

INFORME de la PROPUESTA

Adaptación al cambio climático de la flora alta montaña: monitorización y seguimiento del proyecto GLORIA y estado del conocimiento



José Luis Benito Alonso

Doctor en Biología

Jolube Consultoría Ambiental



UNIÓN EUROPEA

**FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL**



Expte. CONTRATO MENOR 2013/10. Adaptación al cambio climático de la flora alta montaña: monitorización y seguimiento del proyecto GLORIA y estado del conocimiento

Promueve y dirige: Dirección General de Calidad Ambiental. Servicio de Cambio Climático y Educación Ambiental. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón

Realiza: José Luis Benito Alonso (Jolube Consultoría Ambiental). Jaca (Huesca)



Esta acción está cofinanciada por la operación 49 del programa operativo FEDER 2007-2013 para Aragón: "Construyendo Europa desde Aragón".



UNIÓN EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL



*En portada, desde Punta Acuta se ve el Tobacor, ambas cimas pertenecientes a la zona piloto ES-CPY, situada en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. En recuadro a la derecha. *Arctostaphylos alpinus*.*

Contenido

1. Objeto de la propuesta	4
2. Antecedentes	4
2.1. El proyecto GLORIA	5
2.2. Implicación de Aragón en el proyecto GLORIA	6
2.3. Justificación de los trabajos	8
2.4. La red GLORIA en España	8
3. Trabajos de mantenimiento de la red GLORIA-ARAGÓN.....	9
3.1. Logística, material y métodos	10
3.2. Equipo de trabajo	10
3.3. Mantenimiento de las cimas de la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo).....	11
3.4. Mantenimiento de las cimas de la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo).....	14
3.5. Mantenimiento de las cimas zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico, Moncayo)	17
4. Actualización del estado del conocimiento sobre indicadores y adaptaciones de flora de montaña a los efectos del cambio climático.....	21
4.1. Posible seguimiento de flora amenazada	21
4.2. Actualización bibliográfica	22
5. Datos de temperatura.....	24
5.1. Las temperaturas en la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo)	24
5.2. Las temperaturas en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)	25
5.3. Las temperaturas en la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)	26
6. Publicación de resultados	27
7. ANEXO FOTOGRÁFICO	28
7.1. Termómetros sustituidos en ES-CPY-ACU (Punta Acuta).....	28
7.2. Termómetros sustituidos en ES-CPY-CUS (Punta Custodia).....	36
7.3. Termómetros sustituidos en ES-CPY-TOB (Tobacor).....	41
7.4. Termómetros sustituidos en ES-CPY-OLA (Punta de las Olas)	45

1. Objeto de la propuesta

El objetivo de esta propuesta es doble:

Realizar las visitas técnicas precisas para comprobar el correcto funcionamiento de los termómetros automáticos dispuestos en las cimas 16 de las tres zonas del Proyecto Gloria en Aragón, reponer los deteriorados, descargar sus datos, cambiar baterías en los de la zona piloto ES-CPY (Ordesa), así como recolocar las estacas que se hayan perdido y repintar las marcas borradas o deterioradas.

Actualización de la información referente a la adaptación de la flora de alta montaña a los efectos del cambio climático, sintetizando lo que se sepa y también poniendo de relieve qué es lo que todavía no se conoce. Un énfasis especial en realizar una búsqueda bibliográfica sobre el estado del conocimiento de *Arctostaphylos alpinus* y su adaptación al cambio climático, realizando una visita a la población localizada en el valle de Otal e informando sobre la posibilidad de realizar sobre ella un seguimiento a largo plazo. Además

2. 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 (EECCCEL) 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 ha puesto en marcha la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL), como 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 Estrategia debe ser la base para la elaboración de los planes de acción que las entidades aragonesas pongan en práctica.

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, está la de “Fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación” en los diez 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 EACCEL está 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”.

2.1. 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), liderado por la universidad de Viena (Austria), 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) en las principales cordilleras de los cinco continentes (figura 1).

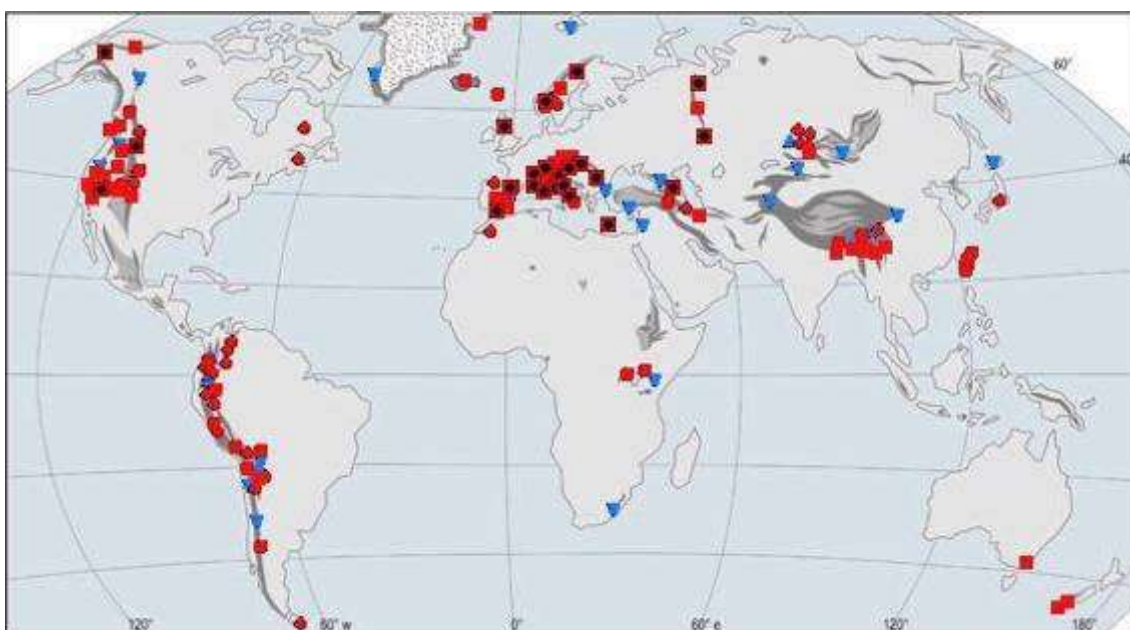


Figura 1. Mapa mundial donde están representadas las 115 zonas piloto de muestreo de flora alpina con metodología GLORIA (junio de 2013).

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 llevadas a cabo in situ nos parecen 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 5 a 10 años e incluso más, si fuera necesario).
- (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.

2.2. *Implicación de Aragón en el proyecto GLORIA*

Aragón participa en este proyecto desde 2000, 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 dos campañas de estudio, en 2001 y 2008 (Villar & Benito, 2003 a, b).

