
Memorias del curso:
**Monitoreo del impacto del cambio climático en la
biodiversidad de los ecosistemas de alta-montaña en los Andes**

Recopiladas por Francisco Cuesta, Carolina García, y Stephan Halloy
Noviembre 2007

Organizado y auspiciado por:

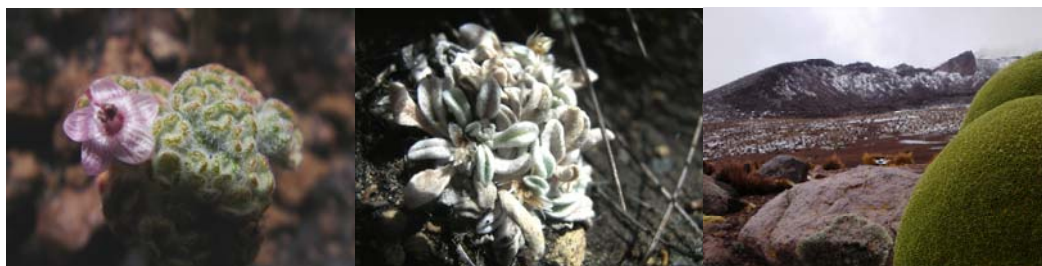


CONTENIDO

1. Introducción.....	-02-
2. Resultados del Curso.....	-04-
3. Resultados del trabajo de campo	-07-
4. Análisis y reporte de información.....	-10-
5. Referencias.....	-11-

ANEXOS

Anexo 1. Sitios GLORIA propuestos e instalados en Sudamérica.....	-13-
Anexo 2. Lista de asistentes.....	-15-
Anexo 3. Presentaciones.....	-17-
Anexo 4. Programa.....	-18-



1. Introducción

Durante la última década varios estudios han resaltado las potenciales amenazas del cambio climático a la biodiversidad del planeta (Broennimann *et al.* 2006; Thuiller *et al.* 2006; Araújo *et al.* 2005a; Araújo *et al.* 2005b; Pearson and Dawson, 2003; Bakkenes *et al.* 2002; Peterson *et al.* 2001). Estos estudios concuerdan en que el incremento en el calentamiento global y sus correspondientes anomalías climáticas afecta a la biodiversidad en diferentes escalas y de diversas formas las cuales pueden resumirse en: a) variaciones en los rangos potenciales de especies, b) alteraciones en las comunidades de especies, c) desplazamientos altimétrico de los ecosistemas, d) interacciones entre los efectos del cambio climático y la fragmentación del hábitat, y e) cambios en el funcionamiento de los ecosistemas.

Al nivel de especies, tres procesos de respuestas generales pueden ocurrir debido al cambio climático: desplazamiento, adaptación (ya sea en términos de cambios evolutivos o adaptaciones fisiológicas) y extinción local (Holt, 1990; Peterson *et al.* 2001). Es plausible que los efectos del cambio climático a escala local podrían reflejar las interacciones de estos tres mecanismos y derivar en cambios en las composiciones y funciones de las comunidades vegetales de los ecosistemas altoandinos. Por ejemplo, desplazamientos abruptos en la distribución potencial de especies pueden derivar en altas tasas de extinción así como importantes modificaciones en la fenología y fisiología de las especies (Parmesan and Yohe 2003).

No obstante, la gravedad de esos “escenarios de extinción” a escala local sólo podrá documentarse por medio de un seguimiento in-situ a largo plazo. Lastimosamente, al contrario de lo que ocurre en los campos de la meteorología y la glaciología, apenas se conocen observaciones a largo plazo para detectar los impactos del cambio climático en la biodiversidad de los ecosistemas de alta montaña.

En este contexto, el principal desafío para comprender los efectos del calentamiento global en la biodiversidad andina consiste en establecer una red de observaciones a largo plazo que permita desarrollar un protocolo de seguimiento estándar a lo largo de los Andes. Esta red de sitios de investigación debe generar información consistente a escala local y al ser integrada provea de respuestas a una escala regional.

El proyecto de investigación *GLORIA (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 (Pauli *et al.* 2004). Hasta la fecha *GLORIA* ha establecido 54 sitios piloto de observación en las principales cordilleras del planeta (p.ej. los Alpes, Himalayas) bajo un protocolo de establecimiento y seguimiento estándar a mediano y largo plazo. Los sitios piloto *GLORIA* centran su atención en los ecosistemas de alta montaña, zona que podemos definir como el área situada por encima del nivel en que las bajas temperaturas determinan el límite superior de los árboles; incluiría el ecotono de dicho límite más (en los Andes) los niveles de páramo, puna, altoandino y nival (Pauli *et al.* 2004) (Cabrera and Willink, 1973).

La experiencia acumulada de la iniciativa GLORIA y su interés en replicar la aplicación de su metodología en una red de sitios piloto en los sistemas montañosos más representativos de la Tierra, motivó a un conjunto de organizaciones a llevar a cabo un curso de capacitación para la instalación de sitios piloto GLORIA en los Andes.

El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de los Andes (CONDESAN) en asocio con el Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Conservación Internacional, el Proyecto Páramo Andino (PPA) y la Universidad de Viena llevaron a cabo un curso de capacitación en Bolivia¹ del 19 al 23 de noviembre de 2007. El curso tuvo la asistencia de 32 personas representantes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Austria (ver Anexo 2).

El curso tuvo por objetivo consolidar una red de trabajo para el monitoreo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de alta montaña en los Andes a través de:

1. Presentar y revisar la metodología y resultados esperados de la instalación de sitios piloto GLORIA en el contexto de los Andes,
2. Definir estándares y protocolos de trabajo tomando como referencia la metodología para la instalación de sitios piloto del proyecto GLORIA,
3. Capacitar en la metodología para la instalación de sitios GLORIA,
4. Identificar los posibles nuevos sitios pilotos en los Andes,
5. Buscar el desarrollo de módulos interdisciplinarios e interinstitucionales complementarios a los sitios GLORIA tendientes a la evaluación de impacto, vulnerabilidad y determinación de capacidad adaptativa de ecosistemas y sistemas productivos humanos.

