (5,6 meses), con una diferencia de 15 días con el oeste. Ello puede ser debido a que al Sur hay un collado pronunciado donde sopla el viento de forma casi constante, mientras la cara norte está más protegida de los vientos dominantes del oeste-noroeste (cierzo).

En la **Peña Morca** el PV más corto está al Este (c. 146 días, 4,9 meses), mientras que el PV más largo es más de un mes mayor en la orientación Sur con 179 días (6 meses), con una diferencia de más de 33 días.

Por fin, en la cima más alta, la **Peña San Miguel del Moncayo**, las orientaciones con el PV más corto son la Norte y Oeste (155 y 153 días, poco más de 5 meses), mientras que la ladera más cálida es la Sur con 15 días más (170 días, 5,7 meses).

En la zona piloto del Moncayo, el PV desciende a razón de 10,1 días cada 100 m de altitud, es decir, un mes (30,2 días) cada 300 metros de desnivel.

Tablas del periodo vegetativo (PV) anual en ES-MON, contado en días y meses, por orientaciones. Indicamos en rojo los valores de PV máximos y en azul los mínimos								
CIMA VERTIENTE DÍAS PV	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	163	169	159	164	162	156	159	161
2014	187	214	189	205	199	180	186	199
2015	188	209	181	193	183	169	187	181
2016	163	187	173	178	176	154	163	*
2017	183	212	174	199	194	188	187	*
2018	175	177	152	180	176	165	165	*
2019	166	193	159	174	178	155	155	186
2020	179	*	176	188	180	166	158	191
MEDIA	175,5	194,4	170,4	185,1	181,0	166,6	170,0	183,2
DEST	10,4	17,8	12,6	13,7	11,5	12,3	14,1	14,2
MED CIMA DEST	180,9 ± 15,9				174,4 ± 14,1			
MESES PV	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	5,4	5,6	5,2	5,4	5,4	5,2	5,3	5,4
2014	6,2	7,1	6,2	6,2	6,6	6,0	6,2	6,6
2015	6,3	7,0	6,3	6,2	6,1	5,6	6,2	6,0
2016	5,4	6,2	5,8	5,9	5,9	5,1	5,4	*
2017	6,1	7,1	5,8	6,6	6,5	6,3	6,2	*
2018	5,8	5,9	5,1	6,0	5,9	5,5	5,5	*
2019	5,5	6,4	5,3	5,8	5,9	5,2	5,2	6,2
2020	6,0	*	5,9	6,3	6,0	5,5	5,3	6,4
MEDIA	5,9	6,5	5,7	6,2	6,0	5,6	5,7	6,1
DEST	0,3	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
MED CIMA DEST	6,0 ± 0,5				5,8 ± 0,5			

CIMA VERTIENTE DÍAS PV	Peña Morca (2274 m)				Moncayo (2314 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	141	159	137	149	138	156	148	144
2014	157	189	152	180	165	186	176	167
2015	153	181	151	175	160	175	168	150
2016	151	168	144	165	148	169	161	147
2017	155	204	156	187	172	*	186	171
2018	143	173	141	159	149	163	156	151
2019	144	180	139	162	154	173	152	144
2020	139	181	143	163	149	179	157	*
MEDIA	147,9	179,4	145,4	167,5	154,4	171,6	163,0	153,4
DEST	6,9	13,6	6,8	12,3	10,8	10,0	12,9	11,0
MED CIMA DEST	160,0 ± 17,4				160,5 ± 13,0			
MESES PV	N	S	E	W	N	S	E	W
2013	4,7	5,3	4,6	5,0	4,6	5,2	4,9	4,8
2014	5,2	6,3	5,1	6,0	5,5	6,2	5,9	5,6
2015	5,1	6,0	5,0	5,8	5,3	5,8	5,6	5,0
2016	5,0	5,6	4,8	5,5	4,9	5,6	5,4	4,9
2017	5,2	6,8	5,2	6,2	5,7	*	6,2	5,7
2018	4,8	5,8	4,7	5,3	5,0	5,4	5,2	5,0

2019	4,8	6,0	4,6	5,4	5,1	5,8	5,1	4,8
2020	4,6	6,0	4,8	5,4	5,0	6,0	5,2	*
MEDIA	4,9	6,0	4,8	5,6	5,1	5,7	5,4	5,1
DEST	0,2	0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4

El año con el PV más corto, en todas las cimas, fue 2013, mientras que los más cálidos han sido 2014 y 2017, como podemos ver en la tabla siguiente.

Tabla del promedio de días de periodo vegetativo de cada cima, años 2013-19				
CIMA Alt. (m)	Negrilla 2118	Lobera 2226	Morca 2274	Moncayo 2314
2013	163,8	159,5	146,5	146,5
2014	198,8	191,0	169,5	173,5
2015	192,8	180,0	165,0	163,3
2016	175,3	164,3	157,0	156,3
2017	192,0	189,7	175,5	176,3
2018	188,0	184,8	163,3	166,0
2019	173,0	168,5	156,3	155,8
2020	181,0	173,8	156,5	161,7
MEDIA	180,9	174,4	160,0	161,0
DEST	$\pm 12,4$	$\pm 11,6$	$\pm 9,3$	$\pm 10,0$

A continuación, la tabla del número de días de periodo vegetativo (PV, temperatura media diaria $\geq 4^{\circ}\text{C}$) por mes y año, durante el periodo septiembre de 2012 – septiembre de 2021, por cimas y orientaciones.

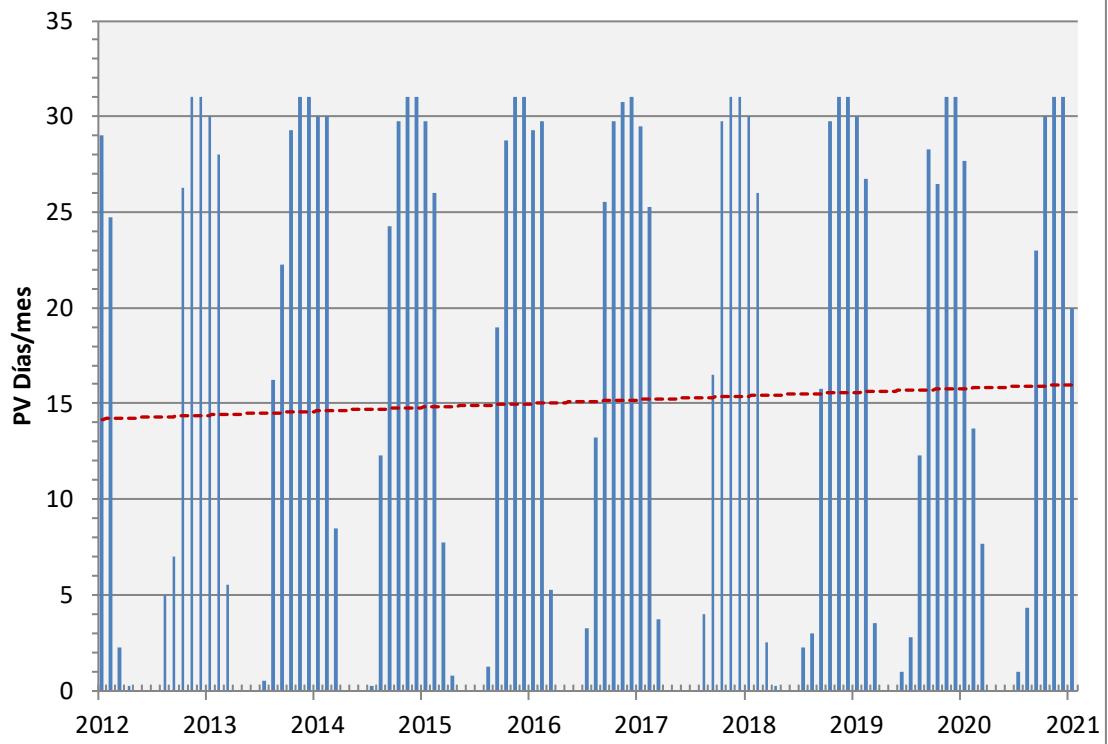
PV MENSUAL	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)				Peña Morca (2274 m)				Moncayo (2314 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
09/2012	26	30	30	30	30	24	25	30	22	30	22	30	22	28	28	22
10/2012	21	27	27	24	24	22	21	25	16	23	16	24	18	23	22	16
11/2012	3	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/2012	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2013	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2013	9	7	1	3	3	4	4	2	0	3	0	0	0	1	0	2
05/2013	9	7	5	7	7	5	7	6	1	5	0	0	2	5	2	5
06/2013	23	28	26	28	27	24	26	27	23	26	20	25	24	26	24	23
07/2013	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
08/2013	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
09/2013	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29
10/2013	26	29	29	28	28	26	26	28	21	28	21	28	20	28	27	20
11/2013	4	6	6	6	5	4	4	6	4	5	4	4	0	4	3	3
12/2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2014	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2014	16	23	9	17	15	12	16	15	0	10	0	7	3	12	7	8
05/2014	15	28	19	27	26	16	16	24	14	20	7	18	16	18	16	15
06/2014	28	30	29	30	30	29	29	30	26	30	27	29	27	29	29	27
07/2014	31	31	31	31	31	31	31	31	29	31	30	31	31	31	31	29
08/2014	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

09/2014	30	30	30	30	30	30	30	30	28	30	28	30	30	30	29	
10/2014	27	31	31	31	31	28	28	31	27	31	27	31	25	31	30	26
11/2014	7	10	9	8	5	3	5	7	2	6	2	3	2	4	2	2
12/2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2015	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2015	13	24	0	12	4	3	10	0	1	3	0	3	0	0	1	0
05/2015	22	26	23	26	26	24	24	25	17	25	18	23	22	24	23	19
06/2015	29	30	30	30	30	30	30	30	28	30	28	30	28	30	30	27
07/2015	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
08/2015	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
09/2015	29	30	30	30	30	27	30	30	28	30	25	30	28	30	30	24
10/2015	22	27	26	24	26	20	22	27	15	25	16	24	18	25	20	16
11/2015	7	10	7	7	5	3	5	7	2	6	2	3	2	4	2	2
12/2015	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2016	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2016	2	3	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
05/2016	17	24	15	20	18	10	15	*	10	13	8	7	12	14	11	10
06/2016	25	30	30	30	30	27	27	*	25	27	25	30	26	29	28	24
07/2016	31	31	31	31	31	31	31	*	31	31	31	31	31	31	31	31
08/2016	31	31	31	31	31	31	31	*	31	31	31	31	31	31	31	31
09/2016	27	30	30	30	30	27	27	*	27	30	25	30	28	30	29	25
10/2016	26	31	31	31	31	24	28	*	24	31	22	31	20	30	27	23
11/2016	4	7	5	5	5	4	4	*	3	5	2	5	0	4	4	3
12/2016	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2017	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2017	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2017	2	9	0	2	0	2	2	*	0	3	0	0	0	0	0	0
04/2017	15	20	0	18	15	17	17	*	2	18	0	9	8	17	13	13
05/2017	23	31	21	27	28	22	24	*	19	26	18	27	25	26	26	22
06/2017	29	30	30	30	30	29	29	*	29	30	28	30	30	30	30	28
07/2017	30	31	31	31	31	30	30	*	30	31	30	31	31	*	31	30
08/2017	31	31	31	31	31	31	31	*	30	31	31	31	31	*	31	30
09/2017	28	30	30	30	30	30	28	*	24	30	26	30	29	*	30	24
10/2017	23	26	26	26	25	24	23	*	21	32	22	25	18	*	23	24
11/2017	2	4	5	4	4	3	3	*	0	3	1	4	0	3	2	0
12/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2018	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2018	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2018	10	0	0	6	4	3	5	*	0	0	0	0	0	0	0	1
05/2018	18	23	3	22	23	17	20	*	10	21	7	11	13	13	10	12
06/2018	29	30	30	30	30	29	28	*	25	30	27	30	28	30	30	27
07/2018	31	31	31	31	31	31	31	*	31	31	31	31	31	30	31	31
08/2018	31	31	31	31	31	31	31	*	31	31	31	31	31	30	31	31
09/2018	30	30	30	30	30	30	30	*	30	30	30	30	30	30	30	30
10/2019	23	27	27	27	27	22	20	17	16	26	15	26	16	27	24	19
11/2019	2	5	0	3	0	2	0	5	0	4	0	0	0	3	0	0
12/2019	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