El Gobierno de Aragón se suma a esta iniciativa, en el año 2008, ayudando con la repetición de los muestreos realizados en la zona piloto ES-CPY del PNOMP, dando apoyo logístico y de personal del propio parque nacional y de la empresa pública SODEMASA, así como una pequeña ayuda económica aportada por dicha empresa¹.

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 de la red GLORIA, además del seguimiento de dos especies del Catálogo aragonés de flora amenazada, *Diphysastrum alpinum* y *Arctostaphylos alpinus*. Allí proponen que estas dos especies sean incluidas en el muestreo de GLORIA, pero ninguna de ellas vive en cimas alpinas donde se realizan los muestreos del citado proyecto.

Siguiendo dicha recomendación, en 2010 las Direcciones Generales de Calidad Ambiental y la de Conservación del Medio Natural del entonces Departamento de Medio Ambiente del

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.

Gobierno de Aragón, encargan un informe para localizar posibles nuevas zonas piloto GLORIA en Aragón³ para 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 la otra zona piloto en la alta montaña mediterránea, en concreto en el Sistema Ibérico-Moncayo (ES-MON).

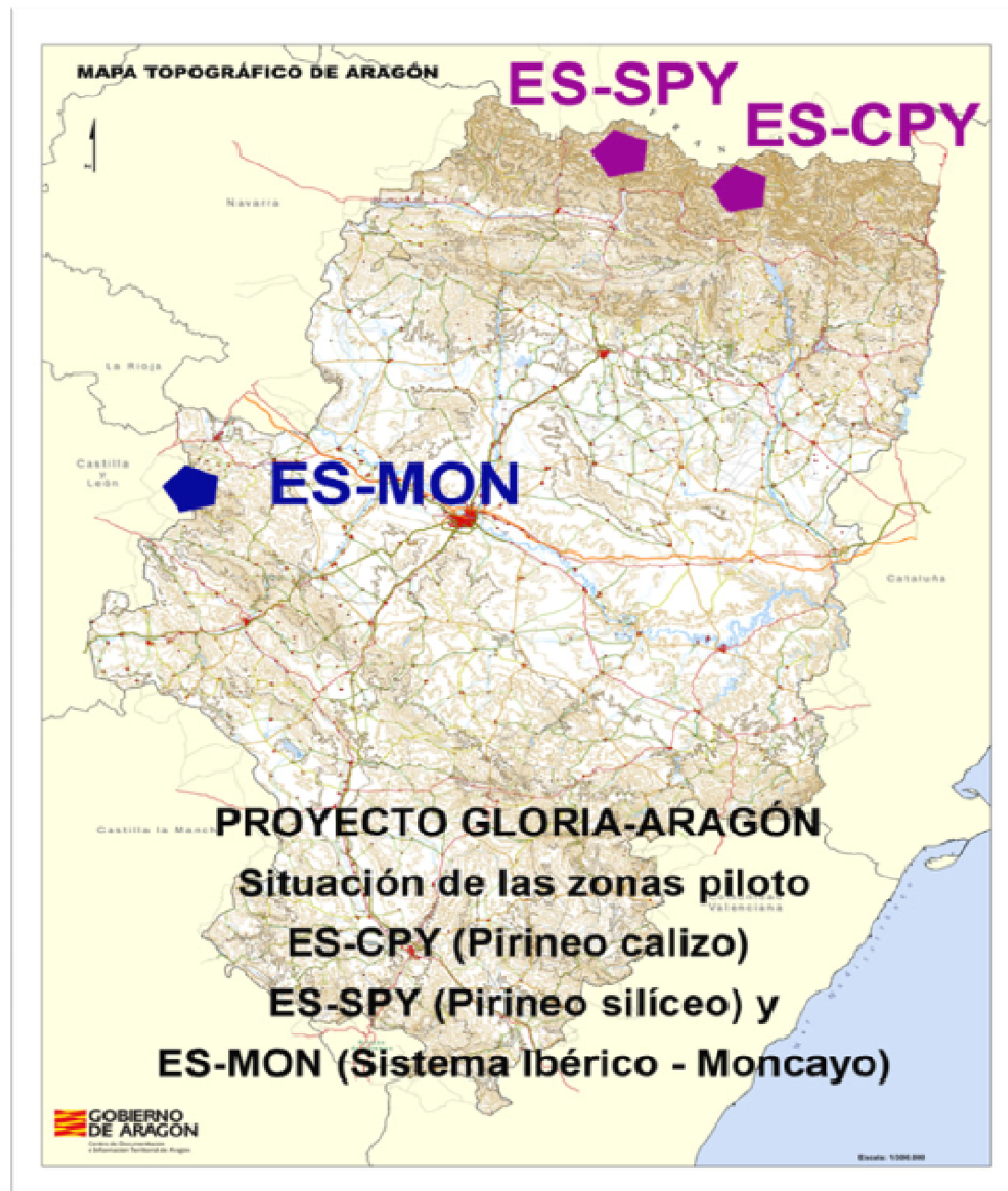


Figura 2. Ubicación en Aragón de las zonas piloto del proyecto GLORIA-ARAGÓN.

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.

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.

2.3. 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 un punto de vista general.

En estos momentos GLORIA lleva ya en marcha doce años en las 17 zonas piloto (ZP) de Europa en las que se inició el estudio (incluye el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Es sin duda la serie de datos sobre 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 y el Moncayo), de forma que ahora ya hay zonas piloto GLORIA en todos los grandes macizos montañosos del mundo, hasta completar 115. Se trata sin duda de la mayor red global de estudio de un ecosistema.

En las 17 zonas piloto iniciales se repitió el muestreo en 2008 y ahora empezamos a obtener resultados. El equipo de coordinación de GLORIA en Viena ha informado de que los muestreos se repetirán en 2015.

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 a los cinco años de su colocación, 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.

2.4. La red GLORIA en España

La red GLORIA en España está formada por seis zonas piloto (ZP) activas completas (Tabla 1), más otras dos parciales. El proyecto GLORIA en España comenzó en 2001 con el establecimiento de dos ZP instaladas en los parques nacionales de Sierra Nevada (ES-SNE) y Ordesa y Monte Perdido (Pirineo central calizo, ES-CPY), donde se repitieron los muestreos en 2008. A ellos se han añadido las siguientes ZP: en el macizo nororiental de Sierra Nevada (ES-SNN) en 2005; otra en el Sistema Central (ES-SIC) en 2006; en el Pirineo central silíceo (ES-SPY, valles de Tena y Bielsa) en 2011; y por último la ZP del Sistema Ibérico-Moncayo (ES-MON) en 2012.