El anexo 3 apunta cómo conseguir las presentaciones y el anexo 4 es el programa detallado del curso.

¹ El curso fue realizado en La Paz (teórico) y en el Parque Nacional Sajama (práctico).

2. Resultados del curso

El curso se desarrolló bajo la premisa fundamental de construir una red andina de observaciones del efecto del cambio climático en la biodiversidad de alta montaña a mediano y largo plazo. Uno de los principales retos para la consolidación de esta red es identificar una metodología común que permita generar datos estándares y comparables entre los sitios de estudio. La propuesta de la red GLORIA se presentó como la alternativa más factible debido a su consistencia metodológica, a su alta replicabilidad, a su experiencia acumulada en otras regiones montañosas de la Tierra y a su apertura en colaborar y capacitar a otros interesados en formar parte de esta iniciativa.



No obstante, los participantes del taller expresaron algunas dudas y sugerencias para buscar posibles modificaciones a la metodología con el fin de lograr que ésta se ajuste mejor a las particularidades de los ecosistemas alto-andinos. Estas sugerencias fueron enmarcadas dentro de un marco de flexibilidad relativo. Es decir, que las modificaciones propuestas no alteren la esencia de la metodología GLORIA y, aunque existan modificaciones, la esencia sea la misma y nos permita seguir siendo parte de una red mundial de monitoreo a escala de sitio.

A continuación se incluyen los principales resultados y puntos metodológicos discutidos durante el curso:

1. Se acordó la conformación de una red andina de observaciones del efecto del cambio climático en la biodiversidad de alta-montaña a escala de sitio.
2. La consolidación de esta red se sustenta en la instalación de sitios piloto en cada uno de los países que la constituyen bajo un marco metodológico común y protocolos de campo estándar. Se acordó con todos los participantes adoptar la propuesta metodológica de la Red GLORIA para la instalación de parcelas permanentes de monitoreo en los Andes.
3. Se identificaron 17 sitios piloto que conformarán parte de la Red Andina. De éstos dos están ya finalizados (P. N. Huascarán-Perú y P.N. Conguillo-Chile), tres tienen trabajo de campo avanzado (Cumbres Calchaquies-Argentina y P.N. Sajama-Bolivia, Vilcanota-Perú), dos están en fase de inicio (Apolobamba y Chingaza) y once están en fase de selección del sitio y búsqueda de financiamiento (ver Anexo 1)
4. Para la conformación de la red GLORIA Sudamericana se decidió establecer un grupo coordinador *interim* conformado por Stephan Halloy (CI), Francisco Cuesta (CONDESAN) y Carolina García (UMSA). La responsabilidad de este grupo coordinador es generar las memorias de este primer curso así como buscar un posible financiamiento para apoyar en la instalación de los nuevos sitios y generar un fondo de intercambios que fortalezca las capacidades técnicas de los grupos

involucrados y genere procesos de sinergia entre ellos. Adicionalmente, se mencionó la posibilidad de que exista un administrador para el grupo donde se centralice y canalice toda la información de la Red. Por lo pronto existe un manifiesto interés de apoyar en esto por parte de la Universidad del Azuay, Ecuador.

En cuanto a los puntos metodológicos discutidos, se incluyen los principales:

1. Se discutió la importancia de las variaciones locales, regionales y temporales en las precipitaciones en los Andes como factor adicional a las variaciones de temperatura, sugiriéndose la incorporación de registros de esta variable. Una forma poco costosa y efectiva es la incorporación de pluviógrafos automáticos capaces de registrar datos pluviométricos en escalas sub-horarias. Se sugiere la instalación de un pluviógrafo por cada cumbre. El costo del pluviógrafo es de aproximadamente 250 USD. Si bien esto no forma parte del mínimo requerido para un sitio GLORIA, su inclusión sería un plus adicional.
2. Se sugiere tomar en cuenta el potencial efecto que tiene el pisoteo (y otras presiones del pastoreo extensivo) en la zona cimera sobre la vegetación, especialmente si no existe suelo desnudo y aún en caso de que haya suelo desnudo, el impacto del pisoteo en la estructura del suelo y sus consecuencias en el establecimiento de plántulas y la disponibilidad de agua (escorrentía vs. infiltración). Se propone que esto podría ser un tema a considerar para medir y cuantificar mejor su efecto y poder aislarlo del cambio climático. Una posibilidad es aislar físicamente estas áreas con cercas y/o alambrados pero también privilegiar sitios dentro de áreas protegidas que tengan una mayor estabilidad en cuanto a su grado de conservación.
3. Debido a la alta diversidad de plantas vasculares en algunas regiones de los Andes (i.e Andes del Norte) se acordó que era posible y deseable realizar muestreos complementarios sobre los patrones locales de biodiversidad. Esto con la necesidad de relativizar la representatividad de las parcelas de 1 x 1 m de la biodiversidad de cada sitio piloto. Se sugirió establecer parcelas adicionales de 5 x 5 m en el área cimera (sin embargo, efectos colaterales tales como incremento del pisoteo, deben ser tomados en cuenta).
4. Se propuso que los participantes de GLORIA con cierta experticia apoyen a los participantes de sitios nuevos en la selección de las cimas y en el establecimiento de las parcelas. Para esto se sugiere la creación de sistema de intercambio entre los participantes de la Red Gloria-Andes.
5. Se pregunta cuales pueden o deben ser las diferencias altitudinales entre las cumbres y cómo establecer la incorporación de ecotonos, especialmente cuando éstos son difusos. Aunque no existe una respuesta general se propone al momento que estos son problemas relacionados con la heterogeneidad local y micro-topografía, concluyéndose que debían ser analizados y resueltos en cada sitio.
6. Con relación a la estimación de la cobertura y composición de la vegetación en las áreas cimeras donde la estructura de la vegetación (p.ej. páramos arbustivos) no permite la aplicación de una grilla de muestreo (especialmente para los datos de