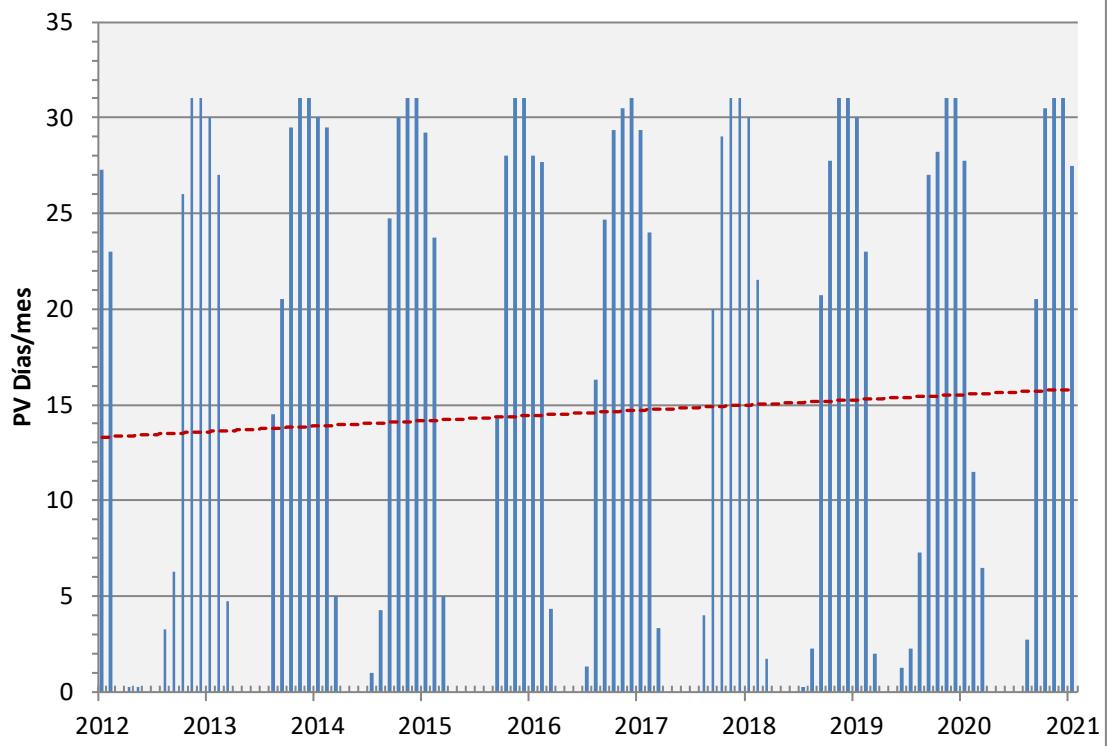
03/2019	2	7	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2019	3	7	0	2	2	2	0	5	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
05/2019	14	25	4	20	26	15	16	26	10	25	2	13	13	22	9	8		
06/2019	29	30	30	30	30	26	25	30	25	30	26	30	29	30	28	24		
07/2019	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
08/2019	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
09/2019	30	30	30	30	30	29	29	32	26	30	27	30	29	30	30	28		
10/2019	24	28	29	26	26	19	21	26	19	26	20	25	19	25	21	20		
11/2019	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/2020	3	1	0	0	0	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2020	4	5	0	2	2	2	2	3	0	2	0	0	0	2	0	*		
04/2020	14	17	1	17	10	6	4	9	0	9	0	5	3	12	5	*		
05/2020	25	31	28	29	29	26	24	29	22	26	22	27	25	27	26	*		
06/2020	27	19	30	30	30	26	26	31	24	29	25	30	27	28	28	*		
07/2020	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	*		
08/2020	31	31	31	31	31	31	31	31	29	31	30	31	31	31	31	*		
09/2020	26	*	30	27	29	26	26	30	23	28	24	27	25	27	26	*		
10/2020	12	*	16	13	12	10	9	15	7	14	6	9	5	13	7	*		
11/2020	6	*	9	8	6	5	5	10	3	9	5	3	2	8	3	*		
12/2020	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*		
01/2021	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*		
02/2021	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/2021	3	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/2021	7	*	0	6	5	0	0	6	0	9	0	0	0	2	0	0		
05/2021	22	*	22	25	24	21	15	22	14	21	17	19	21	21	20	15		
06/2021	30	*	30	30	30	30	30	32	29	30	30	30	30	30	30	30		
07/2021	31	*	31	31	31	31	31	31	30	31	31	31	31	31	31	31		
08/2021	31	*	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
09/2021	20	*	20	20	28	28	26	28	25	28	26	28	28	28	28	26		
PV MENSUAL	Peña Negrilla (2118 m)				Peña Lobera (2226 m)				Peña Morca (2274 m)				Moncayo (2314 m)					
	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W		

A continuación, exponemos las gráficas de la evolución y la tendencia del periodo vegetativo en las cuatro cimas de la ZP del Moncayo, desde septiembre de 2012 hasta septiembre de 2021. En todas las cimas se observa una **tendencia acusada ascendente** del PV.

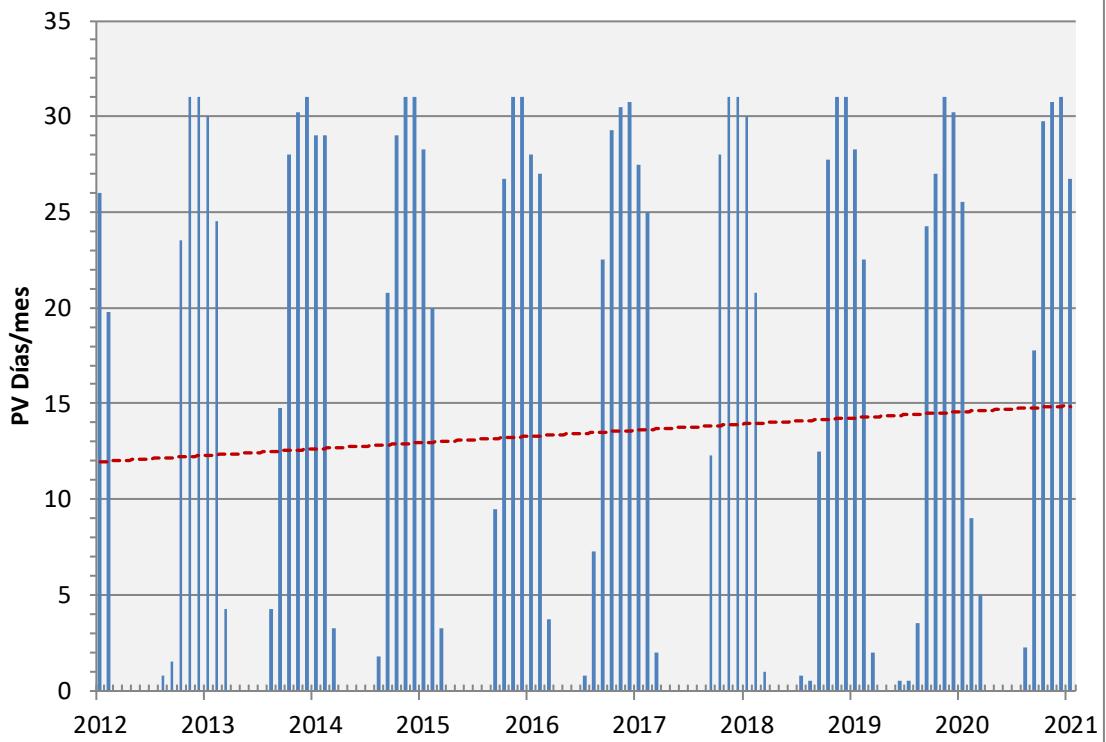
**Periodo vegetativo medio y línea de tendencia (punteado)
en Peña Negrilla (2118 m), 2012-21**



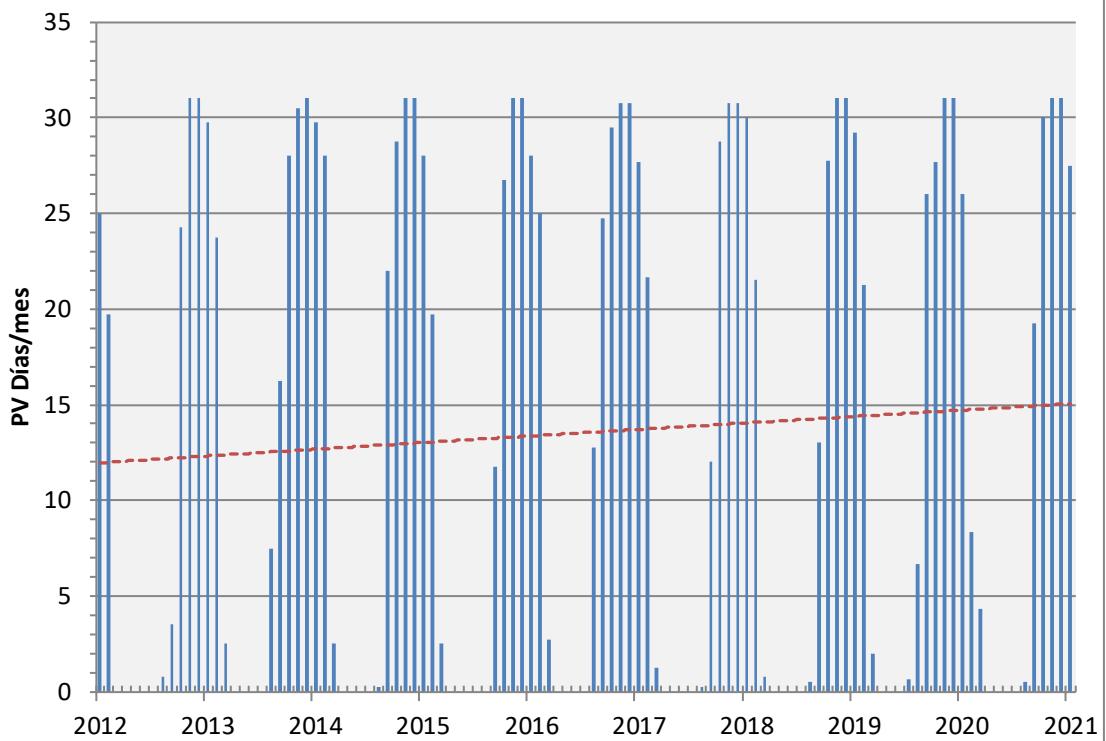
**Periodo vegetativo medio y línea de tendencia (punteado)
en Peña Lobera (2226 m), 2012-21**



**Periodo vegetativo medio y línea de tendencia (punteado)
en Peña Morca (2274 m), 2012-21**



**Periodo vegetativo medio y línea de tendencia (punteado)
en San Miguel del Moncayo (2314 m), 2012-21**



10. Especies de plantas localizadas en las cimas GLORIA-Aragón

A continuación, presentamos en tres tablas las listas de especies de plantas vasculares localizadas correspondientes en las cuatro cimas de cada una las tres zonas piloto GLORIA-Aragón.

10.1. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-CPY (Ordesa)

Taxones ES-CPY	ACU 2242 m	CUS 2519 m	TOB 2779 m	OLA 3022 m
<i>Achillea millefolium</i> L.	X	.	.	.
<i>Agrostis alpina</i> Scop.	.	X	.	.
<i>Agrostis capillaris</i> L.	X	.	.	.
<i>Alchemilla alpina</i> L.	X	X	.	.
<i>Androsace ciliata</i> DC.	.	.	.	X
<i>Androsace villosa</i> L.	X	.	.	.
<i>Androsace vitaliana</i> (L.) Lapeyr. subsp. <i>vitaliana</i>	X	.	.	.
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	X	X	.	.
<i>Anthyllis montana</i> L.	X	.	.	.
<i>Anthyllis vulneraria</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Kit. ex Schult.) Asch. & Graebn.	.	X	.	.
<i>Arabis scabra</i> All.	X	.	.	.
<i>Arenaria moehringioides</i> J. Murr	.	X	.	.
<i>Arenaria grandiflora</i> L.	X	.	.	.
<i>Arenaria purpurascens</i> Ramond ex DC.	X	X	X	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	.	X	.	.
<i>Artemisia umbelliformis</i> Lam.	.	.	.	X
<i>Asplenium viride</i> Huds.	.	X	.	.
<i>Aster alpinus</i> L.	X	.	.	.
<i>Borderea pyrenaica</i> Miégev.	X	.	.	.
<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	.	X	.	.
<i>Bupleurum ranunculoides</i> L.	X	.	.	.
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	X	.	.	.
<i>Campanula cochlearifolia</i> Lam.	.	X	.	.
<i>Campanula agg. scheuchzeri</i> Vill.	X	X	.	.
<i>Carduus carlinoides</i> Gouan subsp. <i>carlinoides</i>	.	X	X	.
<i>Carex ericetorum</i> Pollich	X	.	.	.
<i>Carex ornithopoda</i> Willd.	X	X	.	.
<i>Carex parviflora</i> Host	X	.	.	.
<i>Carex rupestris</i> All.	X	X	.	.
<i>Cerastium alpinum</i> L.	X	.	.	.
<i>Cerastium arvense</i> L.	X	.	.	.
<i>Cirsium acaule</i> Scop. subsp. <i>acaule</i>	X	.	X	.
<i>Crepis pygmaea</i> L.	.	.	X	.
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	.	X	.	.
<i>Dianthus benearensis</i> Loret	X	.	.	.
<i>Draba dubia</i> Suter subsp. <i>laevipes</i> (DC.) Braun-Blanq.	.	.	.	X
<i>Erigeron uniflorus</i> L.	X	X	.	.
<i>Erinus alpinus</i> L.	X	.	.	.