ES-CPY: Central Pyrenees / Ordesa (Spain) [2001/2008]				
Acrónimo	Nombre de la cima	Alt.(m)	Longitud	Latitud
ACU	Punta Acuta	2242	-/000/03/40	+/42/38/20
CUS	Punta Custodia	2519	+/000/02/00	+/42/39/05
TOB	Punta Tobacor	2779	-/000/00/40	+/42/39/25
OLA	Punta de las Olas	3022	+/000/03/20	+/42/39/50
ES-MON: Sistema Ibérico / Moncayo (Spain) [2012]				
NEG	Peña Negrilla	2118	+/41/47/22	-/001/51/35
LOB	Peña Lobera	2226	+/41/45/55	-/001/49/07
MOR	Morca	2274	+/41/46/43	-/001/49/34

MON	Moncayo	2314	+/41/47/14	-/001/50/23
ES-SIC: Sistema Central (Spain) [2006]				
BAR	Peñas de la Barranca	2170	-/003/58/56	+/40/46/52
GUA	Las Guarramillas	2210	-/003/58/22	+/40/47/23
VAL	Valdemartín	2270	-/003/59/10	+/40/47/11
ES-SNE: Sierra Nevada - West (Spain) [2001/2008]				
PUL	Pulpitito	2778	-/003/20/43	+/37/02/12
CUP	Cúpula	2968	-/003/21/08	+/37/02/45
TCA	Pico del Tosal Cartujo	3150	-/003/24/18	+/37/02/23
MAC	Cerro de los Machos	3327	-/003/21/27	+/37/03/26
ES-SNN: Sierra Nevada - Northeast (Spain) [2005]				
MOR	Monte Rosa	2668	+/003/16/29	+/37/07/38
MIR	Mirón	2717	+/003/15/02	+/37/08/02
DIE	Diegisa	2800	+/003/16/50	+/37/07/15
CUE	Cuervo	3144	+/003/17/07	+/37/05/57
ES-SPY: Siliceous Central Pyrenees, Valles Tena y Bielsa (Spain) [2011]				
GUE	Punta de las Tres Güegas	2302	-/000/25/13	+/42/45/03
ANA	Vértice de Anayet	2555	-/000/27/39	+/42/46/30
BAC	Bacías	2731	-/000/11/44	+/42/45/12
ROB	Robiñera, Morrón de Sobresplucas	2827	+/000/08/15	+/42/41/57

Tabla 1. Zonas piloto GLORIA en España, ordenadas por acrónimo, y sus montañas. Además se indica el nombre oficial en el proyecto, el año de inicio y en su caso de repetición, con la altitud y las coordenadas de longitud y latitud de cada cima.

Existen otras dos montañas, en la Sierra de la Demanda y los Montes Cantábricos, en las que se hacen muestreos con metodología GLORIA, pero que no están integradas en el proyecto por no poder cumplir con todas las condiciones del mismo.

3. Trabajos de mantenimiento de la red GLORIA-ARAGÓN

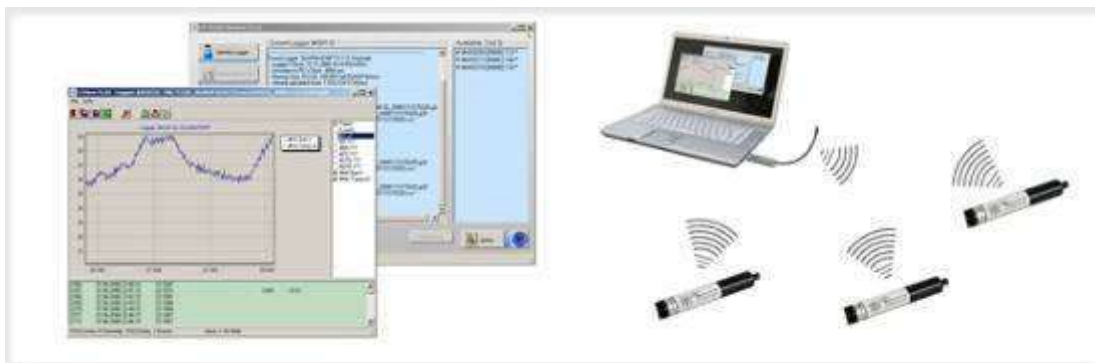
Como ya hemos comentado, este estudio tiene una proyección a largo plazo y los muestreos de flora se repiten cada 7 años. Para que ello sea posible es necesario realizar un mantenimiento anual de las zonas piloto para comprobar que todos los termómetros funcionen correctamente, descargar sus datos, relocalizar 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.

El fabricante de los termómetros nos ha indicado que, aunque en condiciones normales las baterías suelen durar al menos ocho años, en el entorno extremo en el que se usan en el proyecto GLORIA podrían gastarse antes. Por ello, como medida de precaución en este año 2013 hemos reemplazado las baterías de los 16 termómetros que colocamos en 2008 en la ZP del PN de Ordesa y Monte Perdido (ES-CPY).



3.1. Logística, material y métodos

La descarga de los termómetros de campo la hemos realizado con un ordenador portátil dotado de una antena 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 16 cimas de las tres zonas piloto de GLORIA-ARAGÓN se realizaron desplazándonos en vehículo todoterreno hasta la base de las montañas y después ascendimos 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*), baterías de recambio (20 unidades Saft LS 14500 de 3,6 V. 16 para ES-CPY y 4 de repuesto), cintas métricas, cámara de fotos digital, ordenador portátil, antena para comunicación con los termómetros, estacas metálicas y pintura en aerosol.



Además, para la sustitución de las baterías hemos necesitado soldador de gas, carga de gas, estaño, tubo térmico, alicates, pinzas y vaselina de silicona para sellar las juntas tóricas

