

# Las consultas de datos ecogeográficos como línea base de información

*Para tomar decisiones sensatas sobre la conservación, hay que tener un conocimiento básico de la taxonomía, la diversidad genética, la distribución geográfica, la adaptación ecológica y la etnobotánica de un grupo de plantas, así como de la geografía, la ecología, el clima y los asentamientos humanos de la región objetivo (Guarino et al. 2005).*

## **Intención y propósito**

Antes de iniciar acciones de conservación de un taxón objetivo, hay que desarrollar una estrategia de conservación que requiere coleccionar suficiente información sobre el taxón que permita tomar decisiones y establecer prioridades. El Recuadro 8.2 esboza los tipos de información sobre los taxones que se debe coleccionar para establecer una **línea base o punto de partida de conocimiento**. La información se puede obtener de literatura, especímenes de herbario, bancos de germoplasma, jardines botánicos, arboretos y estaciones meteorológicas, así como de datos coleccionados en campo.

*Un estudio ecogeográfico es un proceso mediante el cual se colecciona y sintetiza información ecológica, geográfica y taxonómica. Los resultados ... se pueden usar para formular estrategias de conservación y prioridades de colecciona (Maxted et al. 1995).*

El proceso de coleccionar esta información a veces se denomina *estudio o consulta de datos ecogeográficos* (IBPGR 1985; Maxted et al. 1995; Dulloo et al. 2008) y es el primer paso en el desarrollo de cualquier estrategia de conservación *in situ* o *ex situ*. La intención de una consulta de datos ecogeográficos es establecer (i) la distribución de determinado taxón en regiones y ecosistemas específicos; (ii) los patrones de diversidad intraespecífica; y (iii) las relaciones entre supervivencia y frecuencia de variantes, y las condiciones ecológicas asociadas. El término consulta de datos ecogeográficos se aplica a varios procesos para coleccionar y compilar información sobre la taxonomía, la

distribución geográfica, las características ecológicas, la diversidad genética y la etnobiología de las especies objetivo, así como la geografía, el clima y los asentamientos humanos de las regiones objeto de estudio (Guarino *et al.* 2002)<sup>1</sup>. La información ecogeográfica sirve para localizar material genético importante; poblaciones de estos materiales se pueden monitorear para guiar la selección de muestras representativas para conservación y utilización (IBPGR 1985). Aunque el enfoque de los estudios ecogeográficos se diseñó y aplicó originalmente para conservar acervos de genes de especies silvestres como los PSC, se puede modificar para utilizarlo con cultivos (Guarino *et al.* 2005).

Realizar un estudio completo de datos ecogeográficos requiere recursos considerables y puede tardar muchos años, especialmente si se trabaja con especies de distribución amplia. Si bien es muy deseable hacerlo, especialmente para los PSC de mayor importancia, pocas veces será posible por lo cual se pueden emprender estudios más concisos. El Recuadro 8.1 contiene ejemplos de estudios ecogeográficos para varios cultivos.

### **Recuadro 8.1 Ejemplos de consultas de datos ecogeográficos**

*Coffea* (Dulloo *et al.* 1999; Maxted *et al.* 1999): utilizando información de herbario complementada con recolección detallada de datos de campo, se realizó una consulta de datos ecogeográficos de especies silvestres de *Coffea* de las islas Mascareñas, que incluyó determinación de la distribución geográfica y ecológica de las diferentes especies de *Coffea* en las islas Mascareñas, especialmente en Mauricio, ubicación de puntos críticos de diversidad en mapas, y evaluación del estado de las especies nativas de *Coffea* con base en los criterios de la UICN.

*Vicia* (Maxted 1995; Bennett y Maxted 1997)

*Corchorus* (Edmonds 1990)

*Medicago* (Bennet *et al.* 2006)

*Phaseolus* (Nabhan 1990)

*Lens* (Ferguson y Robertson 1996)

*Leucaena* (Hughes 1998)

Leguminosas anuales (Ehrman y Cocks 1990)

*Solanum* suramericano (Smith y Peralta 2002)

*Trifolium* (Bennett y Bullitta 2003): análisis ecogeográfico de seis especies de *Trifolium* de Cerdeña para diseñar misiones futuras de colecta y designar reservas *in situ* importantes, en Cerdeña

*Vigna* africana (Maxted *et al.* 2004).

La serie de estudios sistemáticos y ecogeográficos de acervos genéticos de cultivos (*Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene pools*), publicada por Bioversity International, incluye algunos de los PSC más importantes.

## Estudios ecogeográficos realizados durante el Proyecto CPS

Durante el curso del Proyecto CPS, se realizaron estudios ecogeográficos de las siguientes especies:

### Armenia

Se hicieron estudios teóricos de 99 especies, de las cuales se seleccionaron 79 para estudios de campo (Cuadro 8.1).

**Cuadro 8.1** Lista de especies incluidas en los estudios ecogeográficos de Armenia

---

*Triticum araraticum*, *T. boeoticum*, *T. urartu*, \**Aegilops crassa*, *A. tauschii*, *A. cylindrica*, *A. triuncialis*, *A. biuncialis*, *A. triaristata*, *A. columnaris*, *Ambylopyrum muticum*, *Hordeum spontaneum*, *H. glaucum*, *H. murinum*, *H. geniculatum*, *H. marinum*, *H. violaceum*, *H. bulbosum*, \**H. hrasdanicum*, *Secale vavilovii*, *S. montanum*, \**Cicer anatolicum*, \**Lens ervoides*, *L. orientalis*, \**Pisum arvense*, *P. elatius*, *Vavilovia formosa*, *Vicia villosa*, \**V. ervilia*, *V. cappadoixica*, *Lathyrus pratensis*, *L. tuberosus*, *Onobrychis transcaucasica*, *O. altissima*, *O. hajastana*, *O. cadmea*, *O. oxytropoides*, *Medicago sativa*, *M. lupulina*, \**Trifolium sebastianii*, *T. hybridum*, *T. pratense*, *T. repens*, *Beta macrorhiza*, *B. corolliflora*, *B. lomatogona*, \**Spinacia tetrandra*, *Asparagus officinalis*, *A. verticillatus*, *A. persicus*, *Rumex acetosa*, *R. crispus*, *R. tuberosus*, \**R. scutatus*, *R. obtusifolius*, *Chaerophyllum aureum*, *C. bulbosum*, *Daucus carota*, *Falcaria vulgaris*, *Heracleum trachyloma*, *Allium atrovioleaceum*, *A. rotundum*, *A. victoralis*, *Cucumis melo*, *Malva neglecta*, *Lactuca serriola*, *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica*, *P. syriaca*, *P. takhtadzhanii*, *P. salicifolia*, *P. zangezura*, *P. tamamschjanae*, *P. medvedevii*, *P. pseudosyriaca*, *Sorbus hajastana*, *S. aucuparia*, *S. takhtajanii*, *S. subfusca*, *S. roopiana*, *S. persica*, *Crataegus orientalis*, *Crataegus pontica*, *Ficus carica*, *Armeniaca vulgaris*, *Amygdalus nairica*, *A. fenzliana*, *Cerasus avium*, *Prunus spinosa*, *P. divaricata*, *Diospyros lotus*, *Rubus idaeus*, *R. cartalinicus*, *R. armeniacus*, \**Ribes armenum*, \**R. biebersteinii*, *Punica granatum*, *Cornus mas* y *Juglans regia*.

---

\*Especies para las que se sólo se hicieron estudios teóricos

### Bolivia

Los investigadores de las instituciones nacionales que participaron en el Proyecto CPS realizaron excursiones a diversas regiones de Bolivia para coleccionar datos ecogeográficos en las áreas de distribución de las especies. De 2006 a 2009, los investigadores coleccionaron datos de campo para 149 (entre 201) especies de 14 géneros (*Anacardium*, *Ananas* y *Pseudoananas*, *Annona*, *Arachis*, *Bactris*, *Chenopodium*, *Cyphomandra*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Phaseolus*, *Rubus*, *Solanum*, *Theobroma* y una segregada de *Carica x Vasconcellea*), que se habían identificado en 2005. Los 14 géneros se priorizaron de un grupo original de 52 previamente identificados, incluyendo taxones del TIRFGAA,

con base en criterios como uso potencial e importancia del estado de conocimiento económico, social y cultural. La lista de estas especies aparece en el Anexo I.

Los investigadores también colectaron especímenes que posteriormente se incorporaron a las colecciones de herbarios de Bolivia [Herbario Nacional Forestal Martín Cárdenas (BOLV), Herbario del Oriente Boliviano (USZ) y Herbario Nacional de Bolivia (LPB)] y accesiones que se incorporaron a bancos de germoplasma locales. Estos esfuerzos acrecientan el conocimiento de los PSC y ayudan a hacer disponible información clave para tomar decisiones de investigación, producción, planeación pública, conservación y uso de los PSC, y para diseñar políticas y estándares relacionados con la investigación, la conservación y el uso de la biodiversidad.

### **Sri Lanka**

Se realizaron consultas de datos ecogeográficos de las siguientes especies: *Oryza nivara*, *Vigna aridicola*, *V. trilobata*, *V. stipulacea*, *V. dalzelliana*, *V. marina*, *V. radiata* var. *sublobata*, *Musa acuminata*, *M. balbisiana*, *Piper chuvya*, *P. longum*, *P. siriboa*, *P. walkeri*, *P. trineuron*, *P. zeylanicum*, *Cinnamomum dubium*, *C. ovalifolium*, *C. litseaefolium*, *C. capparucoronde*, *C. citriodorum*, *C. sinharajaense* y *C. rivulorum*.

### **Uzbekistán**

Se realizaron consultas de datos ecogeográficos de las siguientes especies: *Malus sieversii* (manzana), *Allium pskemense* (cebolla), *Amygdalus communis*, *A. bucharica*, *A. spinosissima*, *A. petunnikovii* (almendra), *Pistacia vera* (pistacho), *Juglans regia* (nogal), *Hordeum spontaneum* y *H. bulbosum* (cebada).

Los estudios realizados en el contexto del Proyecto CPS son quizás, en conjunto, la evaluación ecogeográfica más grande que se haya hecho y representan una importante contribución a la práctica.

## **Componentes de la línea base de conocimiento**

Los componentes de la línea base de conocimiento de una consulta de datos ecogeográficos reúnen un amplio rango de información sobre las especies objetivo, su distribución, hábitat, usos y presencia en áreas protegidas, y sobre la existencia de colecciones de germoplasma (ver Recuadro 8.2). El grado de detalle de la información dependerá principalmente del nivel de conocimiento que se tenga de la especie, qué tan común es, sus usos comerciales y dónde ocurre. No existe, pues, un conjunto de datos 'correcto', por lo cual hay que ser pragmático en la práctica.

### **Recuadro 8.2 Elementos necesarios para la línea base de conocimiento**

- Reunir información sobre las principales especies silvestres de uso comercial en el país o región, incluyendo:
  - identificación correcta
  - distribución
  - biología reproductiva
  - sistema de reproducción
  - demografía, y
  - estado de conservación
  
- Colectar información sobre:
  - usos, incluyendo conocimiento tradicional local
  - naturaleza y grado de comercialización de estas especies
  - de ser relevante, intensidad de la cosecha en condiciones silvestres y consecuencias de esta actividad en la viabilidad de las poblaciones silvestres
  - cultivo y propagación
  
- Determinar qué especies se encuentran en áreas protegidas y cuál es su grado de presencia
- Colectar información sobre la disponibilidad de germoplasma y de inventarios autenticados del cultivo
- Realizar un estudio ecogeográfico de cada especie.

*Fuente: Heywood y Dulloo 2005*

En el Recuadro 8.3 se presentan las principales etapas de un estudio ecogeográfico.