Euphrasia salisburgensis Funck	X	X	.	.
Festuca eskia Ramond ex DC.	X	.	.	.
Festuca gautieri (Hack.) K. Richt. subsp. scoparia (A.Kerner & Hack) Kerguélen	X	X	.	.
Festuca glacialis (Miégev. ex Hack.) K. Richt.	X	X	X	.
Festuca ovina L. s.l.	X	.	.	.
Festuca pyrenaica Reut.	X	X	X	.
Festuca rubra L. s.l.	X	X	.	.
Galium marchandii Roem. & Schult.	X	.	.	.
Galium pyrenaicum Gouan	.	X	X	.
Gentiana nivalis L.	.	X	.	.
Gentiana verna L. subsp. verna	X	X	.	.
Gentianella campestris (L.) Börner	.	X	.	.
Geranium cinereum Cav.	X	X	X	.
Helictotrichon sedenense (DC.) Holub	X	X	.	.
Hieracium lactucella Wallr.	.	X	X	.
Hieracium pilosella L.	X	.	.	.
Juniperus communis L. subsp. hemisphaerica (J. Presl & C. Presl) Nyman
Leontodon hispidus L.	X	X	.	.
Leontodon pyrenaicus Gouan subsp. pyrenaicus	X	X	.	.
Leucanthemopsis alpina (L.) Heywood	.	X	X	.
Linaria alpina (L.) Mill.	.	X	X	X
Lotus alpinus (DC.) Schleich. ex Ramond	X	X	.	.
Luzula spicata (L.) DC.	.	X	.	.
Minuartia cerastiifolia (Ramond ex DC.) Graebn.	.	.	.	X
Minuartia verna (L.) Hiern subsp. verna	X	X	.	.
Nardus stricta L.	X	.	.	.
Oxytropis campestris (L.) DC.	X	.	.	.
Oxytropis pyrenaica Godr. & Gren.	X	.	X	.
Paronychia kapela (Hacq.) A. Kern. subsp. serpyllifolia (Chaix) Graebner	X	.	.	.
Phyteuma hemisphaericum L.	X	X	.	.
Phyteuma orbiculare L.	X	.	.	.
Pimpinella saxifraga L.	X	.	.	.
Plantago alpina L.	X	.	.	.
Plantago monosperma Pourr.	X	.	.	.
Poa alpina L.	X	X	X	X
Polygala alpestris Rchb.	X	X	.	.
Polygonum viviparum L.	.	X	.	.
Potentilla brauniana Hoppe	.	X	.	.
Potentilla nivalis Lapeyr.	.	X	X	.
Potentilla tabernaemontani Asch.	X	X	.	.
Pritzelago alpina (L.) Kuntze subsp. alpina	.	.	X	X
Ranunculus parnassifolius L. subsp. heterocarpus P. Küpfer	.	X	.	.
Rhinanthus mediterraneus (Sterneck) Adamovic	X	.	.	.
Saponaria caespitosa DC.	X	.	.	.
Saxifraga aizoides L.	.	X	.	.
Saxifraga moschata Wulfen	X	X	.	.

<i>Saxifraga oppositifolia</i> L.	.	X	X	X
<i>Saxifraga paniculata</i> Mill.	X	X	.	.
<i>Saxifraga pubescens</i> Pourr. subsp. <i>iratiana</i> (F.W. Schultz) Engl. & Irmsch.	.	.	.	X
<i>Sedum atratum</i> L. subsp. <i>atratum</i>	.	X	.	.
<i>Sedum brevifolium</i> DC.	.	X	.	.
<i>Sempervivum montanum</i> L. subsp. <i>montanum</i>	X	X	.	.
<i>Seseli nanum</i> Dufour	X	.	.	.
<i>Sideritis hyssopifolia</i> L. subsp. <i>eynensis</i> (Sennen) Malagarr.	X	.	.	.
<i>Silene acaulis</i> (L.) Jacq.	X	X	.	.
<i>Taraxacum</i> agg. <i>dissectum</i> (Lebed.) Lebed. (<i>T. pyrenaicum</i> Reut.)	.	X	.	.
<i>Thalictrum alpinum</i> L.	.	X	.	.
<i>Thymelaea nivalis</i> (Ramond) Meisn.	X	.	.	.
<i>Thymus nervosus</i> J. Gay ex Willk.	X	X	X	.
<i>Trifolium alpinum</i> L.	X	.	.	.
<i>Trifolium pratense</i> L.	X	X	.	.
<i>Trifolium thalii</i> Vill.	.	X	X	.
<i>Vaccinium uliginosum</i> L. subsp. <i>microphyllum</i> Lange	X	.	.	.
<i>Veronica alpina</i> L.	.	.	X	.
<i>Veronica aphylla</i> L.
<i>Veronica nummularia</i> Gouan	.	.	X	.
<i>Vicia pyrenaica</i> Pourr.	X	.	.	.
Nº total de taxones por cima	67	56	20	9
Taxones ES-CPY	ACU 2242 m	CUS 2519 m	TOB 2779 m	OLA 3022 m

10.2. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)

Taxones ES-SPY	GUE 2302 m	ANA 2555 m	BAC 2731	ROB 2827 m
<i>Agrostis alpina</i> Scop.	.	.	X	.
<i>Agrostis capillaris</i> L.	X	.	.	.
<i>Agrostis rupestris</i> All.	.	X	X	.
<i>Ajuga pyramidalis</i> L.	X	.	.	.
<i>Alchemilla alpina</i> L.	X	X	X	.
<i>Alchemilla flabellata</i> Buser	.	X	.	.
<i>Androsace ciliata</i> DC.	.	X	.	X
<i>Androsace laggeri</i> A. Huet	X	.	.	.
<i>Androsace vitaliana</i> (L.) Lapeyr. subsp. <i>vitaliana</i>	X	X	.	.
<i>Antennaria carpatica</i> (Wahlenb.) Bluff & Fingerh.	X	X	X	.
<i>Anthyllis vulneraria</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Kit. ex Schult.) Asch. & Graebn.	.	.	.	X
<i>Arenaria moehringioides</i> J. Murr	.	X	.	.
<i>Armeria alpina</i> Willd.	.	X	X	X
<i>Artemisia umbelliformis</i> Lam.	.	.	.	X
<i>Bellardiochloa violacea</i> (Bellardi) Chiov.	X	.	.	.
<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	X	X	.	X
<i>Campanula cochlearifolia</i> Lam.	.	.	.	X
<i>Campanula agg. scheuchzeri</i> Vill.	X	.	X	.
<i>Cardamine resedifolia</i> L	X	.	X	.
<i>Carduus carlinoides</i> Gouan subsp. <i>carlinoides</i>	.	X	.	X
<i>Carex curvula</i> All.	.	X	X	X
<i>Carex parviflora</i> Host	.	X	.	.
<i>Carlina acanthifolia</i> All.	X	.	.	.
<i>Carlina acaulis</i> L.	.	X	.	.
<i>Cerastium alpinum</i> L.	X	X	.	X
<i>Crepis pygmaea</i> L.	.	X	.	X
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	X	.	.	.
<i>Cryptogramma crispa</i> (L.) R. Br. ex Hook.	X	.	X	.
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	X	.	.	.
<i>Draba aizoides</i> L subsp. <i>aizoides</i>	.	X	.	X
<i>Draba siliquosa</i> subsp. <i>carinthiaca</i> (Hoppe) O. Bolòs & Vigo	.	X	.	.
<i>Erigeron uniflorus</i> L.	X	X	X	X
<i>Euphrasia alpina</i> subsp. <i>alpina</i> Lam.	.	.	.	X
<i>Euphrasia minima</i> Jacq. ex DC. in Lam. & DC.	.	.	X	.
<i>Euphrasia salisburgensis</i> Funck	X	X	X	X
<i>Euphrasia stricta</i> J.P. Wolff ex J.F. Lehm.	.	.	.	X
<i>Festuca eskia</i> Ramond ex DC.	X	.	X	.
<i>Festuca gautieri</i> (Hack.) K. Richt. subsp. <i>scoparia</i> (A.Kerner & Hack) Kerguélen	.	X	.	X
<i>Festuca glacialis</i> (Miégev. ex Hack.) K. Richt.	.	X	X	X
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.	X	X	.	.
<i>Festuca ovina</i> L. s.l. (incl. <i>F. altopyrenaica</i>)	X	X	X	.
<i>Festuca pyrenaica</i> Reut.	.	.	.	X
<i>Festuca rubra</i> L. s.l.	X	.	X	.

<i>Galium aparine</i> L. subsp. <i>aparine</i>	X	.	.	.
<i>Galium cespitosum</i> Lam	X	X	X	X
<i>Galium cometerhizon</i> Lapeyr.	.	.	.	X
<i>Galium marchandii</i> Roem. & Schult.	X	X	.	.
<i>Galium verum</i> L. subsp. <i>verum</i>	X	.	.	.
<i>Gentiana acaulis</i> L.	X	.	X	.
<i>Gentiana alpina</i> Vill.	.	.	X	.
<i>Gentiana lutea</i> L. subsp. <i>lutea</i>	X	.	.	.
<i>Gentiana nivalis</i> L.	.	X	.	.
<i>Gentiana verna</i> L. subsp. <i>verna</i>	.	X	.	X
<i>Gentianella campestris</i> (L.) Börner	.	X	.	.
<i>Geranium cinereum</i> Cav.	X	X	.	.
<i>Globularia repens</i> Lam.	.	X	.	.
<i>Helictotrichon sedenense</i> (DC.) Holub	X	X	X	X
<i>Hieracium amplexicaule</i> L.	X	.	.	.
<i>Hieracium lactucella</i> Wallr.	X	.	X	X
<i>Hieracium pilosella</i> L.	X	.	X	.
<i>Hieracium piliferum</i> Hoppe	X	.	X	.
<i>Iberis spathulata</i> DC. in Lam. & DC.	.	.	.	X
<i>Jasione laevis</i> Lam. subsp. <i>laevis</i>	X	.	X	.
<i>Juniperus communis</i> L. subsp. <i>alpina</i> (Suter) Celak.	X	X	X	.
<i>Kobresia myosuroides</i> (Vill.) Fiori in Fiori & Paol.	.	X	.	.
<i>Leontodon pyrenaicus</i> Gouan subsp. <i>pyrenaicus</i>	X	X	X	.
<i>Leucanthemopsis alpina</i> (L.) Heywood	X	X	X	X
<i>Linaria alpina</i> (L.) Mill.	X	X	X	X
<i>Lotus alpinus</i> (DC.) Schleich. ex Ramond	X	X	.	X
<i>Luzula nutans</i> (Vill.) Duval-Jouve	X	.	.	.
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.	X	X	X	.
<i>Lychnis alpina</i> L.	X	.	.	.
<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	X	.	.	.
<i>Minuartia sedoides</i> (L.) Hiern	.	.	.	X
<i>Minuartia verna</i> (L.) Hiern subsp. <i>verna</i>	X	X	X	.
<i>Myosotis alpestris</i> F.W. Schmidt	.	X	.	.
<i>Nardus stricta</i> L.	X	.	.	.
<i>Omalotheca supina</i> (L.) DC.	.	.	X	.
<i>Oreochloa blanca</i> Deyl	.	.	X	.
<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill	.	.	.	X
<i>Oxytropis pyrenaica</i> Godr. & Gren.	.	.	.	X
<i>Paronychia kapela</i> (Hacq.) A. Kern. subsp. <i>serpyllifolia</i> (Chaix) Graebner	.	X	.	X
<i>Paronychia polygonifolia</i> (Vill.) DC. in Lam. & DC.	X	.	.	.
<i>Pedicularis pyrenaica</i> J. Gay	X	.	X	.
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	X	X	X	.
<i>Phyteuma orbiculare</i> L.	X	.	.	.
<i>Plantago alpina</i> L.	X	.	.	.
<i>Poa alpina</i> L.	X	X	X	X
<i>Poa cenisia</i> All. subsp. <i>sardoa</i> Em. Schmid	X	X	X	.
<i>Poa nemoralis</i> L.	X	X	.	.
<i>Polygala alpestris</i> Rchb.	X	.	.	.