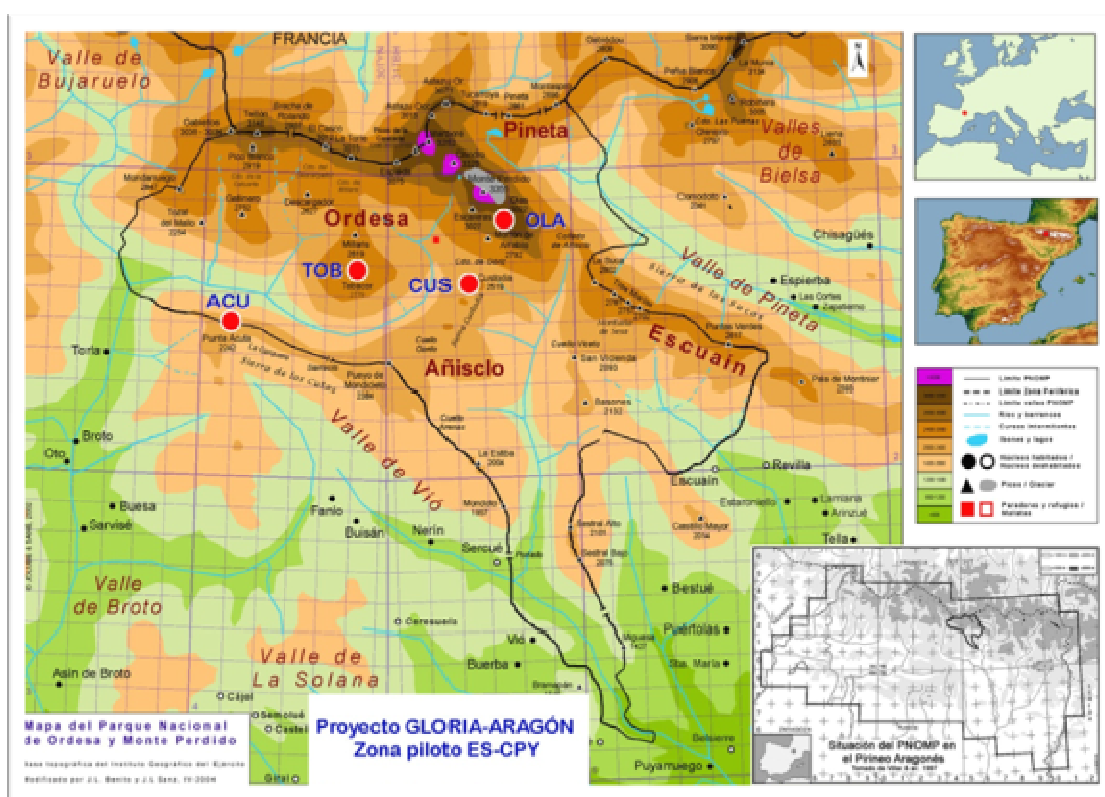
Dado que el cambio de las baterías no es una tarea sencilla y requiere del uso de soldador, hemos optado por adquirir 4 aparatos de repuesto en vez de los dos que indicamos inicialmente. De esta forma, en la primera cima ES-CPY reemplazamos los aparatos viejos por los nuevos, así hemos sustituido las pilas gastadas en el laboratorio en condiciones favorables. Estos termómetros con batería nueva los hemos usado para cambiar los de la siguiente cima.

3.2. Equipo de trabajo

El trabajo de campo lo ha realizado el autor de este informe y contratista, José Luis Benito Alonso, con el apoyo de la bióloga Ana Isabel Acín Pérez. También hemos contado con la colaboración de Luis Villar Pérez, Científico Titular del Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC de Jaca para la recogida de datos y mantenimiento de la cima ES-SPY-ROB (Robiñera).

3.3. Mantenimiento de la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo)

Estas cuatro cimas se sitúan en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca). Como ya hemos indicado antes, desde el centro de coordinación GLORIA de Viena nos indicaron la necesidad de reemplazar las baterías de estos 16 termómetros.



Panorámica y mapa de situación de la ZP ES-CPY (Pirineo calizo)

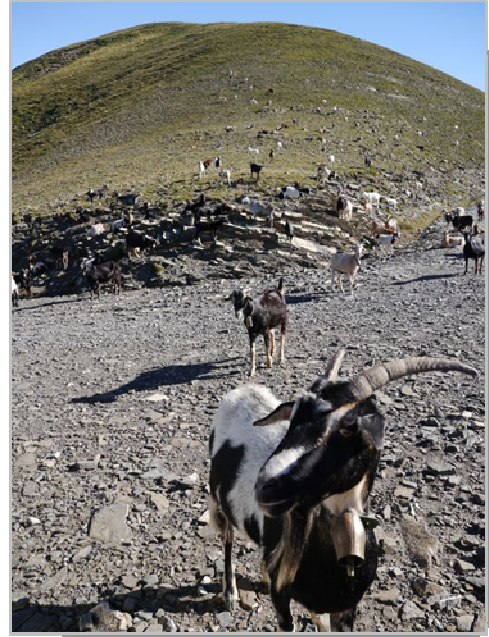
Punta Acuta (ACU), 2242 m, (ecotono subalpino-alpino)

Se accede en todoterreno por la pista de tierra que parte desde Torla y sube por Diazas en aproximadamente 45 minutos. Se deja el vehículo al pie en menos media hora se llega a la cima.

Hemos advertido un aumento de la presión pastoral, con presencia de gran cantidad de excrementos de cabra y en menor medida de oveja, sobre todo en la cara sur, la más cálida y con mayor cobertura de pastos de *Festuca eskia*.

Las estacas de madera que colocamos en 2008 para delimitar las parcelas, han desaparecido todas en la cara sur, al parecer por ramoneo. Gracias a los formularios donde figura la

localización exacta de las parcelas y las fotos de las mismas hemos podido recolocar las nuevas estacas metálicas, que esperamos que duren más. En el resto de orientaciones hemos cambiado alguna estaca de madera y repintado marcas.



Hemos sustituido los cuatro termómetros por los nuevos y hemos podido descargar los datos correctamente.

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

Se accede en todoterreno por la pista de tierra que parte desde Nerín hasta el paraje denominado Siarracils. Desde allí cuesta hora y media a pie llegar al pico.



Hemos podido apreciar que las ovejas de Fanlo que pastan en el Parque, desde que murió el pastor que las acompañaba, Pelayo Noguero de Casa Garcés, se mueven libremente por la zona y tienen mayor tendencia a subir a la cima. Se aprecia mayor cantidad de excrementos sobre todo en las exposiciones más soleadas.

Hemos procedido a sustituir los termómetros por los que sacamos de Punta Acuta, a los que pusimos pilas nuevas. Hemos podido descargar los datos correctamente. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.

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

Se accede en todoterreno por la pista de tierra que parte desde Nerín hasta el paraje denominado Siarracils. Desde allí nos desplazamos hasta el refugio de Góriz, que tomamos como base de operaciones. El ascenso hasta el pico desde el refugio cuesta unas dos horas y media.

Hemos procedido a sustituir los termómetros por los que sacamos de Custodia, a los que pusimos pilas nuevas. Hemos podido descargar los datos correctamente. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.

Este verano de 2013 se ha alargado gracias a las tormentas estivales y otoñales y la falta de heladas, lo que ha permitido floradas tardías o dobles como la de esta *Arenaria purpurascens* en el camino de ascenso al Tobacor.



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

Tomando como base el refugio de Góriz mencionado anteriormente, ascendemos al pico a pie en aproximadamente tres horas.

Hemos procedido a sustituir tres de los cuatro termómetros por los que sacamos del Tobacor Custodia, a los que pusimos pilas nuevas. Uno de ellos no ha podido ser sustituido por un fallo

del de repuesto que ha tenido que ser subsanado en el laboratorio. En 2014 procederemos a su sustitución.

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



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





Panorámica y mapa de situación de la ZP ES-SPY (Pirineo silíceo)

Estas cuatro cimas están situadas, las tres primeras en el valle de Tena, la última en el valle de Chisagüés (Bielsa).