frecuencia), queda abierta la discusión de métodos alternativos que garanticen una buena estimación tanto de la cobertura como de la composición, sin causar mayor destrucción a la parcela y que sea realizable en términos de esfuerzo y tiempo. En este sentido se sugirió la interacción entre los sitios piloto cuya vegetación presenta estos problemas, mediante ensayos de campo, intercambio de información y apoyo mutuo en el establecimiento de los sitios GLORIA.

7. En cuanto al desarrollo de módulos adicionales como los de vulnerabilidad y adaptación de los sistemas y estrategias de vida andinas (humanos-biodiversidad) se sugiere que se vea a la instalación de un sitio piloto GLORIA como la posibilidad de desarrollar procesos complementarios que permitan generar procesos de conservación más integrales. Un ejemplo del desarrollo de estos modelos interdisciplinarios es lo realizado en la cuenca del Vilcanota o en Cuzco-Charazani (ver presentación de Yager y Halloy, las memorias del taller de adaptación (Ulloa and Yager, 2007), o publicaciones como Halloy et al. (2005a) y Halloy et al. (2005b).
8. Sobre el ingreso y manejo de los datos de cada sitio piloto en la base de datos central de GLORIA se explicó y aclaró que los dueños de la información de cada sitio piloto son los que generaron dicha información. En este sentido se menciona que solamente estos datos pueden ser utilizados bajo pedido y autorización expresa de sus dueños (<http://www.gloria.ac.at/?a=2>). Para mayor información sobre este punto se está trabajando al momento en un protocolo detallado sobre este punto.
9. Se hizo énfasis en que si bien es posible sugerir modificaciones metodológicas es fundamental mantener los criterios de comparabilidad y estándares necesarios para conservar el objetivo fundamental de la red GLORIA.
10. Finalmente se reflexionó sobre la importancia de vincular estos estudios de terreno a estudios macro como los modelos y escenarios de cambio climático, impactos, adaptación y política a nivel regional. Es decir que los módulos interdisciplinarios vinculados a la red GLORIA pueden vincular escalas desde estudios de sucesión microbiológica de suelos (Nemergut et al., 2007), pasando por los estudios de plantas, anfibios y enfermedades a nivel de parcelas hasta cuencas (Seimon et al., 2006), y evaluación de cambios a nivel regional (Ricketts et al., 2005; Cuesta-Camacho et al., 2006; Killeen et al., 2007).

3. Resultados del trabajo de campo

Durante dos días en Sajama, Oruro la gente fue capacitada en como seleccionar las cumbres de un sitio piloto, como establecer las áreas cimaras de cada sección, en la instalación de las parcelas de monitoreo, en el levantamiento de la información de cada cima y en el análisis y reporte de datos.



A continuación se incluye un resumen de las cuatro fases requeridas para la instalación de un sitio piloto. Para mayor detalle de cada una de estas secciones, por favor referirse al manual de campo de GLORIA (www.gloria.ac.at/ms4/gloria_field_manual_4.pdf)

El proceso metodológico para la instalación de un sitio piloto se compone de cuatro fases:

A) Selección de las cuatro cimas, B) Instalación de las parcelas de monitoreo, C) Levantamiento de la información de cada cima, D) Análisis y reporte de datos.

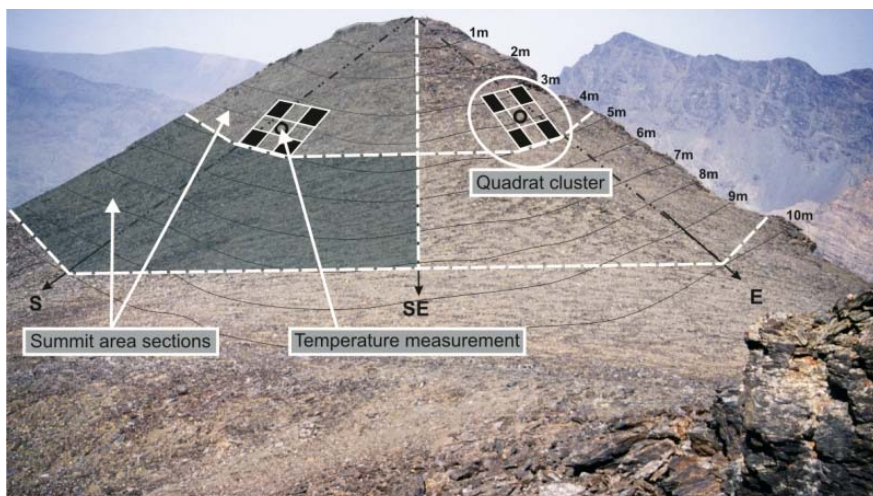
A. Selección de las cimas

Lo más importante para el establecimiento de una nueva zona piloto para GLORIA es seleccionar un conjunto de cuatro cimas adecuadas, capaz de mostrar los tipos o modelos de vegetación característicos de la correspondiente región montañosa a lo largo del gradiente altitudinal y cumplir los siguientes seis criterios: 1) no estar localizado en un volcán activo, 2) tener un clima es similar entre las cuatro cimas y la variaciones solo se deben a factores del gradiente altitudinal, 3) la geomorfología de la cima debe permitir la instalación de las cuatro parcelas de 3 x 3 m manteniendo una consistencia con el diseño de la metodología, lo que permita el levantamiento detallado de los especies dentro de los 10 m mas altos de desnivel, 4) la vegetación de la cima representa las principales características del ecotono o de la zona altitudinal, 5) el material parental es el mismo entre las cuatro cimas o si varía no tiene una influencia drástica en la composición de la comunidad vegetal, y 6) no existe uso actual del suelo o su uso histórico no es significativo en alterar los patrones de vegetación (en algunos casos andinos es inevitable la presencia de pastoreo extensivo).