El portal de conocimiento sobre los bancos de germoplasma de cultivos (*Crop Genebank Knowledge Base*) tiene un módulo de capacitación sobre estudios ecogeográficos (ver Recuadro 8.3), que se puede descargar en inglés desde la siguiente dirección:

[http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=378&Itemid=538](http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=378&Itemid=538) y en español desde el sitio web de Bioversity en la siguiente dirección: [http://www.bioversityinternational.org/training/training\\_materials/ecogeographic\\_surveys/ecogeographic\\_surveys\\_espanol.html](http://www.bioversityinternational.org/training/training_materials/ecogeographic_surveys/ecogeographic_surveys_espanol.html)

### **Recuadro 8.3 Fases de un estudio o consulta de datos ecogeográficos**

#### Fase I – Diseño del proyecto

- asignación del proyecto
- identificación del nivel de conocimiento que se tiene del taxón
- selección de la taxonomía del taxón objetivo
- delimitación de la región objetivo
- identificación de colecciones del taxón
- diseño de la estructura y desarrollo de la base de datos ecogeográficos

#### Fase II – Colecta y análisis de datos

- listado del germoplasma conservado
- revisión de fuentes de información taxonómica, ecológica y geográfica
- colecta de datos ecogeográficos
- verificación de la información
- análisis de la información taxonómica, ecológica y ecogeográfica

#### Fase III – Generación del producto

- síntesis de la información
- base de datos ecogeográficos, compendio e informe
- identificación de prioridades de conservación

*Fuente: Maxted et al. 1995; Maxted y Kell 1998*

## **Colecta y compilación de información teórica sobre conservación *in situ***

Mucha de la información que se requiere compilar puede estar en las estrategias nacionales de recursos fitogenéticos o PSC de los países que las hayan desarrollado. Las NBSAP y diversos informes nacionales presentados al CDB también tendrán información valiosa, así como los informes preparados por los países para el primer *Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo* (FAO 1998) y para el segundo informe aprobado en la decimosegunda sesión regular de la CRGAA en octubre de 2009.

La información se puede coleccionar de diversas fuentes (ver también el Capítulo 6):

- literatura, incluyendo Floras, monografías, listas de verificación y estudios fitosociológicos
- herbarios

- jardines botánicos y arboretos
- datos de pasaporte de bancos de germoplasma
- bases de datos de los servicios meteorológicos nacionales o locales (pluviosidad anual y mensual, temperaturas mínima y máxima mensuales)
- bases de datos y estudios nacionales de suelos
- bases de datos y sistemas de información nacionales, regionales e internacionales.

### **Información taxonómica**

Identificar correctamente los taxones que se estén estudiando o seleccionando para conservación es esencial aunque suene obvio, pero es mucho más difícil de lo que pareciera pues el nivel de precisión en la identificación de taxones vegetales en la literatura científica es muy variable y a veces muy bajo. Aunque la validez de la identificación científica de los taxones es fundamental cuando se hace investigación, por lo general no se comprueba. Existen muchos casos en los que las plantas de referencia se identificaron mal, con consecuencias graves y muy costosas.

Las dificultades experimentadas para garantizar una correcta identificación taxonómica incluyen el hecho de que la taxonomía y la clasificación son temas muy especializados y el que los productos formales de la taxonomía, exceptuando las Floras y Faunas de estudiantes y las guías simplificadas para principiantes, no se han diseñado para que los usuarios los puedan usar con facilidad. Las Floras, monografías, revisiones y listas de verificación pueden resultar abrumadoras para los no especializados por lo técnicas y por estar diseñadas para las necesidades de los taxónomos, y no para los intereses de usuarios menos especializados. Algunas guías de identificación no están claramente redactadas y no incluyen información fundamental, como ilustraciones de las especies. Tener en cuenta las necesidades de los usuarios, incluyendo los taxónomos, es un desarrollo relativamente reciente. Muchas obras clásicas carecen de componentes como claves para interpretación, y aún cuando se las incluye, son por lo general muy técnicas y difíciles de entender para un usuario no experimentado (Heywood 2004).

Herramientas taxonómicas como las Floras son críticas para la conservación, particularmente cuando se preparan listas de especies amenazadas (Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN), para las que constituyen un recurso básico. Las Floras y los especímenes de herbario son una fuente de información clave para este fin, especialmente en los países en desarrollo, porque estiman e infieren los rangos de distribución de los taxones estudiados y su grado de rareza (Golding y Smith 2001) a pesar de no haber sido diseñadas para eso. De todos modos, extraer datos de ellas e interpretarlos apropiadamente requiere la ayuda de un taxónomo especializado.

La especie es la unidad básica de la clasificación y de la diversidad biológicas pero no existe un acuerdo universal sobre cómo definirla. Las especies que manejamos en los estudios de biodiversidad, en su denominación actual, son comparables sólo por designación, mas no por su grado de diferenciación evolutiva, genética, ecológica o morfológica. En la identificación de especies objetivo, muchas veces se usará un concepto taxonómico convencional de la especie, basado en la diferenciación morfológica (consultar a Bisby 1995: Recuadros 2.1 a 2.4). Por eso, cuando se vayan a identificar las especies de un país, se deberán usar Floras estándar de ese país y seguir la nomenclatura *ad hoc* que se haya dado a las especies en esas Floras, a menos que el nombre correcto (si fuera diferente) se pueda determinar mediante otros recursos. Si existe una revisión reciente del género o del grupo de especies, ésta se debe usar.

El concepto de especie difiere entre grupos, y la manera en que se emplea la categoría de especie puede diferir entre regiones o naciones (Gentry 1990; Heywood 1991), lo cual dificulta hacer comparaciones. Algunas Floras pueden interpretar las especies en un sentido amplio, e incluir especies que en otras Floras se consideren diferentes. Del mismo modo, algunas Floras tratarán un determinado taxón como especie, mientras que otras lo tratarán como subespecie o variedad. Variantes infraespecíficas, como sub especies, ecotipos, razas químicas o poblaciones individuales, en vez de especies, pueden ser el centro de atención en la agrobiodiversidad (Yanchuk 1997). Muchos trabajos sobre biodiversidad y conservación (como las Listas Rojas) tienden a tratar la mayoría de las especies como si fueran uniformes, mientras que muchas en la realidad contienen una gran variabilidad reconocida taxonómica o genecológicamente. Reconocer variantes generará diferencias al planear las acciones de conservación, pues su comportamiento y diferenciación genética subyacente variarán y requerirán tratamientos específicos. Ésto es particularmente válido cuando determinados alelos de una población de de una especie de PSC sean el objeto de interés.

Si bien es probable que cuando se identifique una especie silvestre rara y amenazada pero bien conocida surjan pocos problemas, hay que tener cuidado cuando se identifiquen especies de distribución amplia, presentes en más de un país, puesto que, dependiendo del país, la misma especie puede aparecer listada en la Flora con nombres diferentes. Si no se cuenta con una nomenclatura acordada, hay que buscar la asesoría de taxónomos especializados.

Las mismas consideraciones aplican a nivel de género. Por ejemplo, los géneros *Triticum* y *Aegilops* por lo general se manejan como géneros diferentes, aunque algunos taxónomos incluyen el género *Aegilops* dentro del género *Triticum*. Aunque esto es una cuestión de opinión taxonómica, y ninguna de las dos interpretaciones es 'correcta', lo que esta discrepancia

ilustra, es que en la literatura se puede encontrar el mismo taxón de un PSC con nombres diferentes o sinónimos.

El problema de los sinónimos –cuando el mismo taxón (especie, género, etc.) aparece en la literatura y en los herbarios con más de un nombre– puede ser imposible de rastrear para quien no sea un especialista. Una planta puede tener más de un nombre debido a que:

- ha sido descrita independientemente más de una vez por diferentes taxónomos
- se demuestra que un taxón, como una especie, era igual a una especie publicada anteriormente, o
- diferentes taxónomos tratan un taxón, como por ejemplo una especie, en diferentes rangos, como subespecie o variedad, o diferentes especialistas la ubican en un género diferente.

En consecuencia, es importante que quienes vayan a usar la literatura taxonómica para compilar información para consultas de datos ecogeográficos sean conscientes de estas dificultades (ver Recuadro 8.4).

### **Recuadro 8.4 Consejos prácticos en el manejo de los nombres y de la taxonomía**

Aunque una especie tenga un nombre diferente en una Flora o en un espécimen de herbario que usted reconoce o al que está acostumbrado, esto no quiere decir que se trate de una especie distinta puesto que puede ser simplemente un sinónimo de esa especie

Recuerde que los nombres asignados a las especies en la literatura (artículos científicos en revistas, inventarios, encuestas fitosociológicas o ecológicas, etc.) pueden contener errores y deben ser revisados.

Si usted no puede encontrar una especie en una determinada Flora o manual, contemple la posibilidad de que la especie esté ‘enmascarada’ con un nombre diferente (sinónimo) o incluida en un género diferente.

Si usted no logra identificar un espécimen, prepare una muestra de herbario para que la identifique un taxónomo. En lo posible, la muestra debe incluir flores y frutos.

Si tiene dudas, pida la asesoría de un taxónomo.

## **Fuentes de información taxonómica**

La literatura taxonómica es enorme, data de muchos siglos y es abrumadora para usuarios sin experiencia en el tema. El Capítulo 2 del libro *Evaluación*

*Mundial de la Biodiversidad* (Heywood 1995), sobre caracterización de la biodiversidad (Bisby 1995), es una fuente valiosa de información. Como se observó en el Capítulo 6, en años recientes se ha almacenado mucha información taxonómica de manera electrónica en bases de datos y sistemas de información. Cada vez se están desarrollando más bases de datos y Floras electrónicas, que en lo posible se deben consultar. Estas iniciativas van desde grandes emprendimientos internacionales como la *Taxonomía de Plantas de GRIN* (<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/index.pl>), TROPICOS (<http://www.tropicos.org/>) y Especies 2000 (<http://www.sp2000.org/>), hasta esfuerzos nacionales y locales, y bases de datos especializadas.

La información taxonómica y de otra naturaleza sobre la biodiversidad (colecciones de historia natural, materiales de biblioteca, bases de datos, etc.) no está distribuida equitativamente en el mundo. GBIF estima que tres cuartas partes o más de la información sobre biodiversidad están almacenadas en el mundo desarrollado. Sin embargo, la mayoría de la información que se necesita no se puede transferir porque no está digitalizada o porque se carece de la capacidad para manejarla en esa forma. GBIF se creó para abordar esta limitación y facilitar el acceso a la información sobre biodiversidad (ver Recuadro 8.5). GBIF es una red mundial dedicada a suministrar información sobre biodiversidad, desde una plataforma construida para tal fin, y a promover el aumento de la información sobre biodiversidad en internet. GBIF trabaja con otras iniciativas y coordina actividades a nivel internacional. Busca ser el primer puerto de entrada para quienes requieren información sobre biodiversidad.

Los especímenes de herbario también son una fuente útil de información (Pearce y Bytebier 2002) y se han usado en muchos estudios ecogeográficos para ayudar a determinar la distribución de los taxones. Por ejemplo, en su estudio de *Vicia* subgénero *Vicia*, Maxted (1995) consultó material en 18 herbarios internacionales importantes. Un estudio de papa silvestre en el continente americano (Bamberg *et al.* 2003) incluyó una consulta de material disponible en herbarios para ayudar a determinar la ubicación y distribución de las especies, y los posibles sitios de colecta; también se obtuvo información de botánicos locales.

La información en las etiquetas de herbario por lo general no es suficiente o está incompleta, e incluso puede ser difícil de interpretar o descifrar. La ubicación geográfica de los sitios indicados puede estar incompleta y hacer imposible encontrarlos. Los datos ecológicos, si existen, pueden estar mal registrados, lo cual es particularmente válido para los especímenes más viejos. Además, no hay garantía de que el material del herbario haya sido correctamente identificado y, aún cuando la información sea correcta, el nombre puede no necesariamente seguir siendo correcto de acuerdo con investigaciones recientes. Cuando se tengan dudas sobre la identificación

### **Recuadro 8.5 ¿Qué es la Plataforma Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF)?**

GBIF es una plataforma que ofrece acceso en línea, libre y abierto, a información sobre biodiversidad. Es una iniciativa internacional iniciada y financiada por los gobiernos de los países participantes, cuyo objetivo es que todas las personas involucradas en la investigación científica, la conservación y el desarrollo sostenible puedan acceder a la información disponible sobre biodiversidad. GBIF básicamente ofrece tres servicios y productos:

- Una plataforma de información –un índice en internet de una red mundial de bases de datos compatibles que contienen información primaria sobre biodiversidad: información de especímenes de museo, observaciones de campo de plantas y animales en la naturaleza y resultados de experimentos. Esta plataforma permite a usuarios y poseedores de información de todo el mundo acceder a información y compartirla.
- Herramientas, estándares y protocolos desarrollados por la comunidad –herramientas que los proveedores de información necesitan para sistematizar y compartir sus datos.
- Fortalecimiento de capacidades –capacitación, acceso a expertos internacionales y programas de tutoría que las instituciones nacionales y regionales necesitan para ser parte de una red descentralizada de información sobre biodiversidad.