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

Está situado junto al collado de Izas que separa del valle del Aragón del Gállego. Se accede con vehículo todoterreno por una pista de tierra por Formigal, hasta la zona denominada Cantal (2250). Desde allí se llega a la cima andando en 10 minutos.

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



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

Se accede por Formigal, en pista asfaltada desde el Corral de las Mulas hasta el aparcamiento de Culivillas (1740 m). Después se llega andando a la cima tras dos horas y media de caminata.

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



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

El acceso a este pico a pie desde el Balneario de Panticosa (1640 m), presenta un desnivel superior a los 1100 m y unas 5 horas de caminata.

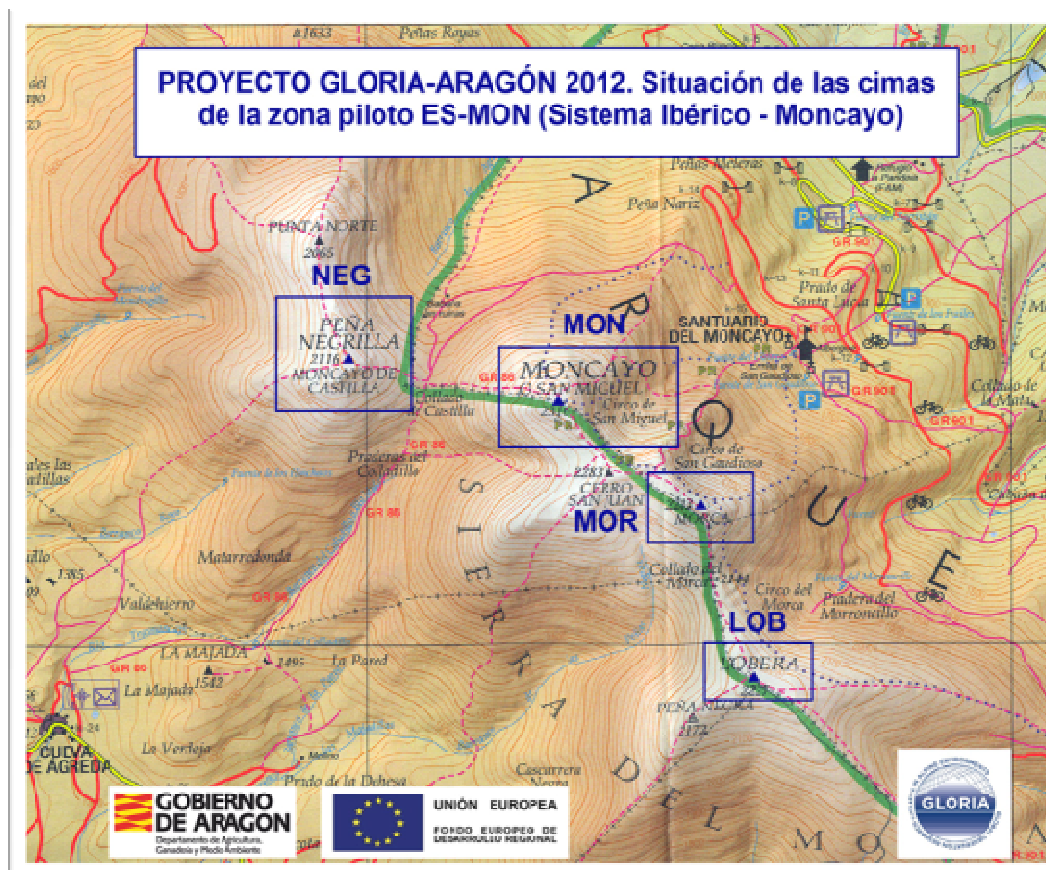
Hemos podido descargar los datos correctamente. Se ha repuesto alguna estaca y hemos repintado marcas.



Pico Robiñera (ROB), 2995 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). Al pico se llega andando por un camino bastante directo en alrededor de 4 horas de caminata y unos 1100 m de desnivel. La correcta descarga la realizó Luis Villar.

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



Panorámica y mapa de situación de la ZP ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)

Las cuatro cimas están situadas en el Sistema Ibérico septentrional, en la Sierra del Moncayo (Zaragoza-Soria). El acceso lo realizamos, tal como hicimos en 2012, desde la parte soriana del Moncayo. Hay dos pistas de tierra: una que parte de Beratón (Soria) y que llega hasta cerca del 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 la Delegación Territorial de Soria del Servicio de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, que nos facilitó los permisos de acceso así como los APN de Ágreda-Ólvega que nos facilitaron la llave de acceso.

El cierzo fue el protagonista en la recogida de datos, pues no dejó de soplar haciendo el trabajo de campo más pesado.

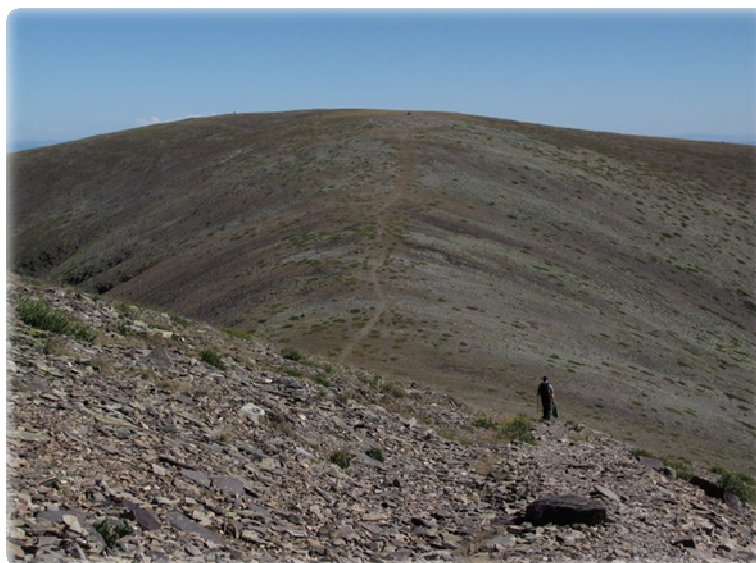
Peña Negrilla (NEG), 2116 m (piso oromediterráneo superior)

Hemos podido descargar los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca.



Peña Lobera (LOB), 2226 m (ecotono del piso oromediterráneo superior con el crioromediterráneo inferior)

Hemos podido descargar los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca.



Morca (MOR) (Alto del Corralejo o del Collado de las Piedras), 2274 m (piso crioromediterráneo inferior)

Hemos podido descargar los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca.



Moncayo o Pico de San Miguel (MON), 2314 m (piso crioromediterráneo superior)

Hemos podido descargar los datos correctamente. Todas las estacas estaban presentes y sólo ha habido que repintar alguna marca.





Homenaje al Botánico Pedro Uribe-Echebarría, recientemente fallecido, autor del libro “Claves ilustradas de la flora del Moncayo”.