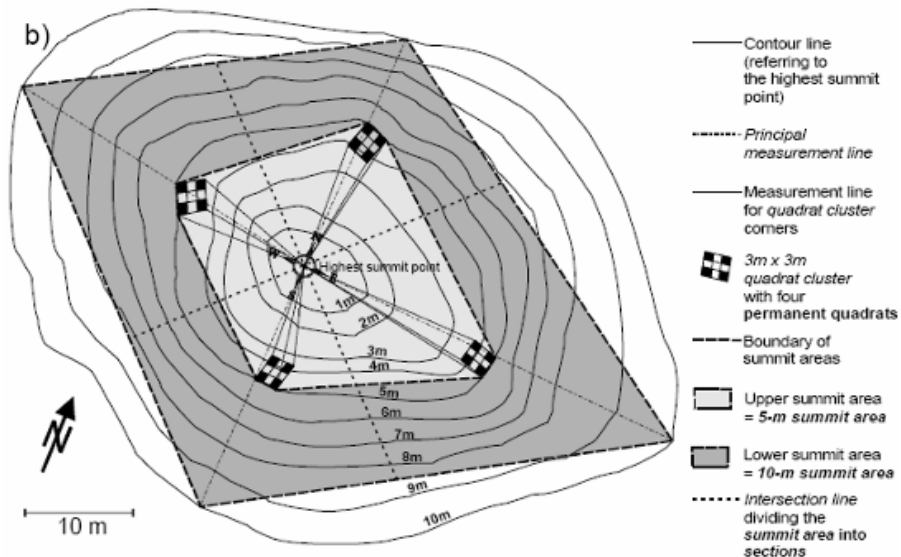
B. Instalación de las parcelas

En cada cima se localizan un total de cuatro parcelas de 3 x 3 m distribuidas en sentido de los cuatro puntos cardinales. Cada parcela se divide en 9 subparcelas de 1 x 1 m de las cuales se hace el inventario detallado de las cuatro subparcelas de las esquinas. En total cada cima cuenta con 16 subparcelas de 1 x 1 m donde se genera una línea base detallada de la composición y estructura de la vegetación y son las unidades que periódicamente se monitorearán (Figura 1a). En cada parcela de 3 x 3 m se debe instalar un termómetro registrador (*StowAway Tidbit -20/+50°C mini-data loggers* de la casa *Onset*) a – 10 cm de la superficie que registra a escala de hora la temperatura promedio, con la finalidad de comparar los regímenes térmicos y detectar el período en que el sitio está cubierto de nieve, a lo largo del gradiente altitudinal.

Adicionalmente, se requiere instalar ocho secciones del área cimera, 4 de ellas en el área cimera superior (*área cimera de 5 m*) y 4 en el área cimera inferior (*área cimera de 10 m*). El tamaño de la *sección del área cimera* es variable, ya que depende de la estructura de la ladera y de su pendiente (Figura 1b). En estas áreas cimeras se realizará un levantamiento completo de la vegetación mediante transectas, para estimar la cobertura de cada especie de plantas vasculares y cobertura total de plantas vasculares que permita relativizar la representatividad de la diversidad vegetal en los cuadrantes de 1 x 1 m (y posteriormente evaluar la invasión de plantas propias de rangos de elevación inferiores en el área cimera). Finalmente, se llevará a cabo un levantamiento fotográfico de cada subparcela de 1 x 1 m en vista frontal (perpendicular a la pendiente), de cada punto angular de las secciones del área cimera y de la posición de los termómetros. Este levantamiento fotográfico ayuda mucho para mantener consistencia espacial al volver a tomar los datos durante el monitoreo.



a)



Fuente: Manual de campo GLORIA

Figura 1. Esquema para la instalación de a) parcelas de 3 x 3 m y b) áreas cimeras en un sitio piloto.

C. Levantamiento de la información de cada cima

Las observaciones de vegetación se llevan a cabo

1. Dentro de los cuatro cuadrantes de las esquinas, ya que los otros pueden quedar alterados por el pisoteo de los investigadores a lo largo del muestreo. Así obtendremos datos de vegetación para los 16 cuadrantes de 1 x 1 m en cada cima. En cada uno de los 16 subcuadrantes de 1 x 1 m, registraremos (1) la cobertura de los distintos tipos de superficie (plantas vasculares, rocas, piedras sueltas, etc.) y la cobertura de cada especie de planta vascular, y (2) la frecuencia de las especies (con un marco subdividido en cuadrículas de 0.1 x 0.1 m) de acuerdo a la metodología del manual GLORIA (Pauli et al., 2004).
2. Dentro de las ocho secciones de cumbre (o secciones cimeras), mediante la evaluación de la presencia y cobertura de todas las especies presentes.