<i>Polygonum viviparum</i> L.	.	X	.	.	
<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) Beck ex Fritsch	.	X	.	X	
<i>Potentilla neumanniana</i> Rchb.	.	.	X	.	
<i>Potentilla nivalis</i> Lapeyr.	.	X	X	X	
<i>Potentilla tabernaemontani</i> Asch.	.	X	.	.	
<i>Primula hirsuta</i> All.	.	X	X	.	
<i>Primula integrifolia</i> L.	.	X	.	.	
<i>Pritzelago alpina</i> (L.) Kuntze subsp. <i>alpina</i>	.	.	.	X	
<i>Ranunculus amplexicaulis</i> L.	X	.	.	.	
<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.	.	.	X	.	
<i>Salix reticulata</i> L.	.	X	.	.	
<i>Saxifraga bryoides</i> L.	.	X	X	.	
<i>Saxifraga moschata</i> Wulfen	X	X	X	X	
<i>Saxifraga oppositifolia</i> L. s.l.	.	X	.	X	
<i>Saxifraga paniculata</i> Mill.	X	X	.	X	
<i>Saxifraga pubescens</i> Pourr. s.l.	.	X	.	X	
<i>Scleranthus perennis</i> L.	X	.	.	.	
<i>Scutellaria alpina</i> L. subsp. <i>alpina</i>	.	X	.	.	
<i>Sedum alpestre</i> Vill.	.	X	X	X	
<i>Sedum anglicum</i> Huds. subsp. <i>pyrenaicum</i> Lange	X	.	.	.	
<i>Sedum atratum</i> L. subsp. <i>atratum</i>	.	.	.	X	
<i>Sedum brevifolium</i> DC.	X	X	X	X	
<i>Sempervivum arachnoideum</i> L.	X	X	.	.	
<i>Sempervivum montanum</i> L. subsp. <i>montanum</i>	X	X	X	.	
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	.	.	X	X	
<i>Sideritis hyssopifolia</i> L. s.l.	.	X	.	.	
<i>Silene acaulis</i> (L.) Jacq.	X	X	X	X	
<i>Silene rupestris</i> L.	X	X	X	.	
<i>Solidago virgaurea</i> L.	.	.	X	.	
<i>Taraxacum</i> agg. <i>dissectum</i> (Lebed.) Lebed. (<i>T. pyrenaicum</i> Reut.)	.	X	.	X	
<i>Thalictrum alpinum</i> L.	.	X	.	.	
<i>Thesium pyrenaicum</i> Pourr. subsp. <i>pyrenaicum</i>	.	.	X	.	
<i>Thymus praecox</i> Opiz subsp. <i>polytrichus</i> (A.Kern. ex Borbás) Jalas	X	X	X	X	
<i>Trifolium alpinum</i> L.	X	X	X	.	
<i>Trifolium thalii</i> Vill.	.	X	.	.	
<i>Urtica dioica</i> L.	.	X	.	.	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	X	.	X	.	
<i>Vaccinium uliginosum</i> L. subsp. <i>microphyllum</i> Lange	.	.	X	.	
<i>Veronica bellidioides</i> L.	X	X	.	.	
<i>Veronica fruticulosa</i> L.	X	.	X	.	
<i>Veronica nummularia</i> Gouan	.	.	.	X	
Nº total de taxones por cima		69	72	55	47
Taxones ES-SPY		GUE 2302 m	ANA 2555 m	BAC 2731	ROB 2827 m

10.3. Tabla de taxones inventariados en la zona piloto ES-MON (Moncayo)

Taxones ES-MON	NEG 2118 m	LOB 2226 m	MOR 2274 m	MON 2314 m
Achillea millefolium L.	X	.	.	.
Agrostis castellana Boiss. & Reut.	X	X	X	X
Agrostis capillaris L.	.	X	.	.
Agrostis cf. rupestris All.	.	.	.	X
Aira caryophyllea L.	X	.	.	.
Alchemilla saxatilis Buser	.	X	X	X
Antennaria dioica (L.) Gaertn.	X	X	X	X
Anthoxanthum odoratum L.	.	X	.	.
Arenaria serpyllifolia L.	X	.	.	.
Armeria bigerrensis (Pau ex C. Vicioso & Beltrán) Rivas Mart. subsp. microcephala (Willk.) Nieto Fel.	X	X	X	X
Armeria alliacea (Cav.) Hoffmanns. & Link	X	.	.	.
Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl	X	X	.	.
Avenula sulcata (J. Gay ex Boiss.) Dumort. subsp. sulcata	X	.	.	.
Biscutella valentina (Loefl. ex L.) Heywood subsp. pyrenaica (A. Huet) Grau & Klingenberg	.	X	X	X
Bromus hordeaceus L.	X	.	.	.
Campanula urbionensis Rivas Mart. & G. Navarro	.	.	.	X
Carex caryophyllea Latourr.	X	X	X	X
Cerastium arvense L.	X	X	X	X
Chenopodium bonus-henricus L.	X	.	.	.
Cryptogramma crispa (L.) R.Br. ex Hook.	.	.	X	.
Cytisus oromediterraneus Rivas Martínez & al.	X	.	.	.
Deschampsia flexuosa (L.) Trin.	X	X	X	X
Erophila verna (L.) Chevall.	X	.	.	.
Euphrasia minima Jacq. ex DC.	X	X	X	X
Festuca indigesta Boiss. subsp. aragonensis (Willk.) Kerguélen	X	X	X	X
Festuca rivas-martinezii Fuente & Ortúñez	X	.	.	.
Festuca rubra L. var. iberica Hack.	X	X	.	X
Galeopsis ladanum subsp. carpetana (Willk.) O. Bolòs & Vigo	X	X	.	.
Galium idubedae (Pau ex Debeaux) Pau ex Ehrend.	X	X	.	.
Hieracium schmidtii Tausch	X	.	.	.
Hieracium castellanum Boiss. & Reut.	X	X	X	X
Hieracium vahlii Froelich in DC.	X	X	X	X
Jasione crispa (Pourr.) Samp. subsp. crispa	X	X	X	X
Juniperus communis L. subsp. alpina (Suter) C\$Kelak.	X	X	X	X
Koeleria crassipes Lange	.	X	.	.
Leontodon hispidus L. subsp. bourgaeanus (Willk.) Rivas Martínez	.	X	.	.

<i>Linaria alpina</i> (L.) Mill.	X	X	X	X
<i>Luzula hispanica</i> Chrtek & Krísa	X	X	X	X
<i>Merendera pyrenaica</i> (Pourr.) P.Fourn.	X	.	.	.
<i>Nardus stricta</i> L.	.	.	.	X
<i>Poa alpina</i> L.	X	.	.	.
<i>Poa bulbosa</i> L.	X	.	.	.
<i>Poa nemoralis</i> L.	X	.	.	X
<i>Ranunculus olissiponensis</i> Pers. subsp. <i>alpinus</i> (Boiss. & Reut.) Grau	X	.	.	.
<i>Rubus idaeus</i> L.	X	.	.	.
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	X	.	.	X
<i>Rumex acetosella</i> L. subsp. <i>angiocarpus</i> (Murb.) Murb.	X	X	X	X
<i>Saxifraga dichotoma</i> Willd. ex Sternb.	X	X	X	X
<i>Saxifraga pentadactylis</i> Lapeyr. subsp. <i>willkommiana</i> (Boiss. ex Engl.) Rivas Mart.	.	.	X	X
<i>Scleranthus perennis</i> L.	X	X	.	X
<i>Sedum amplexicaule</i> DC. subsp. <i>tenuifolium</i> (Sm.) Greuter	X	X	.	X
<i>Sedum brevifolium</i> DC.	X	X	X	X
<i>Senecio pyrenaicus</i> L. subsp. <i>pyrenaicus</i>	X	X	X	X
<i>Silene ciliata</i> Pourret	X	X	X	X
<i>Solidago virgaurea</i> L.	X	X	X	X
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	.	.	.	X
<i>Veronica fruticans</i> Jacq.	X	X	X	X
<i>Veronica hederifolia</i> L. subsp. <i>hederifolia</i>	X	.	.	.
<i>Viola montcaunica</i> Pau	.	X	.	X
Nº total de taxones por cima		46	34	25
Taxones ES-MON		NEG 2118 m	LOB 2226 m	MOR 2274 m
				MON 2314 m

11. Proyección de GLORIA

11.1. Presencia pública

Informes publicados en la web de la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático 2030 del Gobierno de Aragón, dentro del Observatorio del Cambio Climático en Aragón: <http://www.estrategiaaragonesacambioclimatico.es/observatorio/>

Presentación del proyecto GLORIA-Aragón en el **III Coloquio internacional sobre cambio climático en zonas de montaña**, organizado por el Observatorio Pirenaico del Cambio climático (OPCC) de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP), el 22 y 23 de octubre de 2019 (<https://www.opcc-ctp.org/es/contenido/3o-coloquio-internacional-cambio-climatico-en-zonas-montana>).

Entrevista a José Luis Benito en el programa **Ágora de Aragón Radio**, el 25 de enero de 2020, en la que hablamos del proyecto GLORIA y los efectos de calentamiento global sobre las plantas en alta montaña. Se puede escuchar en la siguiente dirección: <http://www.aragonradio.es/podcast/emision/agora-25012020-paseo-cientifico-por-ordesa/>

Presencia en la **VI Jornada de investigación del del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido** (PNOMP) celebrada el día 2 de diciembre de 2020, donde se expusieron los resultados de algunos de los proyectos de investigación que se están desarrollando en ese espacio protegido. Fuimos invitados para presentar el proyecto GLORIA-Aragón y las conclusiones extraídas hasta el momento en el ámbito del PNOMP. Dicha jornada se desarrolló vía telemática (enlace del programa: <https://jolube.wordpress.com/2020/11/30/vi-jornada-de-investigacion-del-parque-nacional-de-ordesa-y-monte-perdido/>).

Las presentaciones fueron editadas en abril de 2021 en el libro de las **VI Jornada de investigación del del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido**, publicado por el Parque: <https://jolube.wordpress.com/2021/09/23/vi-jornada-de-investigacion-parque-nacional-de-ordesa-y-monte-perdido/>

Actualización periódica de la web del proyecto GLORIA-Aragón: <https://jolube.wordpress.com/proyecto-gloria/>

Entrada en Wikipedia del proyecto GLORIA: [https://es.wikipedia.org/wiki/GLORIA_\(proyecto_de_investigaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/GLORIA_(proyecto_de_investigaci%C3%B3n))

11.2. Las bases de datos de GLORIA en GrassPlot

Desde 2018, las bases de datos del proyecto GLORIA-Aragón han sido incorporadas a **GrassPlot (Database of Scale-Dependent Phytodiversity Patterns in Palearctic Grasslands)** (Dengler & al., 2018). Se trata de una plataforma que reúne los datos de parcelas de estudios sobre vegetación del hemisferio Norte. Está organizada por el *Eurasian Dry Grassland Group* (www.EDGG.org) y listada en el *Global Index of Vegetation-Plot Databases* (www.GIVD.info/ID/EU-00-003). *GrassPlot* recoge registros de parcelas (inventarios) de pastos y otros hábitats abiertos del reino biogeográfico Paleártico. Se centra en parcelas delimitadas con exactitud, como en el caso de GLORIA, con ocho tamaños de muestreo estándar (desde 0,0001 hasta los 1.000 m²) y en series de parcelas con al menos cuatro tamaños diferentes.

Se trata de la mayor base de datos mundial de este tipo de vegetación, los pastos. En nuestro caso hemos contribuido con los datos de los inventarios de flora del proyecto GLORIA-Aragón de sus tres zonas piloto.

El uso de *GrassPlot* está regulado por estatutos que pretenden equilibrar los intereses de los contribuyentes y usuarios de datos. La versión actual (v. 1.00) contiene datos de aproximadamente 170.000 parcelas de diferentes tamaños y 2.800 series.

Alrededor de 18.000 parcelas tienen registros casi completos de briofitas terrícolas y líquenes, además de plantas vasculares. En la actualidad, *GrassPlot* contiene datos de 36 países del Paleártico, muchos de ellos realizados a lo largo de laderas de las montañas y en ella se recogen los tipos de pastos más importantes de esta región del mundo. *GrassPlot*, con su enfoque multiescala y multitaxón, complementa las bases de datos internacionales de parcelas de vegetación más grandes, como el *Archivo Europeo de Vegetación* (EVA) y la base de datos global "sPlot". Su objetivo principal es facilitar los estudios sobre la escala y la dependencia de los taxones en los patrones de biodiversidad y de los generadores de cambio a lo largo de los gradientes macroecológicos. *GrassPlot* es una base de datos dinámica que se ampliará mediante la recopilación de nuevos datos.

11.3. Proyecto *SoilTemp*

En ecología, los análisis y predicciones actuales de los patrones y procesos espaciales suelen basarse en datos climáticos interpolados de estaciones meteorológicas normalizadas, de forma que se toman como representativos de las condiciones térmicas medias a largo plazo, pero con una resolución espacial que resulta demasiado grosera. Por lo tanto, muchos factores climáticos que operan con resoluciones espaciales y temporales finas siguen sin ser considerados. Esto es particularmente importante en relación con los efectos de la altura de observación (por ejemplo, las características de la vegetación, la nieve y el suelo) y en los hábitats que varían en su exposición a la radiación, la humedad y el viento (por ejemplo, la topografía, el forzamiento radiativo o la acumulación de aire frío). Dado que los organismos que viven cerca del suelo están más relacionados con estas condiciones microclimáticas que con las temperaturas del aire libre, se necesitan urgentemente datos microclimáticos sobre el suelo y las cercanías de la superficie para poder hacer pronósticos realistas del destino de estos organismos en el marco del cambio climático antropogénico, así como del funcionamiento de los ecosistemas en los que viven.