Fuente: Acerca de GBIF <http://www.gbif.org/index.php?id=269>

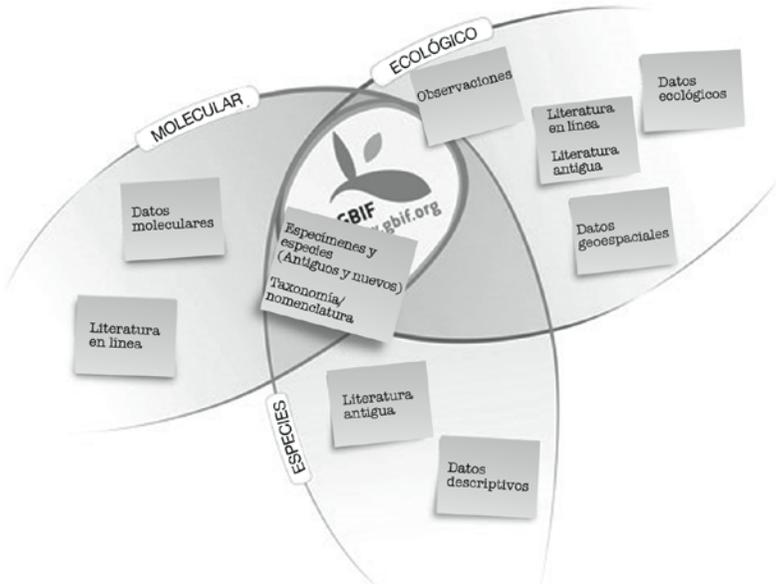


Figura 8.1 Acerca de GBIF

correcta de un taxón, se debe buscar asesoría profesional.

Mientras que los datos de herbarios y Floras son un recurso de información ecogeográfica útil, cuando los taxones no se han colectado extensivamente hay que complementar la información teórica sobre ellos con exploraciones de campo. Las salidas al campo son deseables en la mayoría de los casos para coleccionar información sobre la ecología, demografía, variabilidad genética, sistema de reproducción, etc., de los taxones.

En la identificación de los taxones hay que tener mucho cuidado con el uso de los *nombres comunes*. Muchos taxones tienen varios nombres comunes, generalmente específicos para una localidad y no ampliamente reconocidos. Los nombres comunes se asocian muchas veces, equivocadamente, a los nombres científicos (Kanashiro *et al.* 2002).

### **Información sobre distribución**

Determinar la distribución geográfica completa de las especies de PSC objetivo es importante. La información sobre distribución, al igual que los datos taxonómicos, se pueden obtener de diversas fuentes: Floras y monografías; estudios geobotánicos, fitosociológicos y sobre vegetación, que generalmente incluyen listas de especies registradas en determinadas áreas; etiquetas de herbario; bases de datos de biodiversidad; etc. Nuevamente, es importante recordar que las especies de PSC pueden aparecer en la literatura y en las etiquetas de especímenes de herbario con sinónimos diferentes. Es más, pueden incluso ser polimórficas y tener uno o más nombres, y distintas sub especies o variedades.

Existen varios métodos y herramientas para predecir la distribución geográfica de las especies. Un estudio reciente (Elith *et al.* 2006) compara el rendimiento de 16 métodos, entre ellos GARP, Domain, Bioclim y Maxent, con 226 especies de seis regiones del mundo [consultar también a Lobo (2008)]. Estos métodos requieren el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG; Recuadro 8.6) y programas comerciales de computación como ESRI's ArcGIS (ArcInfo, ArcEditor, ArcView), MapInfo, ERDAS ER Mapper y IDRISI Taiga GIS. Adicionalmente, se han desarrollado programas de SIG para trabajar con recursos genéticos, como FloraMap<sup>2</sup>, desarrollado y ampliamente utilizado en el CIAT, aunque ahora está bastante desactualizado y ha sido descontinuado y reemplazando por Maxent. Otro paquete es FDIVA-GIS, desarrollado por el CIP en colaboración con el IPGRI (ahora Bioversity International), con el apoyo del Programa de Recursos Genéticos del GCAI (SGRP, de su nombre en inglés). Este paquete se puede descargar gratuitamente en la página <http://diva-gis.org/> (Hijmans *et al.* 2001; Figura 8.2). Es importante elegir cuidadosamente el paquete de SIG que se va a utilizar y los equipos en que van a funcionar estos programas puesto que los errores pueden resultar costosos. Peterson (2001) ha desarrollado modelos de nichos ecológicos de

especies utilizando un algoritmo de inteligencia artificial proyectado sobre la geografía, para predecir la distribución de las especies.

### **Recuadro 8.6 Sistemas de información geográfica**

Un SIG es un conjunto de equipos y herramientas de computación utilizados para digitar, editar, almacenar, manipular y visualizar información espacial (geográficamente referenciada). Los datos se pueden obtener de mapas, fotos aéreas, satélites, relevamientos de datos y otras fuentes, y se pueden presentar como mapas, informes o planes.

Los SIG se usan para manipular mapas vinculados a bases de datos. Estos mapas se pueden representar en capas diferentes, cada una con información sobre determinadas características. Cada característica está vinculada a una posición en la imagen gráfica de un mapa. Las capas de datos se organizan de manera que se puedan estudiar y hacer análisis estadísticos. Los SIG organizan la información geográfica en una serie de capas y cuadros temáticos.

**Georreferenciar** es el proceso de convertir descriptores de texto de localidades a un lenguaje que pueda ser utilizado por un computador y por programas de computación como los SIG. El Proyecto BioGeomancer (BG, de su nombre en inglés) (<http://www.biogeomancer.org/understanding.html>) ofrece herramientas para mejorar los resultados en organizaciones con grandes cantidades de datos para georreferenciar, mediante la automatización de la georreferenciación de datos en bruto, el aprendizaje de georreferencias existentes, el acceso a mapas e índices geográficos, la generación de localidades geográficas en lenguaje de computador y descripciones de error de acuerdo con estándares aceptados, y herramientas para validar resultados.

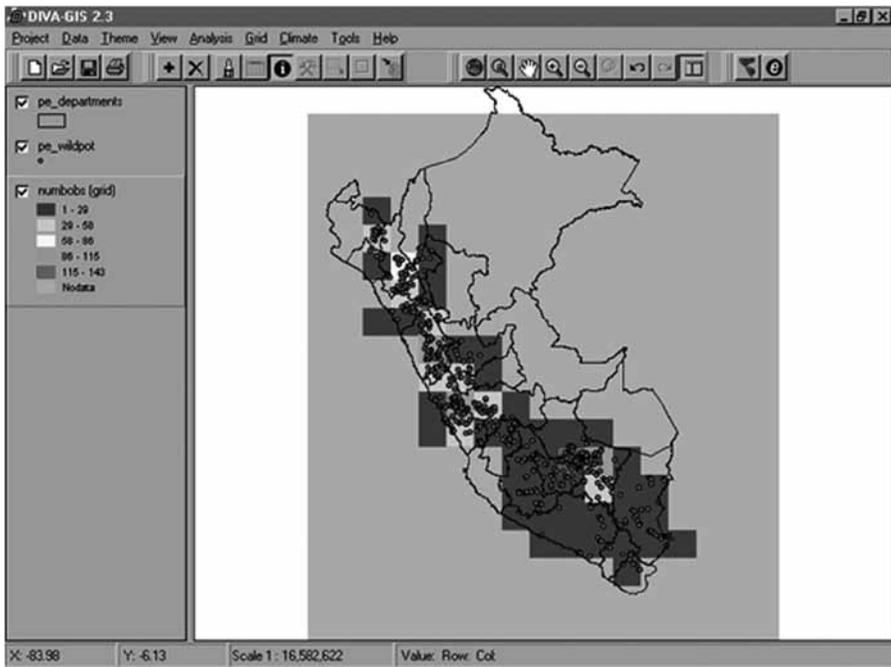
BioGeomancer es un esfuerzo de colaboración mundial entre expertos en historia natural y datos geoespaciales. El objetivo del proyecto es maximizar la calidad y cantidad de información sobre biodiversidad que se pueda incluir en mapas para apoyar la investigación científica, la planeación, la conservación y el manejo. El proyecto promueve discusiones, maneja datos geoespaciales y estándares de datos, y desarrolla herramientas de computación para apoyar su misión.

El consorcio de BioGeomancer está desarrollando un espacio de trabajo en línea, servicios de internet y aplicaciones de escritorio para suministrar servicios de georreferenciación a colectores, curadores y usuarios de especímenes de historia natural, incluyendo herramientas de computación para procesar en lenguaje natural registros de datos almacenados en formatos diferentes.

El Sistema de Investigación Botánica y Manejo de Herbarios (*Botanical Research and Herbarium Management System*, BRAHMS) (<http://dps.plants.ox.ac.uk/bol/>) es un valioso recurso de información sobre manejo de colecciones, trabajo taxonómico, relevamiento de datos botánicos y análisis de diversidad. En la siguiente dirección se puede descargar una presentación en PowerPoint en la cual se mapea la distribución geográfica de cinco especies de *Passiflora* en los países andinos (<http://www.slideshare.net/CIAT/study-of-the-genetic-diversity-of-the-genus-passiflora-and-its-distribution-in-colombia>).

El equipo de Análisis de Vacíos<sup>3</sup>, liderado por Andy Jarvis en el GCAI/IRRI/CIAT, busca desarrollar un enfoque que le permita a los colectores (y demás personas involucradas en la conservación *ex situ* e *in situ*) determinar en qué áreas del mundo hay caracteres y taxones aún no representados en las colecciones de los bancos de germoplasma manejados por los centros del GCAI.

En el Capítulo 14 se discuten las técnicas de modelaje de nichos bioclimáticos utilizadas para proyectar la distribución de especies en estudios de cambio climático.



**Figura 8.2** DIVA-GIS – Las ventanas Crear Cuadrícula y Resultado, junto con la ventana del mapa principal, permiten visualizar la riqueza de especies silvestres de papa en Perú (Hijmans et al. 2001)

## Variabilidad genética

La variabilidad genética se presenta a niveles diferentes en las poblaciones de las especies y es el eje de la conservación de los PSC. En los PSC, determinados alelos pueden proporcionar la base de características valiosas para los programas de fitomejoramiento. Comprender bien la estructura y la distribución de la variabilidad genética de una especie y sus poblaciones es clave en el proceso de conservación de un PSC para poder capturar la cantidad deseada de variabilidad genética de la especie. Esto determinará en gran parte la ubicación de las reservas, el diseño de la estrategia de conservación y el plan de manejo. Capturar incluso más variabilidad genética, incrementará las probabilidades de que la especie

**Cuadro 8.2** Tecnologías comunes que utilizan marcadores genéticos y sus principales características

Técnica*	Abundancia	Nivel de polimorfismo	Especificidad del locus	Codominancia de alelos	Facilidad para reproducirla	Dispendiosa
Alozimas	poca	bajo	si	si	mucha	poco
RFLP	mucha	mediano	si	si	mucha	muy
Mini satélites	mediana	alto	no y si	no y si	mucha	muy
PCR	poca	bajo	si	si	mucha	muy
RAPD	mucha	mediano	no	no	poca	poco
Microsatélites	mucha	alto	si	si	mucha	poco
ISSR	mediana-mucha	mediano	no	no	media-mucha	poco
SSCP	poca	bajo	si	si	media	poco-moderada
CAPS	poca	bajo-mediano	si	si	mucha	poco-moderada
SCAR	poca	mediano	si	si y no	mucha	poco
AFLP	mucha	mediano	no	no y si	mucha	moderada

\*Técnicas (siglas de sus nombres en inglés):

RFLP = polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción

PCR = reacción en cadena de la polimerasa

RAPD = ADN polimórfico amplificado al azar

ISSR = inter-microsatélite

ISSP = polimorfismo de conformación de cadena individual de ADN

CAPS = secuencia polimórfica amplificada y cortada

continúe evolucionando y genere nueva variabilidad, favoreciendo así su supervivencia y persistencia a largo plazo. La especie también tendrá mejores oportunidades de adaptarse a los retos impuestos por el cambio climático.