Tipos de superficie y estimación de su recubrimiento (%):

- **Plantas vasculares:** cobertura total de plantas vasculares;
- **Rocas:** afloramientos rocosos que se hallan fijados en el suelo y no se mueven ni siquiera suavemente (por ejemplo, cuando se empujan con el pie); los grandes montones fijados deben considerarse como rocas y no como piedras sueltas;
- **Derrubio o rocas sueltas:** se trata de derrubios, incluyendo piedras sueltas de diversos tamaños depositadas en superficie o semifijadas al suelo; su grano siempre es mayor que el de la fracción arena (en ello se distinguen del suelo desnudo); Para su demarcación se recomienda utilizar la convención edafológica: rocas > de 2 cm, grava entre 2 cm y 2 mm, arena < 2 mm
- **Líquenes sobre el suelo o sobre rocas:** se trata de los líquenes epigeos que no están cubiertos por plantas vasculares;
- **Briófitos en el suelo:** son los briófitos epigeos que no están cubiertos por plantas vasculares;
- **Suelo desnudo:** suelo abierto (orgánico o mineral), por ejemplo, las superficies terrosas o arenosas que no están cubiertas por plantas;
- **Material vegetal muerto** (puede incluir hojarasca y otros restos orgánicos; consultar el manual GLORIA para subtipos de cobertura).

La suma de las coberturas de plantas, rocas, suelo, etc, debe aproximar 100%, como verificación de que se tomaron bien los datos. Donde sí existe superposición, como es frecuente en zonas húmedas, la suma de coberturas de las especies será mayor al 100%, reflejando el grado de solapamiento.

Además de estas categorías gruesas, se hace el inventario de cada especie individual, anotando su cobertura y frecuencia (en sub-cuadrantes de 10 x 10 cm, 100 de ellos por cada cuadrante de 1 m). La cobertura es estimada con la mayor precisión posible, en forma de un estimado visual de porcentaje, o bien anotadas como medidas en cm o mm de las superficies de las plantas presentes (estas son convertidas luego a porcentajes en las planillas electrónicas).

El trabajo completo, incluyendo el establecimiento y las correspondientes observaciones, más la documentación fotográfica y la instalación de termómetros, requiere entre 3 y 10 días por cima para cuatro investigadores, según sea la densidad de la vegetación y la riqueza en especies. Tal estimación contempla el muestreo de las plantas vasculares, pero excluye la observación de briofitos y líquenes identificados hasta la categoría de especie. En ciertas regiones de los Andes, siendo muy abundantes estos últimos grupos, se ha optado en general por intentar muestrearlos.

4. Análisis y reporte de información

Esta sección incluye la estructura de los datos, su almacenamiento y manejo. En cuanto a la estructura de los datos, toda la información recopilada será registrada en los formularios de campo diseñados específicamente para este estudio (ver Anexo II en el manual de GLORIA). De manera estándar cada zona piloto debe reportar los siguientes datos²:

- Posición de los cuadrados o parcelas permanentes y ubicación de las esquinas de las secciones del área cimera
- Valores de cobertura (porcentaje) de presencia/ausencia (frecuencia de cada especie) para las áreas de los 16 cuadrados y de las ocho secciones de cumbre;
- Datos de las especies halladas en los cuadrantes y en las secciones del área cimera (lista de especies validada con la lista on-line de la base de datos central de GLORIA). Esta lista requiere verificación taxonómica. Como en los Andes existen a menudo problemas de identificación, es necesario vincular las identificaciones a una muestra (voucher) de herbario y/o fotografía clara. Las especies sin identificación taxonómica corriente se identificarán mediante un nombre operativo de campo y herbario, también vinculado a su número de colección o foto. En el futuro dichos números deben permitir relacionar las muestras con los nombres taxonómicos válidos. Adicionalmente, se recomienda buscar criterios para homogenizar la nominación de las especies entre los diferentes sitios, para evitar colocarle diferentes nombres a una misma especie que se encuentre en los Andes.
- Datos identificativos sobre las medidas de temperatura
- Datos de los aparatos registradores de temperatura (en colaboración con el equipo de coordinación de GLORIA).

Una vez generada esta información, los datos deberán ser ingresados y almacenados en el servidor de GLORIA. Los datos incluidos en la Base de Datos Central (hospedada en la Universidad de Viena) mantienen la propiedad de quien los generó, y posteriormente sólo podrán ser utilizados para cualquier análisis con su permiso expreso. Adicionalmente, estos datos así como el de resto de sitios piloto estarán disponibles parcialmente en Internet siguiendo las normas de publicación acordadas en el consorcio de GLORIA.

² Mayor información consultar <http://www.gloria.ac.at/?a=10> y referirse a los puntos 6-10 y a las instrucciones de la herramienta electrónica.

5. Referencias citadas

- Araújo MB, Pearson RG, Thuiller W, Erhard M (2005a) Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11, 1504-1513.
- Araújo MB, Whittaker RJ, Ladle RJ, Erhard M (2005b) Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 529-538.
- Bakkenes M, Alkemade JRM, Ihle F, Leemans R, Latour JB (2002) Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8: 390-407.
- Broennimann O, Thuiller W, Hughes G, Midgley GF, Alkemade JMR, Guisan A (2006) Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology*, 12: 1079-1093.
- Cabrera, Á. L. and Willink, A., 1973: *Biogeografía de America Latina*. Washington, D.C.: OEA.
- Cuesta-Camacho, F., Peralvo, M. F., Ganzenmüller, A., Sáenz, M., Novoa, J., Riofrío, G., and Beltrán, K., 2006: *Identificación de vacíos y prioridades de conservación para la biodiversidad terrestre en el Ecuador continental*. Quito, Ecuador: EcoCiencia, 98 pp.
- Halloy, S. R. P., Ortega Dueñas, R., Yager, K., and Seimon, A., 2005a: *Traditional Andean Cultivation Systems and Implications for Sustainable Land Use*. *Acta Horticulturae*, 670: 31-55.
- Halloy, S. R. P., Seimon, A., Yager, K., and Tupayachi Herrera, A., 2005b: *Multidimensional (climate, biodiversity, socio-economics, agriculture) context of changes in land use in the Vilcanota watershed, Peru*. In Spehn, E. M., Liberman Cruz, M., and Körner, C. (eds.), *Land Use Changes and Mountain Biodiversity*, 2005. Boca Raton FL, USA: CRC Press LLC, 323-337.
- Holt, R.D. 1990, The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 5: 311-315.
- Killeen, T. J., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B., Steininger, M. K., Harper, G., Solórzano, L. A., and Tucker, C. J., 2007: *Thirty Years of Land-Cover Change in Bolivia*. *AMBIO*, 37: 1-7.
- Nemergut, D. R., Anderson, S. P., Cleveland, C. C., Martin, A. P., Miller, A. E., Seimon, A., and Schmidt, S. K., 2007: *Microbial community succession in an unvegetated, recently deglaciated soil*. *Microbial Ecology*, 53: 110-122.
- Parmesan C, Yohe G., 2003, A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42.
- Pauli, H., Gottfried, M., Hohenwallner, D., Reiter, K., Casale, R., & Grabherr, G. 2004. *The GLORIA field manual - Multi-Summit approach* European Commission DG Research, EUR 21213, Office for Official Publications of the European Communities, European Commission, Luxembourg.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, and Grabherr, G., 2007. *Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria*. *Global Change Biology* 13: 147-156.
- Pearson RG, Dawson TP (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361-371.