Para llenar este vacío se ha puesto en marcha la iniciativa *SoilTemp* (Lempprech & al., 2020), para formar una base de datos geoespaciales mundiales que recopila datos sobre la temperatura del suelo y la temperatura cercana a la superficie. Esta base de datos, que actualmente contiene series cronológicas de 6.748 sensores de temperatura de 48 países de todos los biomas principales, allanará el camino hacia una mejor comprensión mundial del microclima. *SoilTemp* tiene como objetivo dar un gran paso adelante para salvar la brecha entre los datos climáticos disponibles y el clima relevante para la mayoría de los organismos y procesos de los ecosistemas. Para ello, proporcionará datos sobre la temperatura del suelo y la temperatura cercana a la superficie, disponibles a nivel mundial y con resoluciones espacio-temporales pertinentes, para su uso en análisis ecológicos, con mediciones justo allí donde se concentra gran parte de la biodiversidad y funciona el ecosistema.

El proyecto GLORIA-Aragón participa de dicha iniciativa aportando las series temporales de datos de temperatura del suelo (10 cm de profundidad) que tenemos de nuestras tres zonas piloto: desde 2001 en la ZP de Ordesa (Pirineo central español calizo, ES-CPY); desde 2011 en la ZP del Valle de Tena (Pirineo central español silíceo, ES-SPY); y 2012 en la ZP del Sistema Ibérico (Moncayo, ES-MON).

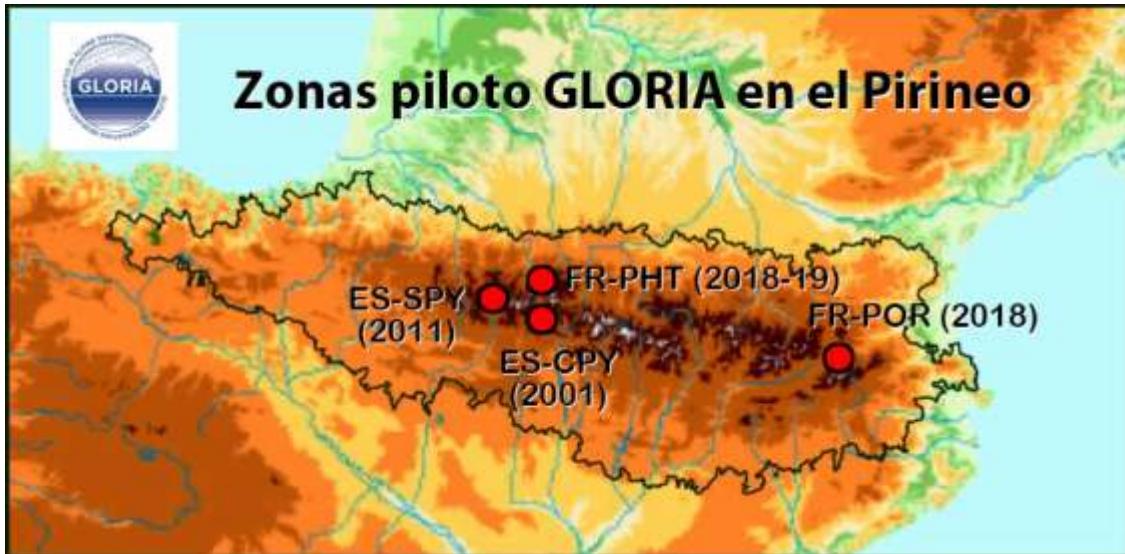
11.4. Nuevas zonas piloto pirenaicas

El proyecto GLORIA ha sido adoptado por el Observatorio Pirenaico para el Cambio Climático (OPCC) de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP), en su fase 2, tras nuestra

presentación en los coloquios de la OPCC de Toulouse (2013) y Andorra (2015). A raíz de nuestra asesoría, han establecido dos zonas piloto en el Pirineo francés:

- FR-PHT: Pirineo Central Norte (Hautes Pyrénées - Gavarnie)
- FR-POR: Pirineo Oriental Norte (Pyrénées Orientales - Vallée d'Eyne)

Esto significa un impulso para nuestro proyecto a escala pirenaica, que sin duda complementa nuestras dos zonas piloto aragonesas en la cordillera.



11.5. Otras repercusiones internacionales

Además de la repercusión que tiene en los trabajos científicos internacionales, los datos del proyecto GLORIA están siendo usados por el **Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS's National Climate Adaptation Science Center)** para hacer meta-análisis de amplio espectro y revisiones de estudios mundiales, para mejorar el conocimiento que se tiene de los ecosistemas de alta montaña en todo el mundo, lo cual es un honor para este proyecto.

12. Posibles consecuencias del calentamiento global sobre la flora de alta montaña

El calentamiento global es un hecho científico incontestable que se confirma en cada nuevo informe de panel intergubernamental de cambio climático (IPCC), que ya está teniendo consecuencias medibles en todos los ecosistemas de la Tierra. En este mismo informe vemos una tendencia ascendente de la temperatura, en las tres zonas piloto estudiadas en el proyecto GLORIA-Aragón, reflejada en nuestro caso en un aumento del periodo vegetativo.

12.1. El ascenso altitudinal de las especies de flora

En el ámbito que nos ocupa desde el proyecto GLORIA, la flora vascular de alta montaña, ya estamos observando las consecuencias del calentamiento global a nivel europeo. En tan sólo siete años (2001-2008), además del aumento de la temperatura, hemos visto una respuesta muy rápida de la flora alpina en forma de ascenso altitudinal de las plantas amantes del calor o termófilas hacia las partes altas de las montañas (Gottfried & al., 2012; Pauli & al., 2012). Es lo que hemos llamado la “termofilización” de la montaña. El análisis de los datos del seguimiento que hicimos en 2015 de la zona piloto de Ordesa (ES-CPY), permitirá confirmar si sigue esta tendencia. Se trata de un hecho sorprendente, dada la inercia que tienen estos ecosistemas y la menor capacidad de desplazamiento que tienen estos organismos si los comparamos, por ejemplo, con los animales.

Por otra parte, en un estudio a lo largo de 20 años en los Apeninos y los Alpes (Rogora & al., 2018), también han observado esta rápida respuesta de los ecosistemas montañosos al cambio climático. A medida que las temperaturas aumentaron, la cubierta vegetal en cumbres alpinas y subalpinas también aumentó.

Esto nos podría hacer pensar en que las plantas de zonas bajas podrían desplazar a las plantas más frioleras ya que, en su desplazamiento en altitud, llegaría un momento en el que las especies de ecosistemas más fríos ya no tuvieran un espacio físico que colonizar con condiciones de temperatura y humedad adecuadas y que llegaran a extinguirse.

A este respecto, nuestros estudios apuntan en dos direcciones: en las montañas del centro y norte de Europa se aprecia un aumento de la biodiversidad, ya que las especies de zonas más bajas colonizan la alta montaña, mientras que las especies más frioleras mantienen su estatus. Sin embargo, en las montañas mediterráneas se está evidenciando una pérdida de diversidad vegetal, probablemente consecuencia de un aumento de la evapotranspiración durante el periodo vegetativo por el aumento del calor, con una menor disposición de agua para las plantas (Gottfried & al., 2012; Pauli & al., 2012). Este hecho no afecta a las montañas del norte donde no se produce este déficit hídrico. Para el ámbito aragonés, en las cumbres pirenaicas encontramos también un aumento de la diversidad vegetal, aunque no tan acusado como en las montañas del norte de Europa. En el Moncayo, como montaña mediterránea, parece previsible un retroceso del número de especies, pero no podremos confirmarlo hasta que analicemos los datos obtenidos en la repetición del muestreo de flora que hicimos en 2019.

Otra de las conclusiones del proyecto GLORIA es que, a escala de nuestro continente, las laderas que más exposición solar reciben son, por orden, este, sur, oeste y norte, si bien en el Pirineo la ladera que más energía recibe es la sur, mientras que la este y la oeste van más o menos parejas. Al parecer, en las montañas del centro y norte de Europa la formación de nubes a partir de media mañana haría que la exposición este fuera la que recibiera la mayor radiación, mientras que en el Pirineo las nubes evolucionan más tarde, pasado el mediodía o ya de tardes.

Es precisamente en las orientaciones con mayor radiación solar donde se están observando la mayor parte de los desplazamientos de las plantas (Winkler & al., 2016). En las cumbres mediterráneas, la sequía estival puede limitar el número de especies en las laderas más cálidas.

12.2. *La actividad biológica del suelo en las cimas GLORIA ES-CPY (Ordesa)*

Esta es una investigación incluida dentro de las actividades adicionales de GLORIA. La hemos puesto en marcha en 2016 en la zona piloto de Ordesa, gracias a la participación del Dr. Juan José Fernández, investigador del IPE-CSIC de Jaca, especialista en la vida del suelo. Este muestreo se inició conjuntamente con otros 336 sitios en todo el mundo y pretende estudiar la actividad microbiana del suelo a través de la descomposición de la materia orgánica. Para ello usamos sustratos estandarizados (bolsas de roibos y té verde) con los que comparar la pérdida de masa en diferentes ecosistemas (Djukic & al., 2018).

Como ejemplo previo podemos poner el reciente trabajo de Rogora & al. (2018) de estudio de la microbiota del suelo en los Alpes y Apeninos. Ellos han visto que en los años en los que la nieve duró menos, se observó un aumento de la temperatura del suelo y de la biomasa microbiana durante la época de crecimiento. Es importante conocer este dato pues la descomposición de la materia orgánica emite una enorme cantidad de carbono a la atmósfera.

Nosotros aquí presentamos los primeros resultados de los muestreos de microorganismos en los suelos de las cuatro cimas GLORIA de Ordesa, recientemente publicado en Jiménez & al. (2019).

Los microorganismos del suelo son fundamentales para los flujos de C y N en los ecosistemas terrestres, ya que promueven importantes procesos relacionados con el ciclo de los nutrientes, como la mineralización del N del suelo para la absorción por las plantas. También dependen en gran medida de los factores climáticos (humedad y temperatura), las características edáficas como la mineralogía de la arcilla y las características físicas y químicas de los recursos en descomposición. Los ecosistemas montañosos son entornos frágiles que desempeñan una función como sistemas de alerta temprana debido a su sensibilidad al calentamiento de la Tierra. Por lo tanto, se prevé que las funciones del suelo como la mineralización de N y la nitrificación en estas zonas se verán muy afectadas por el cambio climático (CC). Se prevé que factores de CC conexos como la deposición de nitrógeno, las elevadas concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, la erosión eólica e hídrica, los cambios en el uso de la tierra y la alteración de los regímenes de perturbación afectarán a la composición y la cubierta de la comunidad vegetal, la productividad primaria neta (PN) y el almacenamiento de carbono (C). También afectarán a las tasas de descomposición del suelo al modificar la composición y la estructura de la comunidad de microorganismos del suelo.

En algunos estudios se ha informado del efecto de la cubierta vegetal sobre las comunidades microbianas y sus funciones, también sobre la interacción planta-suelo en el contexto de CC a lo largo de los gradientes altitudinales, incluidos los ecosistemas ártico-alpinos. Se prevé que la actual reducción de la cubierta de nieve en los ecosistemas alpinos por el aumento de las temperaturas debido al calentamiento mundial afectará a la dinámica de las plantas y la cubierta vegetal con la progresiva disminución de los hábitats y la biota de las montañas frías, y cabe esperar una reorganización de las especies en los gradientes altitudinales como consecuencia de la respuesta individual de las especies. En una serie de zonas montañosas europeas se ha descrito un efecto de calentamiento denominado termofilización, proceso por el cual las especies vegetales adaptadas al frío son reemplazadas progresivamente por especies adaptadas al calor. También se ha determinado que la orientación de una ladera es un determinante principal del ritmo de los procesos de migración de plantas inducidos por el clima. En las regiones templadas de Europa, las laderas de las montañas orientadas al este y al sur favorecen la riqueza de especies vegetales específicas del lugar, en comparación con las laderas occidentales y septentrionales de las mismas montañas. La productividad de las plantas puede ser mayor en las vertientes meridionales en comparación con otras exposiciones a las mismas altitudes, incluso a las altitudes mayores, como resultado de temperaturas menos frías, con períodos más cortos de cobertura de nieve y mayor insolación. La migración ascendente de las

plantas como respuesta al CC puede asociarse con cambios concomitantes en los procesos del suelo, como la descomposición, y a que un régimen de temperatura alterado puede afectar a la renovación de los nutrientes del suelo y a la estructura de la comunidad vegetal. Por consiguiente, se prevé que la reducción general de la productividad de las plantas con el aumento de la altitud que se produce en las zonas montañosas se contrarrestará en las vertientes meridionales mediante la reducción de las limitaciones climáticas a la descomposición de la materia orgánica (OM).