La variabilidad genética se infería tradicionalmente a partir de la diferenciación morfológica; sin embargo, en años recientes, se han desarrollado técnicas bioquímicas y moleculares, como los análisis basados en las isoenzimas y las técnicas basadas en el ADN [secuenciación, polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP, de su nombre en inglés), polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción

**Cuadro 8.2** (continuación)

	<b>Requerimientos técnicos</b>	<b>Costos operativos</b>	<b>Costos de desarrollo</b>	<b>Cantidad de ADN requerido</b>	<b>Posibilidad de automatización</b>
Alozimas	pocos	bajos	bajos	-	no
RFLP	muchos	altos	moderados-altos	mucha	no
Mini-satélites	muchos	altos	moderados-altos	mucha	no
PCR	muchos	altos	altos	poca	si
RAPD	pocos	bajos	bajos	poca	si
Microsatélites	pocos-intermedios	bajos-moderados	altos	poca	si
ISSR	pocos-intermedios	bajos-moderados	bajos	poca	si
SSCP	intermedios	bajos-moderados	altos	poca	no
CAPS	pocos-intermedios	bajos-moderados	altos	poca	si
SCAR	pocos	bajos	altos	poca	si
AFLP	intermedios	moderados	bajos	intermedia	si

SCAR = regiones amplificadas caracterizadas y secuenciadas

AFLP = polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados

Fuente: Centro de Recursos Genéticos de Holanda (CGN, de su nombre en inglés) de la Universidad de Wageningen. <http://www.cgn.wur.nl/UK/CGN+Plant+Genetic+Resources/Research/Molecular+markers/-+Overview+marker+technology/>

(RFLP, de su nombre en inglés), reacción en cadena de la polimerasa (PCR, de su nombre en inglés), ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD, de su nombre en inglés), microsatélites (SSR, de su nombre en inglés)]. La ventaja de usar marcadores moleculares para estudiar la diversidad genética es que no están influenciados por factores ambientales y reflejan similitudes genéticas sin tener conocimiento previo de la información de pedigrí (Kuleung *et al.* 2006). Los marcadores moleculares tienen sus propias características y se comportan de manera diferente. De ahí que no haya un enfoque molecular único apropiado para todos los propósitos y se deba usar más de un tipo para establecer el más apropiado para determinada especie o para los diversos asuntos relacionados con la conservación y el manejo de los PSC.

En el Cuadro 8.2 se comparan diferentes métodos de análisis molecular. Al emprender un proceso de selección, hay que tener en cuenta que este campo está evolucionando rápidamente y se debe solicitar la asesoría de especialistas. Más detalles sobre estas técnicas y su aplicación se puede encontrar en textos como el de Barnes y Breen (2009), de Vicente y Fulton (2004) y de Vicente *et al.* (2004) y en la revisión hecha por Karp (2002).

En el Recuadro 8.7 se presenta un ejemplo de diversidad genética del PSC *Malus sieversii* y en el Recuadro 8.8 otro sobre la evaluación de la variabilidad genéticamente significativa de *Coffea* en las islas Mauricio y Reunión. En el caso de *Malus orientalis* (Volk *et al.* 2009) se colectaron datos genotípicos (siete marcadores microsatélite) y de resistencia a enfermedades de 776 árboles de Armenia, Georgia, Rusia y Turquía. En los árboles de Georgia y Armenia se identificaron 106 alelos y la diversidad genética promedio osciló entre 0.47 y 0.85 por locus. La diferenciación genética entre las localidades muestreadas fue mayor que entre los dos países.

Muchas veces se afirma que para conservar la diversidad genética de una especie hay que captar tanta variabilidad genética de ella como sea posible (por ejemplo, Hawkes 1987). Si bien el objetivo es loable, no se debe perseguir a expensas de permitir que otras especies se extingan. El esfuerzo que se dedique al muestreo genético de determinado PSC dependerá de la prioridad que se le haya asignado a la especie, de los recursos económicos y de otra índole de que se disponga, y de lo fácil o difícil que sea medir la variabilidad. Hacer un estudio detallado de la variabilidad genética de un PSC no significa que sea posible o factible incluir toda esta variabilidad en las reservas genéticas, pero ciertamente ayuda a seleccionar qué poblaciones conservar.

Para muchas especies, tal vez para la mayoría, es poco probable que se tenga información genética detallada en el futuro cercano, simplemente por los costos y la mano de obra involucrados. Ante esta situación, hay que recurrir a otro tipo de información que se aproxime (*proxxy*) (Dulloo *et al.* 2008; ver

también Recuadro 8.8), como el uso de la diferenciación morfológica para reflejar diferencias genéticas subyacentes o la zonación genecológica que asume que la variabilidad genética se verá reflejada en los patrones de la variabilidad ecológica (Theilade *et al.* 2000).

### **Recuadro 8.7 Estructura genética de una población de PSC de la manzana (*Malus sieversii*) en Xinjiang, China, revelada con marcadores SSR**

Utilizando marcadores SSR se estudiaron 109 accesiones de *Malus sieversii* provenientes de cuatro poblaciones geográficas: Kuerdening en la aldea de Mohe, Condado de Gongliu, Jiaowutuohai; el Condado de Xinyuan; Daxigou en el Condado de Houcheng del Estado de Ily; Montañas Baerluke en el Condado Yumin del Estado de Tacheng, Región Autónoma de Xinjiang Uygur en China. El propósito del estudio fue determinar la estructura genética y la diversidad de estas poblaciones ecogeográficas empleando ocho pares de cebadores SSR de manzana. Los resultados indicaron un promedio de 16 bandas en las cuatro poblaciones. El porcentaje de bandas polimórficas en la población de Gongliu (89.06%) fue el más alto de las cuatro poblaciones. El índice de diversidad genética promedio de Nei fue de 0.257 para todos los loci. A nivel de especie y de las poblaciones de Gongliu, Xinyuan, Huocheng y Yumin, se detectaron 128 loci polimórficos y el porcentaje de loci polimórficos (P) fue del 100%, 88.29%, 84.83%, 87.50% y 87.12%, respectivamente. El índice de diversidad genética de Nei ( $H = 0.2619$ ) y el índice de Shannon ( $I = 0.4082$ ) fueron más altos a nivel de la especie que a nivel de las poblaciones. El índice de diversidad genética de Nei y el índice de Shannon en las cuatro poblaciones fueron Gongliu > Huocheng > Xinyuan > Yumin. Las poblaciones de Gongliu y de Xinyuan fueron las más altas en cuanto a diversidad genética y las más cercanas en cuanto a distancia genética. El flujo de genes entre las poblaciones fue de 7.265, con base en los coeficientes de diferenciación genética ( $GST = 0.064$ ).

El análisis de conglomerados con el método de promedio aritmético de los grupos de pares no ponderados (UPGMA, de su nombre en inglés) indicó que las relaciones genéticas entre las poblaciones de Gongliu y Xinyuan eran las más estrechas, y que la población de Yumin tenía el más alto grado de diferenciación en comparación con las otras tres poblaciones. El análisis de conglomerados UPGMA indicó que las cuatro poblaciones geográficas eran relativamente independientes. También se presentó un leve intercambio de genes entre poblaciones. Con base en el estudio de la estructura genética de las poblaciones y en el grado de diversidad genética, la población de Gongliu resultó ser la población de *Malus sieversii* de más alta prioridad para conservación *in situ*.

Fuente: Zhang *et al.* 2007

### **Recuadro 8.8 Evaluación de variabilidad genética en *Coffea***

Utilizando técnicas moleculares RAPD como herramienta, para ayudar en el análisis de vacíos de biodiversidad conservada activamente, se estudiaron los patrones de variabilidad genética dentro y entre 14 poblaciones de tres especies silvestres de *Coffea*, endémicas de la isla Mauricio. Se tomaron muestras de los sitios en Mauricio para determinar las relaciones genéticas dentro y entre sitios, y evaluar el sistema de áreas protegidas de *Coffea* en la isla. También se tomaron muestras de otras dos poblaciones de *Coffea mauritiana* de Reunión, una isla vecina. El análisis de datos RAPD confirmó la clasificación taxonómica de estos taxones en tres conglomerados correspondientes a las especies *C. macrocarpa*, *C. mauritiana* y *C. myrtifolia* y mostró, además, la diferenciación de las accesiones de Montagne des Creoles como entidad independiente. Los resultados mostraron que hay tanta variación dentro de las poblaciones como entre ellas (coeficiente estadístico F de Wright = 0.522). De las 85 bandas polimórficas, 25 resultaron únicas para uno de los cuatro conglomerados mencionados anteriormente y 60 (75%) resultaron variables entre los cuatro conglomerados. Casi todos los individuos de la misma población se agruparon juntos. La diversidad genética total de las accesiones estudiadas es de 0.216. Cuando se calcularon los parámetros de la genética de las poblaciones para los diferentes conglomerados, se observó que había más variación dentro de los conglomerados que entre ellos. Los índices de diversidad genética ( $H_j$ ) dentro de cada conglomerado, 'macrocarpa', 'mauritiana', 'MDC' y 'myrtifolia' fueron de 0.168, 0.169, 0.159 y 0.117, respectivamente. Dentro del conglomerado 'mauritiana' se observó una distinción evidente entre las accesiones de *C. mauritiana* provenientes de Mauricio y Reunión. Además, el conglomerado 'mauritiana' contenía dos muestras de la población de Mondrain, previamente clasificadas como *C. macrocarpa*. En el conglomerado 'macrocarpa', las poblaciones de *C. macrocarpa* se dividieron en dos grupos: Bassin Blanc y el morfotipo diferente de la población de Mondrain formaron un grupo aparte, mientras que el resto de las poblaciones de *C. macrocarpa* formaron un conglomerado en el segundo grupo. En el conglomerado 'myrtifolia' hay una demarcación evidente entre las poblaciones occidentales y las orientales de *C. myrtifolia* que concuerda con la distribución geográfica de las poblaciones.

Fuente: Dulloo 1998

### **¿Cuántos individuos? ¿Cuántas poblaciones?**

Entre las preguntas más difíciles de resolver en la biología de la conservación de las especies está la de cuántos individuos y cuántas poblaciones de una especie objetivo conservar para que la especie siga siendo viable. Heywood

y Dulloo (2005) afirman que, ‘el número de individuos necesarios para mantener la diversidad genética dentro de una población ha sido tema de mucho análisis y se encuentra mucha literatura sobre temas como análisis de viabilidad poblacional (PVA, de su nombre en inglés), población mínima viable (PMV), población mínima efectiva y, en el caso de las meta poblaciones, meta población mínima viable (MVM, de su nombre en inglés) y cantidad mínima de hábitats adecuados disponibles (MASH, de su nombre en inglés)’ (Hanski *et al.* 1996). El concepto de cantidad mínima de hábitats disponibles es relativamente nuevo, de gran utilidad para la restauración, el muestreo de alelos y la heterocigosidad. Otra pregunta que hay que responder es cuántas poblaciones mantener en una reserva o red de reservas para incluir la máxima representación de la variabilidad genética de los PSC. La respuesta dependerá de la distribución de la especie y las poblaciones, y de cómo esa variabilidad se encuentra dividida entre las diferentes poblaciones, averiguación que puede requerir bastante esfuerzo [para una revisión y discusión de este tema, consultar a Dulloo *et al.* (2008), p. 31–32]. Sin embargo, como regla general, se recomienda un mínimo de cinco poblaciones por reserva genética para la conservación *in situ* (Dulloo *et al.* 2008; Brown y Briggs 1991). Por razones prácticas, políticas o económicas, tratar de lograr un cubrimiento exhaustivo de la variabilidad genética puede ser imposible en muchos casos.