- Peterson AT, Sanchez-Cordero V, Soberon J, Bartley J, Buddemeier RW, Navarro-Siguenza AG (2001) Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*, 144: 21-30.
- Ricketts, T. H., Dinerstein, E., Boucher, T., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Morrison, J., Parr, M., Pilgrim, J. D., Rodrigues, A. S. L., Sechrest, W., Wallace, G. E., Berlin, K., Bielby, J., Burgess, N. D., Church, D. R., Cox, N., Knox, D., Loucks, C., Luck, G. W., Master, L. L., Moore, R., Naidoo, R., Ridgely, R., Schatz, G. E., Shire, G., Strand, H., Wettengel, W., and Wikramanayake, E., 2005: Pinpointing and preventing imminent extinctions *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 102: 18497-18501.
- Seimon, T. A., Seimon, A., Daszak, P., Halloy, S. R. P., Schloegel, L. M., Aguilar, C. A., Sowell, P., Hyatt, A. D., Konecky, B., and Simmons, J. E., 2006: Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology*, 12: 1-12.
- Thuiller W, Broennimann O, Hughes G, Alkermalde JMR, Midgley GF, Corsi F (2006) Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, 12, 424-440.
- Ulloa, D. and Yager, K., 2007: *Memorias del Taller "Cambio Climático: Percepción local y adaptación en el Parque Nacional Sajama"*. Comunidad de Sajama, Bolivia: Conservación Internacional - Bolivia, 42 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Sitios piloto GLORIA propuestos e instalados en Sudamérica

Sitio	País/Institución	Fechas propuestas	Encargados	Intercambios y financiamiento
A definir un sitio en la Cordillera de Mérida	Venezuela, ICAE-Univ. Los Andes	2do semestre 2008	Teresa Schwarzkopf	Por definir
P.N. Río Abiseo	Perú, APECO, Univ. Texas y Univ. San Marcos	Mayo 2008	Blanca León (Museo Historia Nat. UNMSM) Kenneth Young (U. Texas) Mariella Leo (APECO)	CONAM? Financiamiento: APECO
P.N. Chingaza	Colombia, Univ. Javeriana	1er trimestre 2008	Jorge Jácome	ALARM
Páramo del Duende	Colombia, Instituto Alexander von Humboldt	2do Semestre 2008	María Isabel Vieira	Corporación regional Valle del Cauca
P. N. Eduardo Avaroa	Bolivia, SERNAP	2do semestre 2008	SERNAP con apoyo de equipos establecidos	SERNAP
Un sitio por definir en el P.N. Podocarpus o en el páramo de Jimbura	Ecuador, Univ. Nacional de Loja	Marzo-abril 2008	Nikolay Aguirre	Univ. Nac Loja
PN Cajas	Ecuador, Universidad del Azuay-Escuela Biología	Marzo 2008	Gustavo Chacón	Emp. de agua y Gobierno Seccional
Vilcanota, Sibinacocha	Perú, ANTARKI	1er sitio en 2002, finalizar 3 sitios Marzo 2008	Alfredo Tupayachi, Anto Seimon, Karina Yager	ALARM
Reserva Ecologica El Angel	Ecuador, Corporación Randi Randi	Fines 2007	David Suarez	MacArthur proyecto PCCCII Visitas
P.N. Tunari	Bolivia, CBG, UMSS	Agosto 2008	Miltón Fernandez	UMSS
Paramo Pacaypampa	Perú, Naturaleza y Cultura Internacional	2do Semestre 2008	Luis Albán	GTZ, otros

Sitio	País/Institución	Fechas propuestas	Encargados	Intercambios y financiamiento
Reserva Ecológica Antisana	Ecuador, PUCE y CONDESAN	Abril 2008	Francisco Cuesta (CONDESAN), Hugo Navarrete (PUCE), Diana Avilés (PUCE)	Empresa mun. Agua potable, PUCE
Huaca Huasi	Argentina, Laboratorio Ecológico de las Yungas (LIEY) & Fundación ProYungas	Finalizar cuarto sitio fines de enero-febrero 2008	Julieta Carrilla, Alfredo Grau	ALARM
P.N. Huascarán	Perú, Inst. Montaña	Finalizado	Jorge Recharte	MAB UNESCO
P.N. Conguillo	Chile, Univ. Cat. De Temuco	Finalizado	Marco Cortés	MAB UNESCO
P.N. Sajama	Bolivia, Instituto de Ecología, UMSA	Finalizar cuarto sitio 12 al 16 de febrero	Carolina García, Stephan Beck	ALARM
ANMI Apolobamba	Bolivia, Instituto de Ecología, UMSA	21 de febrero al 4 de marzo	Carolina García, Stephan Beck	PNCC, Conservación Internacional