En las zonas montañosas, los factores abióticos como las fuerzas erosivas y los ciclos de hielo-deshielo prevalecen a grandes altitudes, mientras que los factores de origen más antrópico, como la explotación de la tierra, son fuertes determinantes de los progresos relacionados con los nutrientes del suelo a menor altitud. Es preciso abordar los procesos relacionados con los nutrientes en los suelos de las montañas con cambios relacionados con el aumento previsto de la temperatura y la temperatura, las variaciones del régimen de lluvias y la dinámica de la cubierta vegetal en los próximos decenios. La abundancia de hongos, bacterias y actinobacterias del suelo en descomposición está impulsada principalmente por la producción vegetal y, por lo tanto, responde en su mayor parte a la cantidad de insumos de las plantas en el suelo. Aunque algunos estudios han documentado la relación entre la biomasa microbiana, la actividad microbiana y las transformaciones de N en las cumbres de las montañas, en nuestra zona piloto no se ha realizado hasta ahora ningún estudio que relacione la composición microbiana con los factores ambientales del suelo. Por lo tanto, es necesario utilizar más estudios para alimentar a los modelos de predicción sobre, por ejemplo, el impacto del cambio climático en los ciclos de C o N del suelo en esos entornos. Por lo tanto, se necesitan datos de referencia para compararlos con futuras evaluaciones de la dinámica de los nutrientes del suelo y la composición de la comunidad microbiana conexa en los ecosistemas de montaña. De esta manera se logrará una mayor comprensión de los mecanismos microbianos que intervienen en la descomposición de los suelos de montaña en un clima cambiante.

En este estudio investigamos la comunidad microbiana del suelo desde una perspectiva funcional utilizando biomarcadores específicos de ácidos grasos derivados de fosfolípidos (PLFA⁶) en las cuatro orientaciones de cuatro las cuatro cumbres GLORIA de la ZP de Ordesa (ES-CPY, 2242-3022 m). Probamos la hipótesis de que: (1) los referidos biomarcadores PLFA variaban entre las cumbres; (2) las concentraciones de nutrientes disponibles en el suelo disminuían con la altitud; y (3) la composición de la comunidad microbiana y los procesos del ecosistema como la descomposición se veían influidos por un conjunto de factores ambientales a lo largo de la jerarquía clásica aceptada de factores impulsores.

Así pues, el objetivo de este estudio era caracterizar la composición de la comunidad microbiana mediante PLFA y su relación con la disponibilidad de N del suelo, la mineralización de N y el potencial de nitrificación. También se determinó el carbono orgánico del suelo (C), la biomasa microbiana y la dinámica de nutrientes (NH_4^+ + NO_3^- , N mineral y potencial de nitrificación).

⁶ Los ácidos grasos derivados de fosfolípidos (PLFAs) se utilizan ampliamente en la ecología microbiana como marcadores quimiotaxonómicos de bacterias y otros organismos. Los fosfolípidos son los lípidos primarios que componen las membranas celulares. Los fosfolípidos pueden ser saponificados, lo que libera los ácidos grasos contenidos en su cola de diglicéridos. Una vez que los fosfolípidos de una muestra desconocida se saponifican, la composición del PLFA resultante puede compararse con el PLFA de los organismos conocidos para determinar la identidad del organismo de la muestra. El análisis de PLFA puede combinarse con otras técnicas, como el sondeo de isótopos estables para determinar qué microbios son metabólicamente activos en una muestra.

Como **resultado** hemos visto que el C, N y P total disminuyó con la altitud mientras que el pH aumentó.

Las concentraciones **N total** mayores de se obtuvieron en las dos cumbres más bajas (ACU 0,4% y CUS 0,3%), mientras que los valores más bajos se encontraron en las dos cumbres más altas (TOB, OLA). La concentración más baja de P total fue en las dos cumbres superiores (TOB, OLA), con menos de 0,1%.

Con respecto a la **concentración de P**, los valores más altos se encontraron en CUS-W (1,2 ppm) y ACU-N (0,53 ppm). Las dos cumbres más bajas la menor concentración se encontró en ACU-E (0,14 ppm) y CUS-N (0,001).

El **pH del suelo** más bajo lo encontramos en ACU-W (4,0; se trata de areniscas con pastos de *Festuca eskia*) y más alto en CUS-N y OLA-E, ambos con un valor de 7,9.

El **análisis de los cationes** del suelo mostró que las concentraciones de Ca_2^+ , Mg_2^+ y K^+ más altas las encontramos en CUS-W, donde también obtenemos la concentración más baja de Na^+ . En general, las menores concentraciones catiónicas están en la cumbre superior, OLA.

La **biomasa microbiana** (determinada en forma de C orgánico del suelo), fue más alta en la cumbre más baja (ACU) y disminuyó en aproximadamente 50%, 14% y 12% con el aumento de la altitud.

En cada cumbre las concentraciones de **NH_4^+ y NO_3^-** en el suelo difirieron significativamente entre las cumbres y las orientaciones. El NH_4^+ fue significativamente más alto en las dos cumbres más bajas en comparación con las cumbres más altas, es decir, 11,9 y 9,5 mg/kg en las vertientes occidentales de ACU y CUS, respectivamente. La concentración de NH_4^+ en ACU-W es significativamente diferente de las demás vertientes, mientras que fue menor en las vertientes occidentales de las cumbres más altas.

La mayor **concentración de NO_3^-** la hemos encontrado en CUS-S (84,3 mg/kg). En ACU la cara con mayor concentración es la Oeste (67 mg/kg). En la cumbre TOB, no se encontraron diferencias significativas entre las orientaciones. El valor más bajo de las cuatro cumbres lo encontramos en OLA, donde hay variaciones significativas entre vertientes (6,8 mg/kg en W; 41 mg/kg en el N).

El **potencial de nitrificación** del suelo varió significativamente entre cumbres y orientaciones, por ejemplo, Sur frente al Norte, Este frente al Oeste.

La **biomasa total de PLFA** (abundancia total de lípidos extraídos) disminuyó con el aumento de la altitud. El análisis mostró que la mayoría de los grupos funcionales de PLFA estaban presentes en todas las cumbres y vertientes. En la cumbre inferior (ACU), se obtuvo una alta abundancia de bacterias *gram-negativas*, mientras que los biomarcadores anaerobios y eucariotas sólo se encontraron en la cumbre superior (OLA). Las bacterias *gram-negativas* y los grupos funcionales de actinobacterias dominaron la comunidad microbiana, con casi el 40% del total de PLFA.

En general, nuestros resultados demuestran un papel fundamental para el medio ambiente, principalmente la humedad, la temperatura y la materia orgánica en la explicación del patrón observado para los biomarcadores PLFA del suelo. Bajo un escenario de cambio global, necesitamos arrojar luz sobre las relaciones entre los grupos funcionales de microbios del suelo y las variables relacionadas con los nutrientes del suelo para identificar los patrones asociados de las tasas de descomposición y los procesos del suelo impulsados por las comunidades microbianas en las zonas montañosas. Por lo tanto, los resultados podrían utilizarse en modelos predictivos mundiales sobre el impacto del cambio climático en los ciclos C o N en estos entornos. Con este estudio hemos dado un primer paso que con objetivo de continuidad futura.

12.3. La importancia del pastoreo

El pastoreo de ovejas, cabras, vacas o caballos en las montañas aragonesas es secular y ha moldeado los ecosistemas de alta montaña, de hecho, recientemente se ha hallado en el Puerto Bajo de Góriz y en el barranco Pardina de Añisclo, en el parque Nacional de Ordesa Y Monte Perdido, restos de actividad humana asociada al pastoralismo datados en el Neolítico, hace unos 4500 años (Laborda & al., 2017; Montes, 2019). El abandono o el cambio de uso de muchos de los pastos es un factor más a tener en cuenta a la hora de valorar los efectos del calentamiento global en la flora de alta montaña, tal como dijimos en su momento (Villar & Benito, 2003b). En puertos de pasto como los de Góriz en Ordesa, se está viendo cómo está cambiando el manejo de los rebaños de ovejas y está disminuyendo su carga ganadera ovina, que ha pasado de las más de 30.000 cabezas a principios del s. XX (Revilla, 1987), a unas 5000 en la actualidad (Alados & al., 2017). Además, el manejo también tiene gran importancia, pues los rebaños que llevan pastor aprovechan los pastos de forma más homogénea, mientras que cuando va a su aire tienen querencia por ciertos lugares que pueden llegar a nitrificarse, como ya estamos viendo con las ovejas de Fanlo sin pastor en la cara sur de la Sierra Custodia, alcanzando la cima donde nitrifican el terreno, las cabras de Torla y Buesa en la cara sur del Punta Acuta o las vacas en el valle de Otal, en Bujaruelo (Benito, 2018: 381).

Un reciente estudio realizado en pastos de montaña de Noruega durante 10 años, a diferentes altitudes y presiones ganaderas (Speed & al., 2012, 2013), presenta evidencias de que el pastoreo de las ovejas disminuye o incluso frena el avance en altitud de la comunidad vegetal, y sugiere esta actividad puede limitar la ascensión de la vegetación.

Este trabajo (Speed & al., 2013) nos muestra que, cuando cesó el pastoreo, la riqueza de especies disminuyó en 3,7 especies a baja altitud y se incrementó en hasta 3,5 especies a alta altitud, mientras que en los lugares donde se mantuvo o aumentó el pastoreo, los cambios fueron menos extremos a lo largo del gradiente de elevación. La estabilidad temporal de las comunidades vegetales fue más alta en altitudes bajas y más baja en zonas altas donde el pastoreo se redujo. No hubo diferencias claras en la homogeneización espacial entre los tratamientos de pastoreo, aunque la rotación espacial de especies aumentó en los brezales donde disminuyó el pastoreo.

Esto implica que la gestión del pastoreo tiene el potencial de amortiguar los cambios climáticos en las comunidades vegetales. A la inversa, los recientes cambios generalizados en los usos de la tierra y del ganado, con reducciones en las grandes densidades de herbívoros en las zonas alpinas, podrían aumentar aún más la vulnerabilidad de las comunidades alpinas al calentamiento.

El valle de Ordesa es pastado todos los años por un rebaño de unas 40 vacas de Torla. Normalmente estas vacas primero suelen aprovechar la floración primaveral de la Pradera de Ordesa (1200-1300 m de altitud), entre mayo y junio, para luego pasar al fondo del valle (Soaso-Cola de Caballo, 1600-1750 m) en julio hasta septiembre u octubre. Sin embargo, el 30 de mayo de 2020 pudimos constatar que dicho rebaño ya estaba en el área de Soaso-Cola de Caballo, desaprovechado el pasto de la Pradera. Nos informa el APN que otros años ha habido incidentes con perros de turistas que han molestado a las vacas, lo que ha obligado al ganadero a cambiar de zona de pastos muy temprano. Este cambio de manejo puede tener consecuencias en la pradería de Ordesa, pues si no se pasta todos los años se acelerará el proceso de matorralización que estamos observando.

12.4. Microtopografía y microclimas en alta montaña

¿Por qué en las montañas del norte de Europa las especies frioleras no son desplazadas por las que ascienden desde parte bajas?

La alta montaña alpina suele ser un ambiente con poca cobertura vegetal, donde dominan la piedra y el suelo desnudo sobre la vegetación, por tanto, tiene muchos “huecos” potencialmente colonizables. Nosotros ya demostramos que, en una misma montaña, a la misma altitud, la exposición norte tiene un periodo vegetativo alrededor de un mes más corto que la sur (Benito, 2006). Recientes estudios más finos sobre microtopografía de alta montaña, usando termómetros de rayos infrarrojos (Scherrer & Körner, 2010, 2011), han demostrado que los contrastes térmicos a pequeña escala, de metros, superan significativamente las proyecciones de calentamiento del IPCC para los próximos 100 años. Dicho de otro modo, en alta montaña hay microhabitats generados por la microtopografía con grandes diferencias térmicas, en apenas pocos metros de distancia, mucho mayores que las de los escenarios de calentamiento del IPCC, cuyas características térmicas permitirían la supervivencia de especies frioleras por desplazamiento hacia estos nichos vacíos.

Eso supone que los modelos basados sólo en isotermia podrían sobreestimar las pérdidas de hábitat alpino. Por tanto, en teoría, muchas especies podrían encontrar hábitats de “escape” térmicamente adecuados en distancias cortas. No obstante, eso provocará una mayor competencia por los lugares más fríos de la ladera de la montaña. Por otra parte, hay un riesgo cierto de extinción o de rarefacción de algunas especies que ya en la actualidad dependen de los microhabitats más raros y más fríos y que cada vez se van a hacer más escasos.

Por otra parte, en un reciente estudio realizado en 11 cumbres de los Alpes suizos (Kulones & al., 2018), sobre el cambio en las ocurrencias de especies de flora alpina durante el siglo pasado, teniendo en cuenta el rango de altitudes en las cumbres, así como las características locales del microhabitat (temperatura, tipo de sustrato), han visto que, durante el siglo pasado, las especies con una frecuencia cada vez mayor eran más abundantes en los pedregales y las pendientes más cálidas. Las especies con tendencias de frecuencia negativas o estables eran más abundantes en el suelo orgánico y en las laderas más frías. Los microhabitats preferidos de estos últimos eran los más raros en general, disminuyeron con la altitud y tenían los vecinos más competitivos.

Por lo tanto, en un mundo cálido, es probable que los paisajes alpinos, debido a su variabilidad topográfica, sean lugares más seguros para la mayoría de las especies frioleras que los terrenos de tierras bajas, sin descartar algunas extinciones o rarefacciones.