### **Recuadro 8.9 Conceptos de viabilidad de las poblaciones y meta poblaciones**

**Análisis de la viabilidad poblacional (PVA)** es la metodología empleada para estimar la probabilidad de que una población de un determinado tamaño sobreviva durante un período específico. Es un análisis exhaustivo de los diversos ambientes y factores demográficos que afectan la supervivencia de una población (generalmente pequeña) (Morris y Doak 2002).

**Población mínima viable (PMV)** es un concepto introducido por Soulé (1986) en el estudio de la biología de poblaciones. Es el tamaño poblacional más pequeño que sobrevivirá durante un período específico con una probabilidad determinada.

**Cantidad mínima de hábitats adecuados disponibles (MASH)** es la cantidad (como regla general entre 15 y 20) de parches bien conectados requeridos para la supervivencia a largo plazo de una meta población (Hanski *et al.* 1996; Hanski 1999).

**Meta población mínima viable (MVM)** es una proyección de la cantidad mínima de poblaciones locales interrelacionadas necesaria para la supervivencia a largo plazo de una meta población (Hanski *et al.* 1996).

*Fuente: Heywood y Dulloo 2005*

## Información ecológica

Establecer las condiciones ecológicas en las que crecen especies seleccionadas es una de las principales preocupaciones de una consulta de datos ecogeográficos. Aunque parte de la información se puede derivar de la literatura y de las etiquetas de especímenes de herbario, la exploración de campo es esencial en la mayoría de los casos. Aunque no se tienen criterios comunes para coleccionar información ecológica, por lo general se recomiendan los siguientes:

- tipos de hábitat – aunque no hay un conjunto mundialmente aceptado de tipos de hábitat, muchos países han generado sus propias clasificaciones para usarlas en documentos oficiales. La directiva de la Unión Europea para la conservación de hábitats naturales y de fauna y flora silvestre (Directiva de Hábitats de la Unión Europea) incluye 218 tipos de hábitats en su Anexo 1 [consultar a Evans (2006) respecto a la lista y la discusión de los asuntos involucrados]
- condición del hábitat
- regímenes de perturbación
- amenazas al hábitat
- topografía
- rango de altitudes
- tipos de suelo
- pendiente y aspecto
- uso de la tierra o prácticas agrícolas.

Una caracterización fitosociológica de algunas especies se puede encontrar, o desarrollar mediante trabajo de campo.

Una referencia es la lista de descriptores desarrollada por Bioersivity International que proporciona un formato estándar para coleccionar, almacenar, recuperar e intercambiar el conocimiento que los agricultores tienen de las plantas (Bioersivity y The Christensen Fund 2009). En cuanto a la aplicación de enfoques participativos para la colecta de datos, consultar el Capítulo 5, a Hamilton y Hamilton (2006) y a Cunningham (2001).

## Metodologías para la toma de datos en campo

La cantidad de trabajo de campo que se realice dependerá de la especie seleccionada y de las circunstancias de la zona. En cada sitio se deben usar herramientas SIG para determinar latitud, longitud y altitud, y para registrar los descriptores (región geográfica, nombre de la carretera o del asentamiento, cercanía a lugares conocidos) y las características físicas del sitio (tipo de hábitat, pendiente, aspecto y ubicación precisa de las plantas de las especies objetivo en el sitio, si las hubiere). Hawkes *et al.* (2000)

dan detalles de cómo preparar el trabajo de campo; sus recomendaciones son para enfoques *ex situ* pero se pueden aplicar a la toma de datos para conservación *in situ*. Si bien es deseable brindar capacitación a quienes van a realizar el trabajo (ver Capítulo 15), pocos centros o universidades ofrecen cursos apropiados.

## Análisis de la información y productos

Los datos colectados en consultas de datos ecogeográficos se pueden analizar de diversas maneras, como mediante el análisis discriminatorio o el análisis de componentes principales (ACP). Para la visualización, el análisis y el manejo de datos espaciales se pueden usar paquetes de computación basados en SIG como ArcInfo, WorldMap o DIVA.

Uno de los principales productos de una consulta de datos ecogeográficos es la 'sinopsis ecogeográfica', la cual es un resumen formal de la información taxonómica, geográfica y ecológica del taxón objetivo, colectada en herbarios y en relevamiento de datos en campo (Maxted *et al.* 1995). La sinopsis se organiza por especies e incluye la siguiente información: nombre aceptado del taxón, autores, sinónimos, descripción morfológica, distribución, fenología, altitud, ecología y notas de conservación. Dulloo *et al.* (1999), por ejemplo, publicaron una consulta de datos ecogeográficos del género *Coffea* en las islas Mascareñas, que incluye una sinopsis ecogeográfica (Recuadro 8.10).

### **Recuadro 8.10 Ejemplo de una sinopsis ecogeográfica**

***C. mauritiana*** Lam., Encycl. 1:550 (1783); DV Prodr. 4: 499 (1830); Bojer, H.M.: Baker, F.M.S.:152; Cordem., F.R.: 506; R.E. Vaughan. Maur. Inst. Bull. 1:44 (1937); A. Chevalier, Rev. Bot. Appl. 18: 830 (1938); Rivals, Et. Veg. Nat. La Reunión: 174 (1960).

**Sinónimos:** *C. sylvestris* Willd. ex. Roemer et Schultes, Syst. Vég. 5: 201 (1819). Tipo La Reunión. *C. nossikumbaensis* A. Chev., Rev. Bot. Appl. 18: 830 (1938). Tipo Nossi Kumba. *C. campaniensis* Leroy. Journ. Agr. Trop. Bot. Appl. 9: 530 (1962) Tipo Mauricio. *Geniostoma reticulatum* Cordem., F.R.: 464 Tipo La Reunión.

**Descripción morfológica:** Arbusto o árbol pequeño, que alcanza los 6 m de altura, con ramas verticiladas. Hojas glabras, correosas, entre obovadas y elípticas, acuminadas, cuneiformes y decurrentes, de 4 a 10 cm de largo

por 2 a 6 cm de ancho, con 6 a 8 pares de venas secundarias. Pecíolo de 3 a 10 mm de largo. Estípula deltoide, de 2 a 8 mm de largo. Inflorescencia axilar y erecta. Fruto entre ovoide y oblongo, de 18 a 20 mm de largo, verde amarilloso, que se torna púrpura al alcanzar la madurez.

**Distribución:** Endémica de Mauricio y La Reunión. En Mauricio, *C. mauritiana* está restringida a Plaine Champagne, Mt. Cocotte, Pétrin y Les Mares. Históricamente, la especie se ha registrado en otras tres localidades: Le Pouce Mountain, Nouvelle Découverte y Mon Gout. La especie se encuentra más dispersa en La Reunión.

**Fenología:** Botones, agosto a noviembre; flores, noviembre a diciembre; frutos, abril a agosto.

**Altitudes:** 270 a 1500 msnm. En La Reunión, *C. mauritiana* ocurre en un amplio rango de altitudes, desde los 270 msnm en Mare Longue hasta c.1500 msnm en Bebour. En Mauricio, el rango de altitudes de la especie es muy estrecho (700 a 760 msnm).

**Ecología:** Bosque lluvioso húmedo montano de altitudes media a altas. En Mauricio, *C. mauritiana* está muy localizada y ocurre en mesetas altas (Mt. Cocotte y Plaine Champagne) en zonas súper húmedas, donde la pluviosidad oscila entre los 2500 y los 5000 mm anuales (Vaughan y Wiehe 1937). Plaine Champagne está situada en un área de aguas subterráneas y lateritas, consistentes en losas ferruginosas de *cuirasses* (acumulaciones continuas duras) (Parish y Feillafe 1965); alberga un dosel abierto de matorrales enanos de especies nativas que casi nunca exceden los 5 m de altura. El área tiene una composición florística rica, compuesta principalmente de *Sideroxylon cinereum* y *S. puberulum* (Sapotaceae), *Aphloia theiformis* (Flacourtiaceae), *Olea lancea* (Oleaceae), *Gaertnera* spp. (Rubiaceae), *Nuxia verticillata* (Loganiaceae), *Antirhea borbonica* (Rubiaceae) y *Syzygium glomeratum* (Myrtaceae). Debido a los altos niveles de pluviosidad en el área, el suelo está cubierto de un colchón espeso de briofitas con muchas epífitas, y helechos de tierra y orquídeas. *Psidium cattleianum* (Myrtaceae), la especie dominante en esta zona, tiene gran parte del área invadida.

El hábitat de Mt. Cocotte ha sido descrito como bosque nublado o musgoso (Vaughan y Wiehe 1937; Lorence 1978). Se caracteriza por pluviosidades muy altas, muchas veces por encima de los 5000 mm y generalmente está cubierto de nubes y neblinas nocturnas (Vaughan y Wiehe 1937). La comunidad vegetal en Mt. Cocotte es un relicto de la vegetación original nativa del área y está compuesta de especies como *Nuxia verticillata* (Loganiaceae), *Tambourissa* spp., *Monimia ovalifolia* (Monimiaceae), *Syzygium mammillatum*, *Eugenia* spp. (Myrtaceae) y *Casearia mauritiana*

(Flacourtiaceae). La vegetación está poco estratificada. Toda el área se encuentra actualmente muy degradada, con una alta infestación de plantas exóticas como *Psidium cattleianum* (Myrtaceae), *Homalanthus populifolius* (Euphorbiaceae) y *Rubus alceifolius* (Rosaceae).

**Notas de conservación. Estado de la UICN:** Mauricio CR (B 1,2); La Reunión VU (C 2a). La UICN clasifica el estado de conservación de *C. mauritiana* en Mauricio como *En Peligro Crítico* (CR), de acuerdo con el criterio B 1,2. El área de ocupación es menos de 1 km<sup>2</sup> y se considera que sólo hay una población importante en Plaine Champagne. Los demás sitios (Mt. Cocotte, Les Mares y Pétrin) tienen individuos muy aislados y no forman una población como tal. Plantas exóticas, especialmente *Psidium cattleianum* (arazá o guayabo fresa) han invalidado gran parte del sitio y no hay evidencia de regeneración de *C. mauritiana*. Se estima que la población está actualmente entre 350 y 400 plantas, contenidas en un área de aproximadamente 4 a 5 ha. Adicionalmente, abundan en esta área visitantes que van a recoger los frutos del arazá, lo que se ha convertido en un pasatiempo favorito para muchos mauricianos y puede ser perjudicial para la flora amenazada de la isla. En otros sitios, especialmente en Les Mares y Pétrin, se conocen sólo unos pocos especímenes. En Les Mares hay una sola planta, que crece bajo una cuerda de alta tensión a un lado de la carretera. La mayoría del área ha sido convertida a plantaciones exóticas de especies forestales como *Pinus elliottii* y *Eucalyptus* spp. En Mt. Cocotte sólo hay una pequeña población estéril de *C. mauritiana* (15 individuos). Éstos están ubicados en un área manejada para la conservación: una parcela de bosque manejada intensamente de donde se han excluido las especies exóticas (Dulloo *et al.* 1996), pero, desafortunadamente, la población no se está regenerando. Tres de las plantas en este sitio se han muerto en los últimos tres años.

En La Reunión, *C. mauritiana* es más común que en Mauricio. Durante el curso de este estudio, se visitaron sólo unos pocos sitios y la especie se encontró ocasionalmente en estas áreas. En consecuencia, es difícil evaluar el estado general de conservación en toda la isla. Sin embargo, las conversaciones con trabajadores de campo de la Universidad de La Reunión indican que *C. mauritiana* puede ser considerado en estado *Vulnerable* de acuerdo con los parámetros de la UICN (T. Pailler, comunicación personal).