4. Actualización del estado del conocimiento sobre indicadores y adaptaciones de flora de montaña a los efectos del cambio climático

Como ya hemos comentado anteriormente, en 2009 se hace una revisión sobre la información disponible de elementos de la biodiversidad aragonesa más vulnerables ante los efectos del cambio climático. Han pasado cuatro años desde entonces y nosotros proponemos actualizar la información referente a este aspecto, sintetizando lo que se sepa de las adaptaciones de la flora de alta montaña a los efectos del cambio climático pero también poniendo de relieve qué es lo que todavía no se conoce.

Pretendemos hacer un barrido bibliográfico para conocer cuáles son las investigaciones más recientes sobre efectos del calentamiento global en la flora de alta montaña y su posible traslación a las montañas de Aragón. Queremos ver si hay algún otro método, aparte de GLORIA, que nos pueda dar información acerca de lo que les está ocurriendo a las plantas de nuestras montañas así como si hay alguna especie que haya resultado indicadora en otras cordilleras que pudiera estudiarse aquí.

4.1. Posible seguimiento de flora amenazada

En el mencionado informe de 2009 se propone el seguimiento de dos especies del Catálogo aragonés de flora amenazada, como indicadoras, *Diphasiastrum alpinum* y *Arctostaphylos alpinus*. Allí proponen que estas dos especies sean incluidas en el muestreo de GLORIA, pero ninguna de ellas vive en cimas alpinas, los lugares donde se realizan los muestreos del citado proyecto.

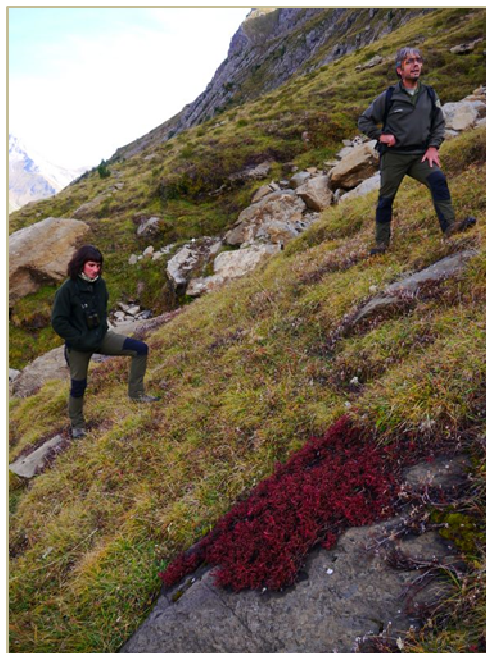
De *Diphasiastrum alpinum* sólo se conoce una población muy fragmentada del Formigal (Sallent de Gállego, Huesca), afectada por la estación de esquí. Tanto por su fragmentación, como por la amenaza (alguno de sus núcleos está rodeado por dos pistas), como por la escasez de individuos, no es aconsejable tomarla como especie indicadora ya que dichos factores pueden distorsionar la interpretación de los datos.

Con respecto a *Arctostaphylos alpinus*, hasta hace poco sólo se conocían dos poblaciones en Aragón con escasos efectivos. Sin embargo, en 2012 se descubrió una nueva población en el valle de Otal (Bujaruelo, T.M. de Broto, Huesca), con varios núcleos con muchos individuos que convendría visitar para ver si podría ser adecuada para un seguimiento a largo plazo.

El 17 de octubre de 2013 visitamos la mencionada población de Otal acompañado de Javier Puente, Biólogo del Servicio Provincial de Medio Ambiente de Huesca y los APN Manuel Grasa (descubridor de la población) e Idoia. Elegimos esta fecha por que en otoño esta planta toma unos colores rojizos-burdeos que permite verla desde cierta distancia.

El acceso tiene una cierta dificultad pues es preciso atravesar unos cortados y sólo hay un acceso posible.

La especie se encuentra muy dispersa por la ladera de la umbría del valle, con pendientes entre 25°-40° que dificulta el tránsito y en ocasiones lo hace peligroso. Forma matas densas de entre 1-2 m², muchas veces en compañía de *Dryas octopetala*, rodeadas en unas zonas por pastos calcícolas de umbría con *Carex sempervirens* y en otras zonas por matorrales de *Rhododendron ferrugineum* con *Vaccinium myrtillus* y *V. uliginosum*. El sustrato es calizo intercalado con areniscas silíceas, lo que da una curiosa combinación de flora de calcícola y acidófila.



4.2. Actualización bibliográfica

Nuevas publicaciones sobre impacto del cambio climático sobre la flora de la alta montaña.

- 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.
- 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 cryoromediterranean 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.
- Gottfried, M., M. Hantel, C. Maurer, R. Toechterle, H. Pauli & G. Grabherr (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS* 6.
- 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.
- 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, Sofia (EU FP-6 Integrated Project ALARM).
- Holzing, 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.
- 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.
- 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.
- 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., 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).
- 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).
- Noroozi, 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.
- Pauli, H., M. Gottfried & G. Grabherr (2011). Nemorale 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, Vienna.
- Venn, S., C. Pickering & K. Green (2012). Short-term variation in species richness across an altitudinal gradient of alpine summits. *Biodiversity and Conservation* 21(12): 3157-3186.
- 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).
- 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.

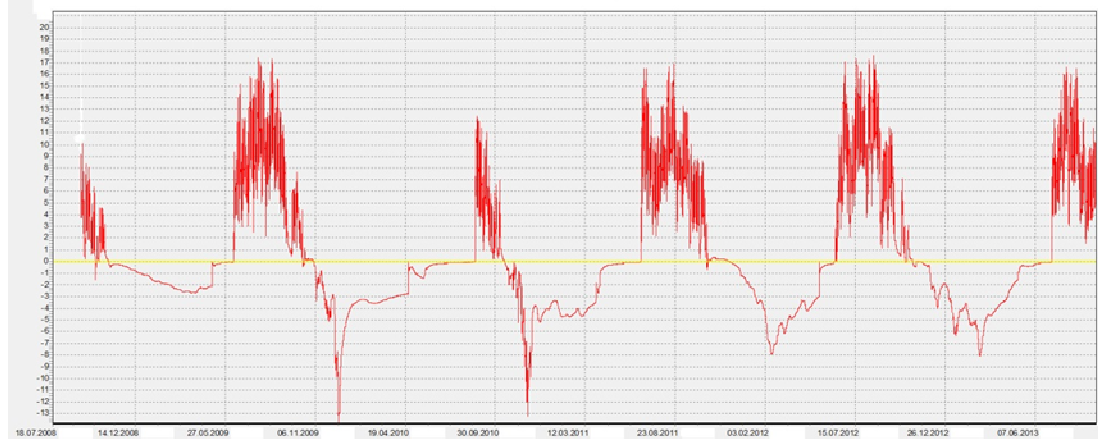
5. Datos de temperatura

5.1. Las temperaturas en la zona piloto ES-CPY (Pirineo calizo)

Tabla del número de días de helada (temperatura media diaria $<0,99^{\circ}\text{C}$) por año, durante el periodo 2002-2012, por cimas y orientaciones. Los datos tachados se refieren a periodos en los que nos faltan datos por fallos en los termómetros.