12.5. *El cierre de las masas boscosas*

Por último, quisieramos reseñar un artículo de los efectos microclimáticos provocados por el cierre del dosel forestal (DeFrenne & al., 2013) en bosques templados europeos y norteamericanos. Aunque este ejemplo no sea de aplicación para las zonas piloto GLORIA del Pirineo, dado que se encuentran por encima del límite del bosque, puede ser de interés para la ZP del Moncayo, ya que allí se aprecia una matorralización de la cima más baja y una previsible colonización y avance en altitud de la masa arbórea.

En muchos de los bosques analizados en dicho estudio se ha encontrado una significativa termofilización de las comunidades vegetales de la capa de suelo. Estos cambios reflejan disminuciones concurrentes en especies adaptadas a condiciones más frescas y aumentos en especies adaptadas a condiciones más cálidas, en paralelo con lo que estamos viendo en la alta montaña.

Sin embargo, la termofilización, en particular el aumento de especies adaptadas al calor, se atenúa en los bosques cuyas copas se han vuelto más densas, lo que probablemente refleja temperaturas del suelo más frescas en la estación de crecimiento debido al aumento de la sombra. Es un hecho que en las últimas décadas está aumentando la masa arbórea en bosques templados, con una densificación, y los efectos microclimáticos locales pueden estar moderando los impactos del calentamiento macroclimático en los sotobosques. A la inversa, el aumento de

la extracción de biomasa leñosa -por ejemplo, para la bioenergía- puede abrir las cubiertas forestales y acelerar la termofilización de la biodiversidad forestal templada.

12.6. Temperatura mínima y duración del período vegetativo en el límite superior de los pastizales en las altas montañas europeas

En el equipo GLORIA estamos elaborando un artículo (en revisión) que investiga la temperatura media mínima del suelo y la duración del período vegetativo en el límite superior de distribución de los pastos alpinos.

La exploración de los umbrales fisiológicos para el crecimiento de las plantas ayuda a comprender su distribución y su cambio potencial bajo el cambio climático. La tolerancia al frío de la vegetación en las montañas es particularmente visible como límites relativamente marcados en el paisaje. Si bien el límite altitudinal que alcanzan los bosques y la línea de árboles han sido estudiados con frecuencia, las condiciones climáticas correspondientes al límite superior de los pastizales, la ecocline alpino-subnival, son todavía poco conocidas.

Para este artículo en preparación se ha usado los datos de 85 cumbres en montañas europeas inventariadas en el programa GLORIA, distribuidas en biomas boreal, templado y mediterráneo. La información analizada ha sido la cobertura de plantas vasculares estimada visualmente en 332 parcelas, distribuidas en cada orientación de las cumbres. Las temperaturas asociadas del suelo se midieron entre 2 y 7 años, a partir de los cuales se determinó la duración de la temporada de crecimiento y la temperatura media. La temperatura y la longitud correspondientes a una cobertura vegetal del 50% se mantuvieron como las condiciones mínimas para el desarrollo del césped.

Resultados. Los pastos alpinos estaban presentes en lugares con una temperatura media del suelo superior a 5,8°C o una duración mínima de la temporada de crecimiento de 84 días, con días de crecimiento $\geq 2^{\circ}\text{C}$ ($6,7^{\circ}\text{C}$ y 80 días con días de crecimiento $\geq 3,2^{\circ}\text{C}$). La temporada de crecimiento fue más larga en las zonas templadas que en las cumbres boreales.

Principales conclusiones. El límite superior de los pastizales alpinos se asoció con una temperatura media del suelo muy similar a la observada anteriormente en la línea de árboles. Se corresponde con el umbral fisiológico de crecimiento de las raíces ya observado para muchas especies, y corrobora una limitación bastante universal del crecimiento relacionado con la temperatura para las plantas vasculares. Por el contrario, en comparación con los árboles, los pastos alpinos aprovechan el suelo calentado por la radiación solar y, dado que las plantas no producen madera, pueden prosperar en lugares con una estación de crecimiento más corta y, en consecuencia, desarrollarse a mayor altitud.

13. Últimas publicaciones relacionadas con el proyecto GLORIA

- Benito Alonso, J.L. (2021). *El proyecto GLORIA en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Cómo afecta el calentamiento global a la flora de alta montaña.* In: JOLUBE (Ed.) VI Jornada de Investigación, 2 de diciembre de 2020. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón, Jaca. <https://jolube.wordpress.com/2021/09/23/vi-jornada-de-investigacion-parque-nacional-de-ordesa-y-monte-perdido/>
- Bürli, S., Theurillat, JP., Winkler, M., [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2021) **A common soil temperature threshold for the upper limit of alpine grasslands in European mountains.** *Alp Botany* **131**, 41–52 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00035-021-00250-1>.
- Biurrun, I., Pielech, R., Dembicz, I., Gillet, F., Kozub, Ł., Marcenò, C., [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2021) **Benchmarking plant diversity of Palaearctic grasslands and other open habitats.** *Journal of Vegetation Science* 32: e13050. <https://doi.org/10.1111/jvs.13050>.
- Kwon, T., H. Shibata, S. Kepfer-Rojas, I.K. Schmidt, K.S. Larsen, C. Beier, B. Berg, K. Verheyen, J.-F. Lamarque, F. Hagedorn, [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2021). **Effects of climate and atmospheric nitrogen deposition on early to mid-term stage litter decomposition across biomes.** *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 18.
- Lembrechts, J., van den Hoogen, J., Aalto, J., Ashcroft, M., De Frenne, P., Kemppinen, J. [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2021) **Global maps of soil temperature.** *EcoEvoRxiv*, 21 Mar. 2021. <https://doi.org/10.32942/osf.io/pksqw>.
- Lembrechts, J., J.V.D. Hoogen, J. Aalto, M.B. Ashcroft, P.D. Frenne, J. Kemppinen, M. Kopecký, M. Luoto, I.M.D. Maclean, T.W. Crowther [...], J.L. Benito Alonso, L. Villar, [...] & al. (2021). **Mismatches between soil and air temperature.** *EcoEvoRxiv*.

14. Bibliografía

- Alados, A., M. Gartzia, M. Castillo & Y. Pueyo (2017). Estudio para la conservación de los pastos en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. In *III Jornada de Investigación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Pp. 51-59. Torla. [En <https://goo.gl/rAXnWK>].
- Ammann, B. (1995). *Paleorecords of plant biodiversity in the Alps*. In: Chapin III, F.S. & Körner, C. (eds.). Arctic y Alpine Biodiversity: Patterns, Causes y Ecosystem Consequences. Ecological Studies. Springer, Berlín 113: 137-149.
- Benito Alonso, J.L.** (2006). *Catálogo florístico del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés)*. 383 pp. Colección Pius Font i Quer, n.º 4. Institut d'Estudis Illerdencs. Diputación de Lérida. Disponible en www.jolube.es.
- Benito Alonso, J.L.** Coord. (2005-2010). *Cartografía de los hábitats CORINE de Aragón a escala 1: 25.000. II. Lista de hábitats de Aragón (versión 4.08)*. 90 pp. Jolube Consultor Botánico y Editor y Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Disponible en www.jolube.es.
- Benito Alonso, J.L.** (2018). *Mapa de vegetación actual, a escala 1: 10.000, del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y su zona periférica de protección. Manual de interpretación de los hábitats Corine-Mapa de Hábitats de Aragón y de Importancia Comunitaria*. Mapa sintético a escala 1: 50.000. 450 pp. Serie técnica. Organismo Autónomo Parque Nacionales, Madrid. Disponible en www.jolube.es.
- Benito Alonso, J.L.** (2021). *El proyecto GLORIA en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Cómo afecta el calentamiento global a la flora de alta montaña*. In: JOLUBE (Ed.) VI Jornada de Investigación, 2 de diciembre de 2020. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Gobierno de Aragón, Jaca. <https://jolube.wordpress.com/2021/09/23/vi-jornada-de-investigacion-parque-nacional-de-ordesa-y-monte-perdido/>
- Bürli, S., Theurillat, JP., Winkler, M., [...], **J.L. Benito Alonso, L. Villar**, [...] & al. (2021) **A common soil temperature threshold for the upper limit of alpine grasslands in European mountains**. *Alp Botany* **131**, 41–52 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00035-021-00250-1>.
- Biurrun, I., Pielech, R., Dembicz, I., Gillet, F., Kozub, Ł., Marcenò, C., [...], **J.L. Benito Alonso, L. Villar**, [...] & al. (2021) **Benchmarking plant diversity of Palaearctic grasslands and other open habitats**. *Journal of Vegetation Science* **32**: e13050. <https://doi.org/10.1111/jvs.13050>.
- Breiner, F., G.-R. Walther & M. Camenisch (2011). Neue Gipfelstürmer unter den Pflanzen. *Cratschla Informationen aus dem Schweizerischen Nationalpark* 2/2011: 4-5.
- Cuesta, F., P. Muriel, S. Beck, R.I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz & M.T. Becerra, Eds. (2012). *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. 180 pp. Red Gloria-Andes. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina Lima-Quito.
- De Frenne, P., F. Rodríguez-Sánchez, D.A. Coomes, L. Baeten, G. Verstraeten, M. Vellend, M. Bernhardt-Römermann & al. (2013). Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**: 18561–18565.
- Dengler, J., V. Wagner, I. Dembicz, I. García-Mijangos, A. Naqinezhad, S. Boch, A. Chiarucci, T. Conradi, G. Filibeck, R. Guarino, **J.L. Benito Alonso** & al. (2018). **GrassPlot - a database of multi-scale plant diversity in Palaearctic grasslands**. *Phytocoenologia* **48** (3): 331-347. [DOI:10.1127/phyto/2018/0267].
- Djukic, I., S. Kepfer-Rojas, I. Kappelschmidt, K. Steenberg Larsen, C. Beier, B. Berg, K. Verheyend [...], **J.L. Benito Alonso, J.J. Jiménez, L. Villar** & al. (2018). **Early stage litter decomposition across biomes**. *Science of the Total Environment* **628-629**: 1369–1394. [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.012>].
- Erschbamer, B., M. Mallaun, P. Unterluggauer, O. Abdaladze, M. Akhalkatsi & G. Nakhutsrishvili (2010). Plant diversity along altitudinal gradients in the Central Alps (South Tyrol, Italy) and in the Central Greater Caucasus (Kazbegi region, Georgia). *Tuxenia* **30**: 11-29.
- Erschbamer, B., P. Unterluggauer, E. Winkler & M. Mallaun (2011). Changes in plant species diversity revealed by long-term monitoring on mountain summits in the Dolomites (northern Italy). *Preslia* **83**: 387-401.
- Fernández Calzado, M.R. & J. Molero Mesa (2011). The cartography of vegetation in the cryromediterranean belt of Sierra Nevada: a tool for biodiversity conservation. *Lazaroa* **30**: 101-115.

- Friedmann, B., H. Pauli, M. Gottfried & G. Grabherr (2011). Suitability of methods for recording species numbers and cover in alpine long-term vegetation monitoring. *Phytocoenologia* 41 (2): 143–149.
- García, M.B., C.L. Alados, R. Antor, **J.L. Benito Alonso**, J.J. Camarero, F. Carmena, P. Errea, F. Fillat, R. García-González, J.M. García-Ruiz, L. Villar & al. (2016). **Integrando escalas y métodos LTER para comprender la dinámica global de un espacio protegido de montaña: el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido**. *Ecosistemas* 25(1): 19-30.
- Gobierno de Aragón (2009). *Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias*. 190 pp. Departamento de Medio Ambiente. Zaragoza.
- Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Barančok, **J.L. Benito Alonso**, L. Villar & al. (2012). **Continent-wide response of mountain vegetation to climate change**. *Nature Climate Change* 2: 111-115 (10 de enero de 2012) doi:10.1038/nclimate1329. Disponible en www.jolute.es.
- Gottfried, M., M. Hantel, C. Maurer, R. Toeplitz, H. Pauli & G. Grabherr (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *Environmental Research Letters* 6.
- Grabherr, G., Gottfried M. & Pauli, H. (2001). Long-term monitoring of mountain peaks in the Alps. In: C. A. Burga & A. Kratochwil (eds.). Biomonitoring: General and applied aspects on regional and global scales. *Tasks for Vegetation Science* 35, Kluwer, pp. 153-177.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (1994). Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (2000a). GLORIA: A Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. *Mountain Research & Development* 20(2): 190-191.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (2000b). Hochgebirge als "hot spots" der Biodiversität – dargestellt am Beispiel der Phytodiversität. *Ber. d. Reinh.-Tüzen-Ges.* 12: 101-112.
- Grabherr, G., Gottfried, M., Gruber, A. & Pauli, H. (1995). Patterns and Current Changes in Alpine Plant Diversity. In: Chapin III, F. S. y Körner, C. (eds.). *Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences*. Ecological Studies 113: 167-181. Springer, Berlin.
- Grabherr, G., M. Gottfried & H. Pauli (2010). Climate Change Impacts in Alpine Environments. *Geography Compass* 4/8: 1133–1153.
- Gutiérrez-Girón, A. & R.-G. Gavilán (2010). Spatial patterns and interspecific relations analysis help to better understand species distribution patterns in a Mediterranean high mountain grassland. *Plant Ecol* 210: 137-151.
- Haeberli, W., Hoelzle, M. & Suter, S. (1996). *Glacier Mass Balance Bulletin. A contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme*. Compiled by the World Glacier Monitoring Service, IAHS (ICSI), UNEP, UNESCO 4 (1994-1995): 88 pp.
- Halloy, S., K. Yager, C. García, S. Beck, J. Carilla, A. Tupayachi, J. Jácome, R.I. Meneses, J. Farfán, A. Seimon & al. (2010). South America: Climate Monitoring and Adaptation Integrated across Regions and Disciplines. In: Al., S.E. (Ed.) *Atlas of Biodiversity Risk*. Pensoft Publishers, Sofía (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Holzinger, B., K. Hülber, M. Camenisch & G. Grabherr (2008). Changes in plant species richness over the last century in the eastern Swiss Alps: elevational gradient, bedrock effects and migration rates. *Plant Ecology* 195: 179–196.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A., eds. (2001). *Climate change 2001: the scientific basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working group I. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jiménez, J. J., J. M. Igual, L. Villar & J.L. Benito-Alonso & J. Abadías-Ullod** (2019). Hierarchical drivers of soil microbial community structure variability in “Monte Perdido” Massif (Central Pyrenees). *Scientific Reports* 9(8768): 1-17.
- Kohler, T., Wehrli, A. & Jurek, M., eds. (2014). *Mountains and Climate Change. A Global Concern*. Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia. 136 pp.
- Körner, C. (2002). *Mountain biodiversity, its causes and function: an overview*. In: Körner, C. & Spehn, E.M. (eds.) *Mountain Biodiversity – A Global Assessment*, pp. 3-20. Parthenon, Londres y Nueva York.
- Kwon, T., H. Shibata, S. Kepfer-Rojas, I.K. Schmidt, K.S. Larsen, C. Beier, B. Berg, K. Verheyen, J.-F. Lamarque, F. Hagedorn, [...], **J.L. Benito Alonso**, L. Villar, [...] & al. (2021). **Effects of climate and**