*Fuente: Adaptada de Dulloo et al. 1999*

### **Recuadro 8.11 Herramientas analíticas utilizadas para evaluar y monitorear el estado de los PSC en cada país**

Armenia: se utilizaron DIVA-GIS y otros programas SIG para construir y monitorear las Listas Rojas.

Bolivia: se usaron los programas DIVA-GIS, ArcView y ArcGIS para determinar los sitios de colecta de especies de 13 géneros en los diferentes departamentos de Bolivia, dentro y fuera de las áreas protegidas, y dentro y fuera de tierras comunitarias. Durante 2007 y 2008, se usaron los modelos de predicción Bioclim, Domain y Maxent para determinar la posible distribución de los PSC y Maxent para determinar el efecto del cambio climático en la distribución de las especies seleccionadas como prioritarias. También se ha usado GisWeb como una herramienta para visualizar mapas de diferentes tipos usando los servicios de *Google Maps*. Los mapas incluyen los ríos principales y secundarios y la presencia de los PSC incluidos en el portal nacional de PSC. La GisWeb tiene imágenes satelitales de mapas que se pueden ampliar para visualizar en mayor detalle (Bellot y Cortez 2010; Bellot y Justiniano 2010).

Madagascar: el análisis de datos se realizó usando Domain, FloraMap, ArcGIS y otros programas SIG. El Comité de Manejo de la Información (*Information Management Committee*, IMC) está evaluando el uso de DIVA-GIS para analizar los datos.

Sri Lanka: se usó DIVA-GIS para determinar la distribución actual y FloraMap para proyectar la posible distribución en el futuro.

Uzbekistán: se usaron DIVA-GIS y MapSource para generar mapas de distribución de las especies.

## **Resultados de cada país**

### **Armenia**

#### **Estudio teórico**

El primer paso fue la compilación de información disponible sobre taxonomía, incidencia y distribución, características biológicas, estado de conservación y usos de las 104 especies de PSC objetivo. Esto se hizo revisando la literatura y examinando los datos de pasaporte de los herbarios del Instituto de Botánica de la Academia Nacional de Ciencias, del Laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Universidad Agraria Estatal de Armenia

(*Plant Genetic Resource Laboratory of Armenian State Agrarian University*) y del Departamento de Botánica de la Universidad Estatal de Ereván (*Department of Botany of Yerevan State University*), así como los registros de las colecciones (*ex situ*) de los bancos de semillas de la Universidad Agraria Estatal de Armenia. La literatura consultada incluyó: Takhtajan, Flora de Armenia; Grossheim, Flora del Cáucaso (*Flora of the Caucasus*); Libro Rojo de especies de plantas amenazadas de Armenia; Gabrielian y Zohary (2004), Parientes silvestres de cultivos alimenticios nativos de Armenia y Najicheván (*Wild relatives of food crops native to Armenia and Nakhichevan*); Czerepanov, Plantas vasculares de Rusia y estados vecinos (*Vascular Plants of Russia and Adjacent States*); las bases de datos de GRIN en el USDA; y otros recursos relevantes. Cuando fue necesario, se buscó la asesoría de expertos.

### **Trabajo de campo**

Se realizaron muchas tomas de datos de campo en las regiones administrativas (*marzes*) de Armenia y en la ciudad de Ereván (Cuadro 8.3) durante dos años consecutivos (2006 y 2007), desde fines de la primavera hasta el otoño. Donde fue posible, se hicieron tomas de datos en campo, durante las etapas de floración y formación de frutos, cuando se facilita la identificación de la especie. Se hicieron pequeños ajustes para determinadas especies y altitudes en diferentes regiones. Por ejemplo, se visitaron los sitios ubicados en altitudes relativamente altas (1500 a 2000 msnm) hacia finales de la estación (de julio a agosto) mientras que las áreas de tierras bajas se visitaron antes.

El equipo que realizó las tomas de datos en campo incluyó expertos, entre ellos taxónomos, del Instituto de Botánica, de la Universidad Estatal Agraria de Armenia y del equipo local de PSC. Aunque el Proyecto CPS organizó (y financió) la mayoría de las tomas de datos de campo, otros proyectos del Instituto de Botánica y de la Universidad Estatal Agraria de Armenia auspiciaron algunas salidas al campo (Cuadro 8.3).

Los datos colectados en campo incluyeron:

- latitud, longitud y altitud; datos colectados usando el sistema de posicionamiento global (GPS, de su nombre en inglés)
- descripción de la localidad, incluyendo unidades administrativas y asentamientos más cercanos
- características del suelo
- estado de conservación del área
- densidad promedio (cantidad de plantas por unidad de área)
- área aproximada copada por cada subpoblación, comunidad de plantas
- fenología de las poblaciones (tiempo a la formación de hojas después del invierno y a la floración, etc.)
- amenazas actuales y potenciales a las poblaciones.

**Cuadro 8.3** Consultas de datos ecogeográficos realizadas en Armenia y regiones administrativas (marzes) visitadas

<b>Fecha</b>	<b>Regiones administrativas (marzes)</b>	<b>Organizada por</b>	<b>Expedición</b>
01.06.2006	Marz de Ararat	PSC-Armenia y Universidad Estatal Agraria de Armenia	Omargo_1_2006
03.06.2006	Ciudad de Ereván y marz de Kotayk	PSC-Armenia	Erebuni_1_2006
12.06.2006	Marzes de Shirak y Aragatsotn	PSC-Armenia	Talin_1_2006
20.06.2006	Marz de Kotayk	PSC-Armenia	Abovian_1_2006
06.07.2006	Ciudad de Ereván y marzes de Kotayk, Ararat, Aragatsotn y Tavush	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_6_2006
15.07.2006	Marzes de Ararat, Vayots' Dzor y Gegharkunik	PSC-Armenia	Eghegnadzor_1_2006
02.08.2006	Marzes de Vayots'Dzor, Kotayk, Lori y Tavush	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_5_2006
03.08.2006	Marz de Ararat	PSC-Armenia	Khosrov_1_2006
10.08.2006	Marz de Syunik	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_4_2006
17.08.2006	Marzes de Tavush, Lori y Aragatsotn	PSC-Armenia	Dilijan_1_2006
20.08.2006	Marz de Ararat	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_3_2006
27.08.2006	Marz de Aragatsotn	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_2_2006
29.09.2006	Marzes de Aragatsotn y Kotayk	PSC-Armenia	AknaLich_1_2006
08.10.2006	Marz de Syunik	PSC-Armenia	ShikahoghZ_1_2006
01.06.2007	Marzes de Aragatsotn y Kotayk	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O3_Ivan_2007
10.06.2007	Marzes de Vayots'Dzor y Syunik	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O2_Ivan_2007
16.06.2007	Marzes de Aragatsotn, Shirak y Lori	PSC-Armenia	Stepanavan_1_2007
04.07.2007	Marz de Kotayk	PSC-Armenia	Erebuni_2_2007

Fecha	Regiones administrativas (marzes)	Organizada por	Expedición
14.07.2007	Marzes de Ararat, Vayots' Dzor y Syunik	PSC-Armenia	Syunik_1_2007
21.07.2007	Marzes de Kotayk, Syunik, Vayots' Dzor y Lori	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O_7_2007
24.07.2007	Ciudad de Ereván y marz de Kotayk	PSC-Armenia	Erebuni_1_2007
28.07.2007	Marz de Gegharkunik	PSC-Armenia	Sevan_1_2007
29.07.2007	Marz de Tavush	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O1_Ivan_2007
28.08.2007	Ciudad de Ereván y marz de Kotayk	PSC-Armenia	Garni_1_2007
30.08.2007	Marz de Aragatsotn	PSC-Armenia	Bjurakan_1_2007
07.09.2007	Marz de Syunik	PSC-Armenia e Instituto de Botánica	O4_Ivan_2007
23.09.2007	Marzes de Tavush y Gegharkunik	PSC-Armenia	Shamshadin_1_2007

Los datos se colectaron mediante cuestionarios desarrollados con ese fin y luego se ingresaron en una base de datos. Si las especies no se podían identificar adecuadamente, se llevaba un espécimen para identificación en el herbario. En lo posible y como medida complementaria, se colectaron semillas (colectadas como cabezas) para la conservación *ex situ* en el banco de germoplasma de la Universidad Estatal Agraria de Armenia. La colecta se hizo de manera que capturara la máxima diversidad genética de la población sin poner en peligro la población natural, siguiendo las directrices de la UICN sobre el manejo de poblaciones *ex situ* (IUCN 2002). La información colectada se ingresó en una base de datos utilizando el programa Microsoft Access.

### Resumen de los resultados de la investigación teórica

La lista original de 104 especies se redujo a 99: dos especies (*Aegilops umbellulata* y *Cicer minutum*) se excluyeron de la lista pues no había certeza de que estuvieran presentes en Armenia. También se excluyeron la especie *Crysopsis sebastianii* puesto que es un sinónimo de *Trifolium sebastianii*, que ya estaba incluida en el Proyecto, y la especie *Vitis vinifera* puesto que otra agencia internacional ya estaba financiando un proyecto grande sobre ella. La información colectada se usó para desarrollar una distribución preliminar de las especies, así como para planificar el cronograma de trabajo y las rutas para los estudios de campo.

### Resumen de los resultados de las tomas de datos en campo

Los estudios abarcaron casi todo el territorio de Armenia y casi todas las regiones administrativas, exceptuando el *marz* de Armavir. Se estudiaron en el campo 571 poblaciones que representaban 79 especies, y se registraron los detalles. Las 20 especies restantes no se encontraron en el campo por diferentes razones: se supone que la especie *Aegilops crassa* está *Extinta en Estado Silvestre*; las otras son raras y no se encontraron en el campo bien sea por limitaciones de tiempo o porque los datos de pasaporte no eran lo suficientemente detallados y por tanto no se planearon salidas al campo para cubrir las áreas de incidencia de la especie.

Durante las visitas al campo se encontró que las principales amenazas a las poblaciones incluyen el pastoreo incontrolado y la cosecha de heno, el urbanismo, especialmente de las poblaciones que se extienden hacia la ciudad de Ereván; la privatización de la tierra acompañada por la construcción de edificios; las actividades agrícolas; la construcción de carreteras; la minería en el sur de Armenia; el cambio climático, especialmente el aumento de la aridez; y la cosecha en áreas silvestres de verduras de hoja, y de frutas y bayas silvestres. Los resultados de algunas especies se presentan en los Cuadros 8.4 a 8.7.

**Cuadro 8.4** *Triticum araraticum*

	<b>Reserva Estatal de Erebuni (datos de monitoreo)</b>	<b>Armenia (datos tomados en campo)</b>
Tamaño de la población	1,832,000	65,900,000
Área ocupada	20,9 ha	3,200 ha
Amenazas	pastoreo ilegal, depósito de productos químicos	expansión agrícola, uso de la tierra
Tendencia general	estable	disminución

**Cuadro 8.5** *Triticum boeoticum*

	<b>Reserva Estatal de Erebuni (datos de monitoreo)</b>	<b>Armenia (datos tomados en campo)</b>
Tamaño de la población	42,354,000	6,853,000,000
Área ocupada	52,3 ha	14,400 ha
Amenazas	pastoreo ilegal, depósito de productos químicos	expansión agrícola, uso de la tierra
Tendencia general	estable	disminución

**Cuadro 8.6** *Triticum urartu*

	<b>Reserva Estatal de Erebuni (datos de monitoreo)</b>	<b>Armenia (datos tomados en campo)</b>
Tamaño de la población	837,000	837,000
Área ocupada	5,2 ha	5,2 ha
Amenazas	pastoreo ilegal, depósito de productos químicos	pastoreo ilegal, depósito de productos químicos
Tendencia general	disminución	disminución

**Cuadro 8.7** *Aegilops tauschii*

	<b>Reserva Estatal de Erebuni (datos de monitoreo)</b>	<b>Armenia (datos tomados en campo)</b>
Tamaño de la población	3,400,000	5,647,000,000
Área ocupada	15 ha	62,400 ha
Amenazas	pastoreo ilegal, depósito de productos químicos	expansión agrícola, uso de la tierra
Tendencia general	estable	disminución

## **Bolivia**

### **Tipos de datos registrados**

Desde el inicio de 2006 hasta mediados de 2009, investigadores de las instituciones colaboradoras emprendieron evaluaciones de campo y colectaron datos ecogeográficos, habiendo primero identificado en mapas las posibles áreas de distribución. La información se colectó usando hojas de campo preparadas por cada institución colaboradora, teniendo en cuenta los campos o descriptores de la base de datos del Sistema Nacional de Información de Parientes Silvestres de Cultivos (SNIPSC), que están organizados en siete grupos (taxón, sitio, contacto, recurso, accesiones, espécimen y población). Esta información se incluye en la base de datos del SNIPSC, disponible para el público a través de los Portales Nacional ([www.cwrbolivia.gob.bo](http://www.cwrbolivia.gob.bo)) e Internacional ([www.cropwildrelatives.org](http://www.cropwildrelatives.org)).