HELADA ($0,99^{\circ}\text{C}$) AÑO	Punta Acuta (2242 m)				Custodia (2519 m)				Tobacor (2779 m)				Punta de las Olas (3022 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
2002	177	85	165	148	208	169	188	135	238	137	243	229	252	162	246	240
2003	199	138	175	165	223	185	209	0	227	0	230	224	262	0	241	224
2004	210	151	189	184	236	203	234	0	240	0	256	242	265	0	253	236
2005	444	446	157	129	186	170	176	57	445	0	228	224	238	73	152	143
2006	0	0	131	144	160	143	169	148	0	0	212	193	243	199	0	0
2007	0	0	158	142	200	178	191	187	0	0	240	239	258	223	0	0
2008	62	37	186	144	240	219	240	229	84	0	252	254	297	257	84	76
2009	172	112	158	145	175	157	170	186	215	0	203	192	244	225	230	216
2010	214	149	181	164	219	195	224	194	248	0	259	240	321	236	275	250
2011	141	105	132	114	184	153	173	151	209	60	153	189	246	166	235	223
2012	195	97	169	129	199	180	198	192	223	201	230	222	244	213	250	223

Evolución de la temperatura en la Punta de las Olas N, 3022 m (ES-CPY-OLA)
Periodo: Julio 2007-septiembre 2013



5.2. Las temperaturas en la zona piloto ES-SPY (Pirineo silíceo)

Tabla del número de días de helada (temperatura media diaria $<0,99^{\circ}\text{C}$) por mes, durante el periodo septiembre 2011- agosto 2013, por cimas y orientaciones.

	Tres Güegas (2302 m)				Vértice de Anayet (2555 m)				Bacías (2731 m)				Robiñera, Morrón de Sobresplucas (2827 m)			
	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
sep-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oct-11	3	0	0	0	2	0	0	3	12	0	0	11	10	0	9	0
nov-11	4	0	5	0	0	0	0	3	1	0	4	3	0	0	0	0
dic-11	31	0	31	19	29	11	15	31	24	0	31	26	1	0	3	0
ene-12	31	0	31	31	31	2	13	31	31	19	31	31	31	23	31	3
feb-12	28	19	28	28	28	23	24	28	28	28	28	28	28	28	28	28
mar-12	30	16	24	20	30	4	6	30	30	17	22	30	30	30	30	30
abr-12	30	0	30	25	30	5	14	30	30	3	25	30	30	30	30	30
may-12	25	0	14	9	15	0	8	13	27	14	13	28	31	21	31	31
jun-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	23	5
jul-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sep-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oct-12	3	0	3	0	4	0	0	4	4	0	0	4	4	0	3	0
nov-12	21	0	11	1	30	1	2	30	30	1	3	30	30	26	30	8
dic-12	31	0	31	31	31	31	31	31	31	31	27	31	31	31	31	31
ene-13	31	0	31	31	31	25	26	31	31	3	16	31	31	31	31	31
feb-13	28	0	28	28	28	28	28	28	28	0	0	28	28	28	28	28
mar-13	31	0	31	31	31	31	31	31	31	0	3	31	31	31	31	31
abr-13	30	0	30	19	30	30	15	28	27	0	6	30	30	30	30	30
may-13	31	0	25	4	31	7	0	23	30	7	28	31	31	31	31	31
jun-13	18	0	0	0	11	0	0	1	14	10	16	17	30	14	30	30
jul-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	12
ago-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

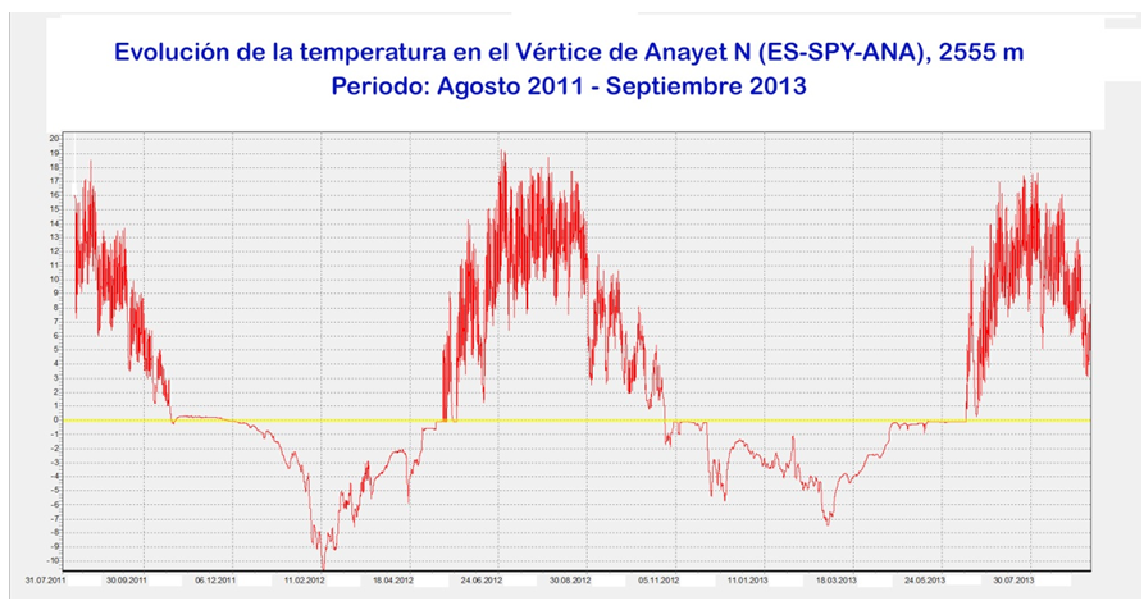


Tabla resumen del número de días de helada (temperatura media diaria <0,99 °C) en 2012.