- atmospheric nitrogen deposition on early to mid-term stage litter decomposition across biomes.** *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 18.
- Kulonen, A., R.A. Imboden, C. Rixen, S.B. Maier & S. Wipf (2018). Enough space in a warmer world? Microhabitat diversity and small-scale distribution of alpine plants on mountain summits. *Diversity and Distributions* 24(2): 252-261. [doi: 10.1111/ddi.12673].
- Laborda Lorente, R., V. Villalba-Mouco, P. Lanau, M. Gisbert, M. Sebastián, R. Domingo & L. Montes (2017). El Puerto Bajo de Góriz (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Ocupación y explotación de un paisaje de alta montaña desde la prehistoria hasta el siglo XX. *Bolskan* 26: 9-30.
- Lembrechts J.J., [...], **J.L. Benito Alonso, L. Villar**, [...] & al. (2020). [SoilTemp: a global database of near-surface temperatures](#). *Global Change Biology* 26(11): 6616-6629. [doi.org/10.1111/gcb.15123].
- Lembrechts, J., van den Hoogen, J., Aalto, J., Ashcroft, M., De Frenne, P., Kemppinen, J. [...], **J.L. Benito Alonso, L. Villar**, [...] & al. (2021) **Global maps of soil temperature**. *EcoEvoRxiv*, 21 Mar. 2021. <https://doi.org/10.32942/osf.io/pksqw>.
- Lembrechts, J., J.V.D. Hoogen, J. Aalto, M.B. Ashcroft, P.D. Frenne, J. Kemppinen, M. Kopecký, M. Luoto, I.M.D. Maclean, T.W. Crowther [...], **J.L. Benito Alonso, L. Villar**, [...] & al. (2021). **Mismatches between soil and air temperature**. *EcoEvoRxiv*.
- Loureiro, J., M. Castro, J.C.D. Oliveira, L. Mota & R. Torices (2013). Genome size variation and polyploidy incidence in the alpine flora from Spain. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 70(1): 39-47.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. & White, K.S., eds. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working group II. Cambridge University Press, Cambridge.
- Michelsen, O., A.O. Syverhuset, B. Pedersen & J.I. Holten (2011). The Impact of Climate Change on Recent Vegetation Changes on Dovrefjell, Norway. *Diversity* 3: 91-111.
- Montes, L., R. Domingo Martínez, R. Laborda Lorente, P. Lanau, V. Villalba-Mouco, M. Gisbert & M. Sebastián (2019). Le canyon de la Pardina et ses estives : approche archéologique d'un territoire de haute montagne dans le parc national d'Ordesa et du mont Perdu (Fanlo, Huesca, Espagne). *La conquête de la montagne : des premières occupations humaines à l'anthropisation du milieu*. Pp. 1-25. Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, París. [<http://books.openedition.org/cth5/6937>].
- Nagy, L., F.-W. Badeck, S. Pompe, M. Gottfried, H. Pauli & G. Grabherr (2010). Is Atmospheric Nitrogen Deposition a Cause for Concern in Alpine Ecosystems? In: Al., S.E. (Ed.) *Atlas of Biodiversity Risk*. Pensoft Publishers, Sofia (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Nagy, L., H. Pauli, M. Gottfried & G. Grabherr (2010). Climate Change Impacts on the Future Extent of the Alpine Climate Zone. In: Al., S.E. (Ed.) *Atlas of Biodiversity Risk*. Pensoft Publishers, Sofia (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Nagy, L., N. Dendoncker, A. Butler, I. Reginster, M. Rounsevell, G. Grabherr, M. Gottfried & H. Pauli (2010). Where Have All the Flowers Gone? From Natural Vegetation to Land Use - Land Cover Types: Past Changes and Future Forecasts. In: Al., S.E. (Ed.) *Atlas of Biodiversity Risk*. Pensoft Publishers, Sofia (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Norooshi, J., H. Pauli, G. Grabherr & S.-W. Breckle (2011). The subnival-nival vascular plant species of Iran: a unique high-mountain flora and its threat from climate warming. *Biodiv. and Cons.* 20: 1319-1338.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dirnböck, T., Dullinger, S. & Grabherr, G. (2003). Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats. In: Nagy, L., Grabherr, G., Körner, C. & Thompson, D.B.A. (eds.). *Alpine Biodiversity in Europe - A Europe-wide Assessment of Biological Richness y Change*. *Ecological Studies* 167: 195-207, Springer.
- Pauli, H., M. Gottfried & G. Grabherr (2011). Nemoriale und mediterrane Hochgebirge: Klima, Vegetationsstufen, Artenvielfalt und Klimawandel am Beispiel der Alpen und der spanischen Sierra Nevada. In: *Ökozonen im Wandel, Passauer Kontaktstudium Geographie*. Pp. 145-158.
- Pauli, H., M. Gottfried, C. Klettner & G. Grabherr (2010). Mount Schrankogel (3497 m, Stubai Alps, Tyrol) - the GLORIA pioneer master site. In: Borsdorf, A., G. Grabherr, K. Heinrich, B. Scott & J. Stötter (Ed.) *Challenges for Mountain Regions - Tackling Complexity*. Böhlau Verlag, Viena.

- Pauli, H., M. Gottfried, Hohenwallner, K. Reiter, G. Grabherr & L. Villar, Eds. (2003). *Manual para el trabajo de campo del Proyecto GLORIA. Iniciativa para la investigación y el seguimiento global de los ambientes alpinos, como contribución al sistema terrestre de observación global (GTOS)*. 70 pp. Universidad de Viena e Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Jaca (Huesca).
- Pauli, H., M. Gottfried, S. Dullinger, O. Abdaladze, M. Akhalkatsi, **J.L. Benito Alonso, L. Villar** & al. (2012). **Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits.** *Science* 336(6079): 353-355 (20 de Abril de 2012). DOI: 10.1126/science.1219033. Disponible en www.jolube.es.
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Lamprecht, A.; Niessner, S.; Rumpf, S.; Winkler, M.; Steinbauer, K. & Grabherr, G., coords. & eds. (2015). **Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al estudio de las cimas. Métodos básicos, complementarios y adicionales. 5ª edición.** 150 pp. Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA). Editor: GLORIA-Coordinación, Academia Austriaca de Ciencias y Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida, Viena, Austria. Edición en español a cargo de **Benito, J.L. & Villar, L.**, Jaca, España. ISBN: 978-92-79-47948-9. DOI: 10.2777/37575.
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Lamprecht, A.; Niessner, S.; Rumpf, S.; Winkler, M.; Steinbauer, K. & Grabherr, G., coords. & eds. (2015). **The GLORIA Field Manual Standard Multi-Summit Approach, supplementary methods and extra approaches. 5th edition.** 150 pp. Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA), Editor: GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences, Viena, Austria. ISBN: 978-92-79-45694-7. DOI: 10.2777/095439.
- Price, M. F. & Barry, R. G. (1997). *Climate change. Mountains of the World*. In: Messerli, B. y Ives, J. D. (eds.). The Parthenon Publishing Group, Nueva York, pp. 409-445.
- Revilla, E. (1987). *Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los Altos Valles del Sobrarbe*. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Rogora, M. & al. (2018) Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines. *Science of The Total Environment* **624**: 1429-1442. [DOI10.1016/j.scitotenv.2017.12.155].
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. & Pounds, J.A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**: 57-60.
- Scherrer, D. & C. Körner (2010). Infra-red thermometry of alpine landscapes challenges climatic warming projections. *Global Change Biology* **16**: 2602–2613.
- Scherrer, D. & C. Körner (2011). Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming *Journal of Biogeography* **38**: 406-416.
- Serrano-Notivolí, R., S.T. Buisán Sanz, L.M. Abad Pérez, E. Sierra Álvarez, C. Rodríguez Ballesteros, J.I. López Moreno & J.M. Cuadrat (2018). Tendencias recientes en precipitación, temperatura y nieve de alta montaña en los Pirineos (refugio de Góriz, Huesca). In: *Climatología*, A.E.D. (Ed.) *El clima: aire, agua, tierra y fuego (Actas del XI Congreso Internacional AEC)*. Pp. 267-280. Asociación Española de Climatología. [<http://hdl.handle.net/20.500.11765/9907>].
- Speed, J.D.M., G. Austrheim & A. Mysterud (2013). The response of plant diversity to grazing varies along an elevational gradient. *Journal of Ecology* **101**: 1225–1236.
- Speed, J.D.M., G. Austrheim, A.J. Hester & A. Mysterud (2012). Elevational advance of alpine plant communities is buffered by herbivory. *Journal of Vegetation Science* **23**: 617–625.
- Sundstol, S.A. & A. Odland (2017). Responses of alpine vascular plants and lichens to soil temperatures. *Ann. Bot. Fennici* **54**: 17-28.
- Venn, S., C. Pickering & K. Green (2012). Short-term variation in species richness across an altitudinal gradient of alpine summits. *Biodiversity and Conservation*: 3157-3186.
- Villar, L. & J.L. Benito Alonso** (2003a). **La flora alpina y el cambio climático: el caso del Pirineo central (Proyecto GLORIA-Europe)**. In: Aeet (Ed.) *España ante los compromisos del Protocolo de Kyoto: Sistemas Naturales y Cambio Climático*. Pp. 92-105. VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre, Barcelona. 84-688-2620-0.
- Villar, L. & J.L. Benito Alonso** (2003b). **Pastoreo y excrementos en el piso alpino del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Proyecto GLORIA-Europe)**. In: ROBLES, A.B., M.E. RAMOS, M.C. MORALES, E. SIMÓN, J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR & J. BOZA (Ed.). **Pastos, desarrollo y conservación**. Pp. 507-511.

- Sociedad Española para el Estudio de Pastos y Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía). Granada. ISBN: 84-8474-100-1.
- Vittoz, P., M. Camenisch, R. Mayor, L. Miserere, M. Vust & J.-P. Theurillat (2012). Subalpine-nival gradient of species richness for vascular plants, bryophytes and lichens in the Swiss Inner Alps. *Botanica Helvetica* 120(2): 139-149. [<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00035-010-0079-8>].
- Walther, G.-R., L. Nagy, R.K. Heikkinen, J. Peñuelas, J. Ott, H. Pauli, J. Pöyry, S. Berger & T. Hickler (2010). Observed Climate-Biodiversity Relationships In: Al., S.E. (Ed.) *Atlas of Biodiversity Risk*. Pensoft Publishers, Sofia (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**: 389-395.
- Winkler, M., A. Lamprecht, K. Steinbauer, K. Hülber, J.-P. Theurillat, F. Breiner, P. Choler, S. Ertl, A. Gutiérrez-Girón, G. Rossi, J.L. Benito Alonso, L. Villar & al. (2016). **The rich sides of mountain summits – a pan-European view on aspect preferences of alpine plants.** *J. Biogeogr.* **43**: 2261–2273.
- Wipf, S., V. Stöckli, K. Herz & C. Rixen (2013). The oldest monitoring site of the Alps revisited: accelerated increase in plant species richness on Piz Linard summit since 1835. *Plant Ecology & Diversity* DOI:10.1080/17550874.2013.764943.