Anexo 2. Lista de asistentes

N	NOMBRE	INSTITUCION	PAIS	CORREO ELECTRONICO
1	Ana Soledad Cuello	Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia	Tucumán - Argentina	asolecue@yahoo.com
		Facultad de Ciencias Naturales		
		Instituto Miguel Lillo - UNT		
2	Julieta Carrillo	Laboratorio Ecológico de los Yungas (LIEY)	Tucumán - Argentina	julietacarilia@yahoo.com.ar
		Universidad Nacional de Tucumán		
3	Miltón Fernandez	Centro de Biodiversidad y Genética	Cochabamba - Bolivia	mfernand@feyt.umss.edu.bo
		Universidad Mayor de San Simón		
4	Alfredo Tupayachi	IDSA - ANTARKI	Cusco - Perú	altuphe@yahoo.com
5	Rolando Cespedes Paredes	ANMI - Apolobamba	La Paz - Bolivia	rolocespedes@yahoo.es
6	Harold O. Gonzalez	CVC	Cali - Colombia	harold_Orlando.gonzales@cvc.gov.co
7	Bernardo Quisbert Castro	Servicio Nacional de áreas Protegidas (SERNAP - REA	Potosí - Bolivia	berna_ato@hotmail.com
8	Dirk Hoffman	SERNAP/BMI	La Paz - Bolivia	dirk1964@gmx.net
9	Blanca León	Museo de Historia Natural - UNMSM	Lima - Bolivia	blanca.leon@mail.utexas.edu
10	Erick Enrique Hoyos Granda	Naturaleza y Cultura Internacional (NCI)	Sullana - Perú	erickhgranda@yahoo.es
11	Natalio Farfán Valdez	SERNAP - TARIQUIA	Tarija - Bolivia	natfaval@hotmail.com
12	Adela Chiri Nina	ANMI - Apolobamba	La Paz - Bolivia	adechiri@yahoo.com
13	Teresa Schwarzkopf	ICAE - ULA	Merida - Venezuela	tschwarzkopf@gmail.com
14	Nikolay Aguirre	Universidad de Loja	Loja - Ecuador	nikoaguirrem@yahoo.com
15	Gabriela Yapu Alcazar	Universidad Mayor de San Andrés	La Paz - Bolivia	gaby_1305@gmail.com
16	Diana Karina Avilés	Pontificia Universidad Católica de Ecuador	Quito - Ecuador	dia_karina@yahoo.es
		Herbario QCA		
17	Maria Isabel Vieira	Instituto Humboldt	Bogota - Colombia	mivieira@humboldt.org.co
18	David Suarez Duque	Cooperación Randi Randi	Quito - Ecuador	davsua@randirandi.org
19	Maritza L. Choque Ríos	SERNAP - Sajama	Oruro - Bolivia	maritzachoquer@hotmail.com
20	Stephan Halloy	Conservación Internacional	La Paz - Bolivia	shalloy@conservation.org
21	Stephan Beck	Herbario Nacional de Bolivia – Instituto de Ecología	La Paz - Bolivia	lpb.dir@accelerate.com
				lpbstephanbeck@yahoo.com
22	Cecilio Salvatierra	SERNAP - PN Tunari	Cochabamba - Bolivia	
23	Victor Laguna Parisaca	SERNAP - REA	Potosí - Bolivia	victorlp7@yahoo.com

N	NOMBRE	INSTITUCION	PAIS	CORREO ELECTRONICO
24	Carolina García Lino	Herbario Nacional de Bolivia- Instituto de Ecología	La Paz - Bolivia	amapoti@yahoo.es
25	Rosa Isela Meneses	Herbario Nacional de Bolivia – Instituto de Ecología	La Paz - Bolivia	rosaisela_meneses@yahoo.com
26	Heydi Montecinos Aillón	Universidad Mayor de San Andrés	La Paz - Bolivia	heydi.luisa@gmail.com
27	Erika Pamela Rengel	Universidad Mayor de San Andrés	La Paz - Bolivia	erika.pam@gmail.com
28	José A. F. Monteiro	Universidad de Basel	Sao Pablo - Brasil	jose.monteiro@stud.unibas.ch
29	Francisco Cuesta	CONDESAN - Páramo Andino	Quito - Ecuador	f.cuesta@cgiar.org
30	Gustavo Chacón	Universidad de Azuay	Cuenca - Ecuador	gchacon@uazuay.edu.ec
31	Harald Pauli	Universidad de Viena	Viena - Austria	harald.pauli@univie.ac.at
32	Susy Rebeca Pilco T.	SERNAP - REA	La Paz - Bolivia	pilco_susy@hotmail.com

Anexo 3. Presentaciones

Todas las presentaciones fueron subidas a un ftp donde fueron descargadas por todos los participantes del curso. Estas presentaciones se encuentran disponibles en las oficinas del CONDESAN y pueden ser obtenidas por medio de un correo a Francisco Cuesta (f.cuesta@cgiar.org).