Año 2012	Alt.	Días Heladas					Meses heladas				
		N	S	E	W	MED	N	S	E	W	MED
GUE	2302	199	35	172	145	137,8	6,6	1,2	5,7	4,8	4,6
ANA	2555	199	66	98	197	140,0	6,6	2,2	3,3	6,6	4,7
BAC	2731	211	113	149	212	171,3	7,0	3,8	5,0	7,1	5,7
ROB	2827	230	189	237	166	205,5	7,7	6,3	7,9	5,5	6,9

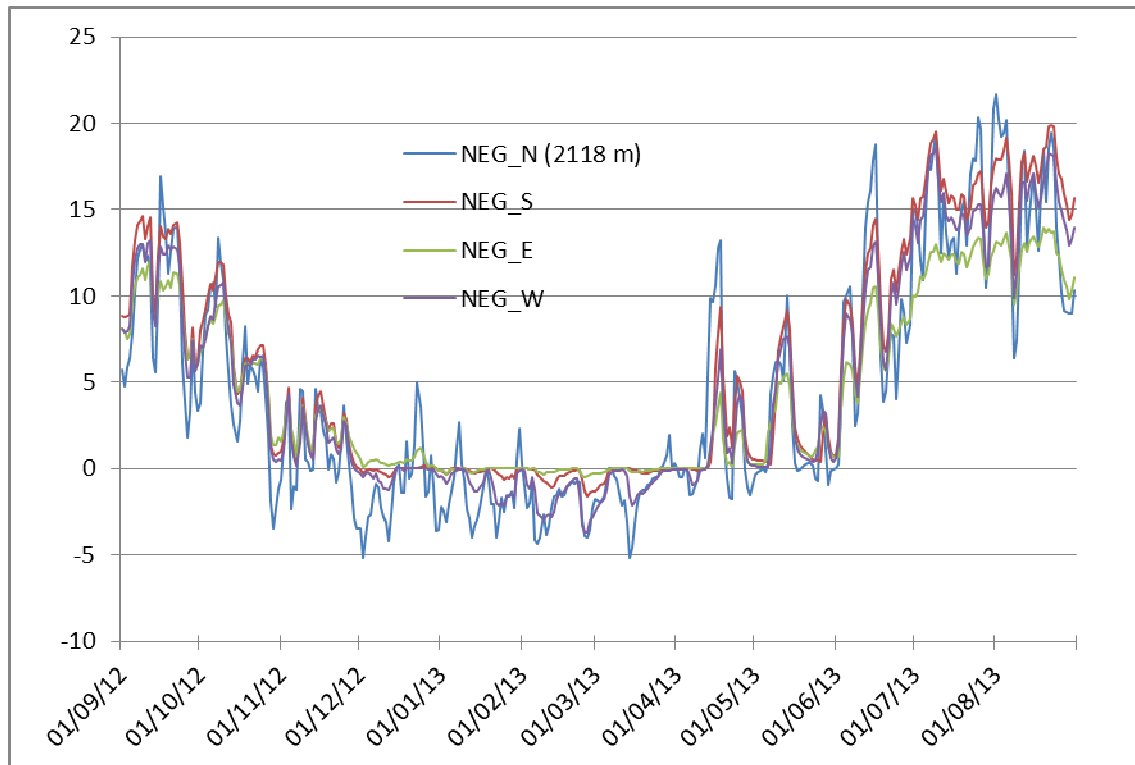
5.3. Las temperaturas en la zona piloto ES-MON (Sistema Ibérico - Moncayo)

Tabla del número de días de helada (temperatura media diaria <0,99 °C) por mes, durante el periodo septiembre 2012- agosto 2013, por cimas y orientaciones.

	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
sep-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oct-12	4	0	0	0	0	5	5	0	6	0	5	0	4	2	4	6
nov-12	12	0	0	1	1	13	12	2	18	1	18	0	18	3	5	15
dic-12	24	15	1	20	29	24	25	26	27	3	28	12	31	25	6	27
ene-13	25	28	15	31	31	24	25	29	29	31	30	31	31	29	28	31
feb-13	27	25	23	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28	27	28	28
mar-13	23	31	19	31	31	23	23	31	28	31	29	31	31	31	25	29
abr-13	14	12	0	12	17	10	12	13	4	14	0	15	25	15	3	17
may-13	11	0	0	0	1	14	11	0	15	0	9	0	21	0	0	19
jun-13	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	1	0	3	0	0	2
jul-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	140	111	58	123	138	142	142	129	156	108	148	117	192	132	99	174
MED	108				137,75				132,25				149,25			

Tabla resumen de temperaturas máximas, media de las máximas, mínimas, media de las mínimas y media, durante el periodo septiembre 2012- agosto 2013, por cimas y orientaciones.

Temperaturas	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
T MÁX	33,1	24,5	18,5	22,9	31,5	23,6	28,9	23,8	24,9	26,2	21,0	18,5	20,3	25,6	21,1	27,0
T Med MÁX	8,0	7,0	5,7	6,2	7,6	6,4	7,2	6,5	4,9	6,6	3,8	4,9	4,2	6,7	5,6	5,9
T MÍN	-6,9	-1,7	-0,5	-3,9	-10,3	-4,4	-7,8	-3,9	-8,8	-3,0	-11,0	-2,7	-5,2	-2,4	-2,4	-8,3
T Med MÍN	1,8	4,4	3,5	3,7	1,0	3,3	1,8	3,4	1,6	3,3	1,1	3,1	2,2	3,1	2,9	1,6
T MEDIA	4,4	5,6	4,4	4,8	3,8	4,7	4,2	4,8	3,1	4,8	2,4	3,9	3,2	4,7	4,2	3,5



Ejemplo gráfico de evolución de la temperatura del suelo en las cuatro orientaciones de Peña Negrilla (2118 m)

6. Publicación de resultados

Presentaremos el proyecto GLORIA-ARAGÓN y sus primeros resultados en el X Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico Cantábrica que se celebró en Bagnères de Luchon (Francia).

También publicaremos el proyecto en revistas de divulgación científica como Investigación y Ciencia y otras.

7. ANEXO FOTOGRÁFICO

Fotografías testigo del cambio de los termómetros automáticos en la zona piloto ES-CPY (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido).

Estas fotografías son necesarias para poder localizar correctamente los termómetros en un futuro.

7.1. *Termómetros sustituidos en ES-CPY-ACU (Punta Acuta)*



PUNTA ACUTA NORTE



PUNTA ACUTA NORTE





PUNTA ACUTA SUR



PUNTA ACUTA SUR





PUNTA ACUTA ESTE



PUNTA ACUTA ESTE





PUNTA ACUTA OESTE



PUNTA ACUTA OESTE



7.2. Termómetros sustituidos en ES-CPY-CUS (Punta Custodia)



SIERRA CUSTODIA NORTE





SIERRA CUSTODIA SUR





SIERRA CUSTODIA ESTE





SIERRA CUSTODIA OESTE





SIERRA CUSTODIA OESTE

7.3. Termómetros sustituidos en ES-CPY-TOB (Tobacor)



TOBACOR NORTE





TOBACOR SUR





TOBACOR ESTE





TOBACOR OESTE



7.4. Termómetros sustituidos en ES-CPY-OLA (Punta de las Olas)



PUNTA DE LAS OLAS NORTE





PUNTA DE LAS OLAS NORTE



PUNTA DE LAS OLAS SUR





PUNTA DE LAS OLAS ESTE