Entre 2006 y 2009, investigadores de las instituciones socias sistematizaron la información teórica y los datos de campo colectados para 201 especies de 14 géneros: *Anacardium*, *Ananas* y *Pseudoananas*, *Annona*, *Arachis*, *Bactris*, *Capsicum*, *Chenopodium*, *Cyphomandra*, *Euterpe*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Phaseolus*, *Rubus*, *Solanum*, *Theobroma* y un segregado de *Vasconcellea* (*Carica*). El Cuadro 8.8 presenta los datos registrados para las especies de los 14 géneros organizados en los siete grupos de los descriptores o campos del SNIPSC.

**Cuadro 8.8** Tipos de datos registrados en Bolivia para cada género, a partir de la revisión teórica y las evaluaciones de campo realizadas durante el período 2006 a 2009

Tipo de datos		Géneros y especies para los cuales se registraron datos															
		Anacardium	Ananas y Pseudoananas	Annona	Arachis	Bactris	Capsicum	Chenopodium	Gyphomandra	Euterpe	Ipomoea	Manihot	Phaseolus	Rubus	Solanum	Theobroma	Vasconcellea
<b>1. Taxón</b>																	
1.1	Taxonomía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.2	Nombre vulgar	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.3	Datos biológicos	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.4	Usos	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.5	Acciones de conservación			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.6	Legislación relacionada con el taxón																
1.7	Categoría de amenaza (Lista Roja)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.8	Distribución	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>2. Sitio</b>																	
2.1	Unidad administrativa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.2	Localidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.3	Clima				✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.4	Habitat	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.5	Relieve y Topografía							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.6	Suelo							✓							✓		
2.7	Estatus administrativo																
2.8	Uso de la tierra							✓							✓		
<b>3. Contacto</b>																	
3.1	Categoría, institución, persona, dirección, comentarios	✓					✓								✓		✓



**Cuadro 8.8** Tipos de datos registrados en Bolivia para cada género, a partir de la revisión teórica y las evaluaciones de campo realizadas durante el período 2006 a 2009

		<b>Géneros y especies para los cuales se registraron datos</b>																
		Anacardium	Ananas y Pseudoananas	Annona	Arachis	Bactris	Capsicum	Chenopodium	Cyphomandra	Euterpe	Ipomoea	Manihot	Phaseolus	Rubus	Solanum	Theobroma	Vasconcellea	
6.7	Donación (Número del espécimen, Entidad, Fecha de donación, Acuerdo de donación, Acuerdo para la transferencia de materiales, Comentarios)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.8	Biología	✓																
6.9	Acción (Fechas, Actores, Colección, Identificación de la colección)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.10	Muestra (Identificación en almacenamiento, Vale, Distribución)																	
<b>7. Población</b>																		
7.1	Identificación	✓																
7.2	Fecha	✓																
7.3	Actor	✓																
7.4	Metodología	✓																
7.5	Caracterización (Abundancia, densidad del cubrimiento, amenazas)	✓		✓										✓				

Los datos de población de los taxones de PSC prioritarios se presentan en los siguientes cuadros (Cuadro 8.9 y Cuadro 8.10):

**Cuadro 8.9** Número de poblaciones de 14 especies silvestres del género *Arachis*, estudiadas en trabajos de tesis, por zona biogeográfica de Bolivia (2007 a 2009), con evaluaciones de campo e información teórica, y dentro del marco de trabajo del Proyecto CPS

Género	Provincia biogeográfica	Especies	Poblaciones registradas	Poblaciones estudiadas	Porcentaje de poblaciones estudiadas
<i>Arachis</i>	Chaco boreal – sector oriental	<i>Arachis batizocoi</i>	23	5	13.0
		<i>Arachis duranensis</i>	51	5	7.8
		<i>Arachis cardenasii</i>	51	20	39.2
		<i>Arachis cruziana*</i>	18	10	55.5
		<i>Arachis chiquitana*</i>	4	2	50.0
		<i>Arachis glandulifera</i>	45	11	24.4
	Cerrado –sector Chiquitano	<i>Arachis herzogii*</i>	16	11	68.8
		<i>Arachis kempff-mercadoi*</i>	45	5	11.1
		<i>Arachis krapovickasii*</i>	6	2	33.3
		<i>Arachis magna</i>	26	8	30.7
		<i>Arachis sp*</i>	5	5	100.0
	Beni – sector Llanos de Moxos	<i>Arachis benensis*</i>	5	2	40.0
		<i>Arachis trinitensis*</i>	4	3	75.0
		<i>Arachis willamsii*</i>	7	4	57.0
Total			306	90	29%

\* La especie es endémica

Fuente: Ramos Canaviri 2009

**Cuadro 8.10** Número de sitios visitados por año para las consultas de datos ecogeográficos

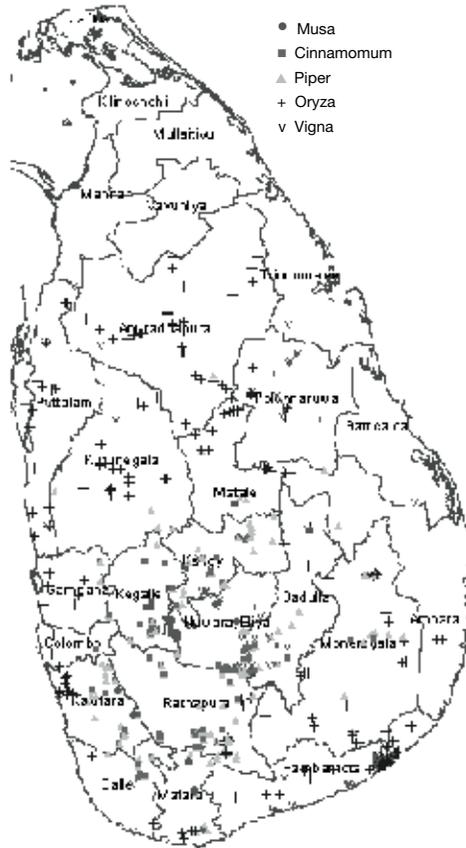
Género	Número de sitios visitados cada año				Número total de sitios
	2006	2007	2008	2009	2006-2009
<i>Anacardium</i>	0	2	0	0	2
<i>Ananas-Pseudoananas</i>	5	5	2	0	12
<i>Annona</i>	32	53	30	0	115
<i>Arachis</i>	0	108	0	0	108
<i>Bactris</i>	0	0	0	0	0
<i>Cyphomandra</i>	0	12	1	0	13
<i>Chenopodium</i>	0	0	12	0	12
<i>Euterpe</i>	1	0	0	0	1
<i>Ipomoea</i>	10	27	31	0	68
<i>Manihot</i>	13	46	36	0	95
<i>Phaseolus</i>	0	0	22	0	22
<i>Theobroma</i>	20	16	21	0	57
<i>Rubus</i>	0	58	9	0	67
<i>Solanum</i>	6	20	9	5	40
<i>Vasconcellea</i>	0	26	11	0	37
Número total de sitios	87	373	184	5	
Número total de sitios en el período 2006-2009					649

Fuente: VMABCCGDF–Bioversity International 2010. Informes Técnicos de Fase 2006–2008 de las instituciones socias del Proyecto CPS e Inventario de Especímenes colectados por las instituciones socias del Proyecto CPS en el período 2006–2009.

## Sri Lanka

Se realizaron consultas de datos ecogeográficos en todo el país, excepto en la provincia del norte. Para los PSC prioritarios identificados a partir de los datos tomados en campo, de los datos de pasaporte, de especímenes de herbario y de búsquedas en la literatura, se asignaron 1121 sitios GPS, que se presentan separados por género en el mapa de la Figura 8.3.

**Figura 8.3** Mapa de los sitios de la consulta de datos ecogeográficos para los PSC prioritarios de Sri Lanka



**Cuadro 8.11** Resumen de sitios GPS para Sri Lanka

Género	Tomas de datos en campo	DP+EH+Lit.*	Total
<i>Oryza</i>	111	180	291
<i>Musa</i>	30	3	33
<i>Vigna</i>	129	56	185
<i>Piper</i>	241	100	341
<i>Cinnamomum</i>	182	89	271
Totales	693	428	1121

\*DP = datos de pasaporte, EH = datos de etiquetas de especímenes de herbario, Lit = información de la literatura científica

Utilizando los programas FloraMap, Garmin MapSource y DIVA-GIS, se ingresaron las coordenadas geográficas de ensamblaje para preparar mapas de distribución y de predicción, identificar las demás áreas que había que estudiar e identificar vacíos en las consultas de datos.

Durante el período del Proyecto se realizaron dos tipos de consultas: una revisión de literatura para coleccionar información básica sobre los PSC, y una consulta en campo para determinar la situación actual de sitios de distribución de los PSC conocidos en el pasado y encontrar nuevos sitios. La consulta en campo se realizó en diferentes partes de la isla, como se indica en el Cuadro 8.11 y en la Figura 8.3. Utilizando la información disponible y colectada sobre los PSC prioritarios de todas las posibles especies se prepararon descriptores ecogeográficos.

Las consultas de datos ecogeográficos para las especies silvestres prioritarias de Sri Lanka se realizaron en áreas seleccionadas del país, desde agosto de 2005 hasta diciembre de 2007. Datos taxonómicos y del hábitat se registraron en un formato para registro de información de campo y se prepararon especímenes de herbario. Los hábitats y las características específicas de las plantas se documentaron con fotografías. Los sitios donde se encontraban las especies silvestres se marcaron con el GPS con Map Datum-WGS 84. Puesto que la mayoría de los especímenes del herbario carecían de coordenadas geográficas, se examinaron manualmente y se les asignaron coordenadas geográficas aproximadas utilizando un libro de coordenadas que se encontró en internet. Para la preparación de los datos de cada especie, se computarizaron las coordenadas geográficas obtenidas a través de la toma de datos en campo, los datos de pasaporte y los especímenes de herbario utilizando los programas Garmin MapSource y DIVA-GIS. La distribución de las especies silvestres presentes en Sri Lanka se ilustra en el mapa. Los datos GPS se analizaron mediante el modelaje de distribución de FloraMap y el modelaje Bioclim de DIVA-GIS para ubicar en el mapa las posibles áreas de distribución de las especies silvestres. A cada especie se asignó una categoría de la Lista Roja (estado de conservación) con base en los datos de la consulta ecogeográfica.

## **Uzbekistán**

### **Resumen de resultados de la investigación teórica**

Se realizaron consultas de datos ecogeográficos para seis especies prioritarias de PSC (ver Figuras 8.4 a 8.9):

- *Malus* – manzana
- *Amygdalus* – almendra
- *Juglans* – nuez de Castilla
- *Pistachia* – pistacho
- *Allium* – cebolla
- *Hordeum* – cebada.

Las tomas de datos en campo fueron realizadas por las siguientes entidades: Centro Científico de Producción 'Botánica' (*Scientific Plant Production Centre, SPC*); Instituto R. Shreder de Ciencia e Investigación en Horticultura, Viticultura y Enología de Uzbekistán (*R. Shreder Scientific Research Institute of Gardening, Viticulture and Winemaking*); Instituto de Investigación de la Industria Botánica de Uzbekistán (*Uzbek Scientific Research Institute of Plant Industry, UZRPI*) y Centro Científico Republicano de Producción de Jardinería Ornamental y Silvicultura (*Republican Scientific Production Centre of Decorative Gardening and Forestry*).