Anexo 4. Programa

“Curso Internacional de monitoreo del impacto del cambio climático en los andes”

Organizado y auspiciado por:

RED GLORIA

Consortio para el Desarrollo Sostenible de los Andes (CONDESAN) - Proyecto Páramo Andino (PPA)

Conservación Internacional (CI)

Universidad Mayor de San Andrés – Instituto de Ecología (La Paz, Bolivia)

Auspiciado por:

ALARM

Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia (PNCC)

Servicio Nacional de Áreas Protegidas - Parque Nacional Sajama

Del 19 al 23 de noviembre de 2007

La Paz, Bolivia

Cronograma de actividades

Lunes 19 de noviembre
Auditorio Instituto de Ecología

Moderadora: Rosa Isela Meneses		
Hora	Actividad	Responsable
8:00 – 8:30	Registro participantes	
8:30 – 8:45	Bienvenida al Instituto de Ecología	Esther Valenzuela Directora a.i. Instituto de Ecología
8:45 – 9:00	Bienvenida y consideraciones logísticas	Conservación Internacional
9:00 – 9:15	La Áreas Protegidas – Palabras de apertura	Adrián Nogales Director SERNAP
9:15 – 9:35	El Programa Nacional de Cambio Climático de Bolivia y sus líneas de acción	Mauricio Zaballa Representante De PNCC
9:35 – 10:25	Inicios de GLORIA: Investigación y medición de monitoreo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de alta-montaña	Harald Pauli

10:25 - 10: 45	REFRIGERIO	
10:45 – 11:15	Efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes del Norte a escala regional	Francisco Cuesta
11:15 – 11:45	Relaciones evolutivas y estrategias en plantas de alta montaña	Blanca León
11:45 – 12:15	Avances en la investigación del efecto de cambio climático en la biodiversidad de los Andes	Stephan Halloy
12:15 – 14:00	ALMUERZO (en el auditorio)	
Moderador: Mauricio Zaballa		
14: 00 – 15:00	Presentación y discusión de la metodología GLORIA para instalación de sitios pilotos y consideraciones para su aplicación en los Andes	Harald Pauli
Avances de trabajo, resultados preliminares, desventajas:		
15:00 – 15:20	Argentina – Huaca Huasi	Julieta Carrilla
15:20 – 15:40	Bolivia – Sajama	Stephan Beck
15:40 – 16:00	Perú – Cordillera Villcanota	Alfredo Tupayachi
16:00 – 16:20	REFRIGERIO	
16:00 – 16:20	Perú – Piura	Erick Hoyos Granda
Potenciales sitios nuevos		
16:20 – 16:30	Venezuela	Teresa Schwarzkopf
16:30 - 16:40	Colombia	María Isabel Vieira
16:40 – 16:50	Ecuador	Francisco Cuesta
16:50 – 17:00	Bolivia – Apolobamba	Carolina García
17:00 – 18:00	Discusiones Problemática de cada sitio, metodología ajustada a la vegetación - estandarización de informes y base de datos (cuantificación del % de cobertura, entrada de datos, etc.)	

Martes 20 de noviembre (Mañana)
Auditorio Instituto de Ecología

Moderador: Francisco Cuesta		
Hora	Actividad – Relación con módulos complementarios	Responsable
8:30 – 8:45	Líquenes como bioindicadores de las zonas altas	Rafael Anze
8:45 – 9:00	Especies invasoras y su relación con el Cambio Climático	Adriana Rico
9:00 – 9:15	Sistemas humanos y percepciones sobre el Cambio Climático	Stephan Halloy
9:15 – 9:45	Discusiones	
9:45 – 10:15	REFRIGERIO	
10:45	Salida al Sajama (Salida Garaje del Instituto de Ecología)	
12:00 – 13:30	Almuerzo en El Tholar	
16:00 – 16:30	Instalación de los asistentes en el pueblo de Sajama	
16:30	Visita a Pacollo	

19:30 – 20:30	Cena	
---------------	------	--

Miércoles 21 de noviembre
Parque Nacional Sajama – Pacollo y alrededores

Hora	Actividad – Práctica instalación de un sitio GLORIA	Responsable
7:30 – 8:00	Desayuno	Stephan Halloy + Harald Pauli c/participación de guardaparques y gente de la comunidad local
8:30 – 17:30	Práctica en Pacollo Chico (simulacro instalación de sitios GLORIA) - almuerzo en campo - visita a bofedales (discusión sobre degradación y cambio de actividad productiva y anfibios)	
17:30 - 18:00	Retorno a Sajama	
19:00	Cena	

Jueves 22 de noviembre
Parque Nacional Sajama – Jasaduni y bosques de Huito

Hora	Actividad – visita otros sitios	Responsable
7:30 – 8:00	Desayuno	
8:00 – 13:00	Visita a quebrada Tirayani y a los bosques de <i>Polylepis</i> de Huito. - almuerzo en campo - observación de la flora cercana al sitio GLORIA - observación de un sitio ideal de monitoreo	Stephan Halloy & Harald Pauli
13:00 – 15:00 (aprox.)	Retorno y refrigerio en Sajama	
15:30 – 19:30	Retorno a La Paz	

Viernes 23 de noviembre (mañana)
Auditorio del Instituto de Ecología

Moderador: Harald Pauli	
Hora	Actividad – Discusiones Finales
8:30 – 10:00	Agenda de prioridades, trabajos futuros, interacciones entre países - planificación de cada país - ejemplos: ingreso de datos en la WEB - publicaciones resultantes y autoría
10:00 – 10:20	REFRIGERIO
10:20 – 12:00	Conclusiones y cierre del taller
	Retorno de participantes

Viernes 23 de noviembre (tarde - opcional)
Herbario Nacional de Bolivia

Hora	Actividad – visita al Herbario	Responsable
14:30 – 18:00	Discusión: Problemas con la identificación y la taxonomía de plantas altoandinas.	Stephan Beck y colegas LPB

Direcciones de interés para los participantes

- Auditorio Instituto de Ecología

Calle 27 de Cota Cota, ingresando por el Campus Universitario
Teléfonos: + (591) -2 - 279 2416 – 279 2582

- Hotel Calacoto

Calle Sánchez Bustamante esq. 13 de Calacoto
Teléfonos: + (591)-2-279-3606, +(591)-2-279-9335