Las consultas se realizaron durante cuatro años, en diferentes etapas del desarrollo de la vegetación, para poder incluir las áreas actuales de distribución. Desde el principio se utilizó una sola metodología desarrollada por los expertos del Proyecto. Antes de las consultas en campo se hizo una revisión de literatura y de materiales de herbario.

Las tomas de datos en campo se realizaron estableciendo parcelas piloto en diversas poblaciones de las especies prioritarias. Durante las consultas, se estudió la siguiente información:

- composición de las comunidades vegetales en las que ocurren las poblaciones de los PSC
- estado de conservación de las poblaciones
- amenazas a las poblaciones
- hábito de crecimiento de las especies prioritarias
- condiciones físicas y geográficas del área donde se establecieron las parcelas piloto
- longitud, latitud
- nombre local de las plantas
- datos biométricos
- condiciones del suelo
- grado de erosión del suelo.

El estado actual y el grado de distribución se definieron analizando 30 conjuntos de datos. Toda la información se incluyó en una base de datos (en ruso y en inglés) que se está acondicionando para que se pueda consultar en línea. Las principales amenazas para las especies que se identificaron en la consulta incluyen el pastoreo del ganado, la colecta no regulada de frutos y el uso de los árboles para leña.

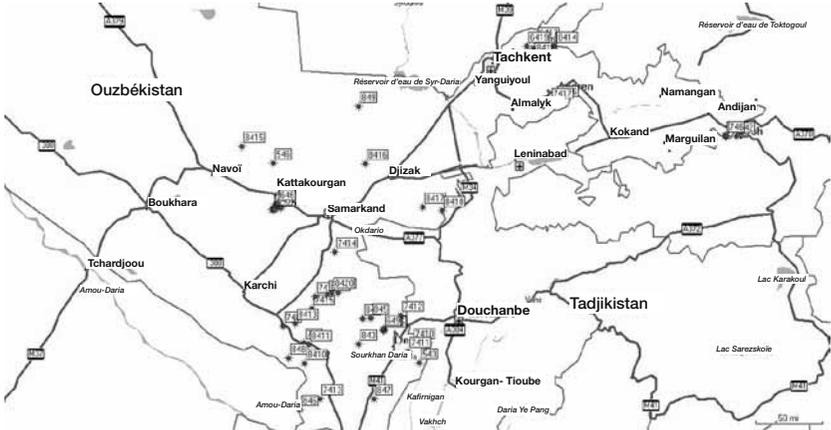


Figura 8.4 Distribución de pistacho silvestre en Uzbekistán

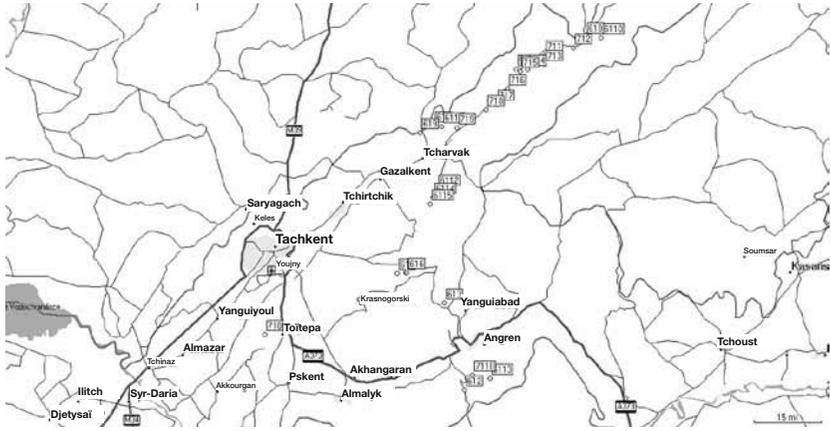


Figura 8.5 Distribución de cebolla silvestre en Uzbekistán

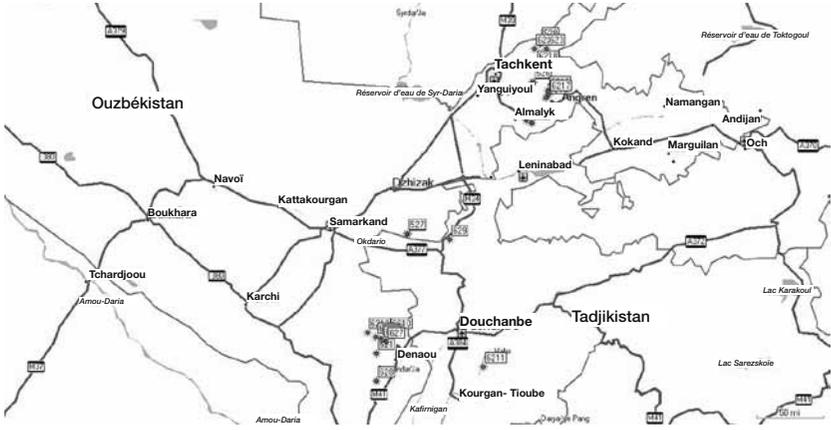


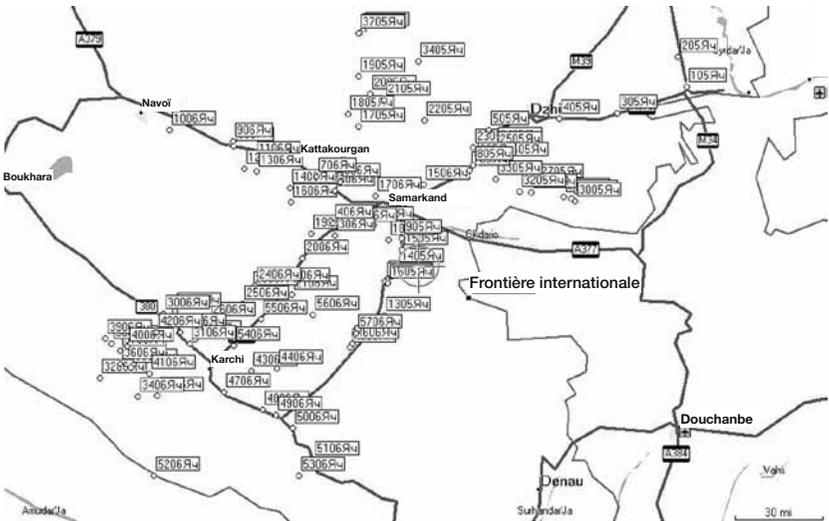
Figura 8.6 Distribución de almendra silvestre en Uzbekistán



**Figura 8.7** Distribución de nuez de Castilla silvestre en Uzbekistán



**Figura 8.8** Distribución de manzana silvestre en Uzbekistán



**Figura 8.9** Distribución de cebada silvestre en Uzbekistán

## Dificultades técnicas experimentadas

En Armenia hubo que manejar con mucha precaución la información sobre distribución sacada del pasaporte de los especímenes de herbario. Algunos registros eran muy viejos y contenían información desactualizada, especialmente en lo referente a nombres antiguos de asentamientos y subunidades administrativas. Sólo algunos descriptores de ubicación incluían coordenadas. Todo esto dificultó el proceso de elaboración de los mapas con los posibles sitios de distribución. Utilizando los datos de pasaporte y su propio juicio, un experto en botánica tuvo que ubicar primero en el mapa los puntos sobre los posibles sitios de colecta; luego, un experto en SIG georreferenció los mapas.

En Bolivia se presentaron las siguientes dificultades técnicas:

- Aunque la Unidad de Coordinación Internacional del Proyecto, con oficinas en Bioversity International, había proporcionado documentos con metodologías para realizar las consultas de datos ecogeográficos, no hubo entendimiento entre los cinco países del Proyecto en cuanto al significado y alcance de una 'Consulta Geográfica'.
- Puesto que los cinco países y Bioversity no llegaron a un acuerdo desde una etapa temprana con respecto a los descriptores (campos) del Sistema de Información de Recursos Genéticos de Parientes Silvestres de los Cultivos (CWR-GRIS, de su nombre en inglés), desarrollado por Bioversity para los sistemas nacionales de información de los países participantes en el Proyecto CPS, la información de campo se colectó inicialmente utilizando hojas de datos para consultas que no estaban estandarizadas con los descriptores generados por las instituciones nacionales bolivianas colaboradoras. Los herbarios enfatizaron la importancia de coleccionar especímenes y los bancos de germoplasma enfatizaron la importancia de coleccionar datos de las accesiones.
- Como no se definió claramente la relación entre los componentes 2 y 3 (sistema de información y acciones de conservación *in situ*) del Proyecto CPS, no fue posible vincular los datos requeridos para la base de datos del SNIPSC con los datos requeridos para la conservación y el monitoreo.
- Tampoco fue posible coleccionar todos los datos requeridos ni hacer las evaluaciones de campo necesarias debido a los diferentes ciclos de vida de las especies, las distancias y los costos de transporte. Por ejemplo, para coleccionar la información de las poblaciones, se necesitaron más salidas de campo y recursos económicos, por lo cual se usaron sólo los datos de dos especies priorizadas. Estos datos se coleccionaron mediante trabajos de tesis financiados por el Proyecto.

En Sri Lanka, se presentaron los siguientes problemas técnicos en el proceso de hacer las consultas de datos ecogeográficos de los PSC:

**Estación** – Algunas especies de PSC son anuales y estacionales, por lo cual los equipos de colectores de datos tenían que visitar el campo en el momento apropiado para encontrar la especie. Los fondos no se recibieron a tiempo y esto también afectó el trabajo de campo. Algunas poblaciones de *O. rufipogon*, por ejemplo, se pueden encontrar más fácilmente en el campo entre diciembre y marzo. La carencia de fondos del Proyecto al inicio del año demoró las tomas de datos en los sitios de distribución de *O. rufipogon* hasta enero y febrero.

**Una o pocas plantas en una población** – Cuando el número de individuos en una población es limitada, no se pueden observar las variaciones que ocurren dentro de la población. Esto ocurrió con la mayoría de las especies de canela, donde se encontró un individuo o muy pocos individuos, hecho que puede generar problemas para determinar la tasa estimada de supervivencia futura de la especie en condiciones silvestres.

**Preparación de los especímenes de herbario** – Diferentes especies de PSC tienen diferentes tiempos de floración lo que implicaba hacer varias visitas al mismo sitio para obtener especímenes de herbario para su correcta identificación. Además, algunas plantas son muy altas y no tienen ramas bajas, lo cual dificulta la colecta de especímenes de herbario.

**Distribución en áreas específicas** – Para ahorrar tiempo y recursos, las consultas de datos ecogeográficos se realizaron simultáneamente para varias especies. El equipo de tomadores de datos se concentró en áreas o regiones donde se esperaba que hubiera la máxima cantidad de especies, pero como algunas estaban distribuidas en regiones o áreas muy específicas, en las visitas se encontraron unos pocos sitios por lo cual fue necesario hacer viajes adicionales a esos sitios.

**Inexistencia de información de consultas previas** – La información de consultas realizadas antes del proyecto no estaba bien documentada. Los mapas utilizados en el Proyecto provenían del Departamento de Meteorología de Sri Lanka, que usa un sistema de coordenadas diferente al del programa DIVA-GIS, que utiliza un sistema UGS84. Como no se contaba con los recursos humanos para convertir estos formatos y hacerlos compatibles, no quedó claro donde había vacíos en la consulta, lo que implica que para determinadas especies habrá que emprender consultas completas.

**Especímenes de herbario viejos e incorrectamente identificados** – Algunos especímenes de herbario habían sido mal identificados por sus autores por

lo que no se pudieron encontrar plantas en las visitas a las áreas donde supuestamente se habían colectado. Otro problema fue que el Herbario Nacional no tenía especímenes recién colectados de la mayoría de los PSC. Los especímenes de herbario viejos son difíciles de manejar, especialmente si partes de la inflorescencia están dañadas.

**Señal satelital débil** – Los PSC no siempre se encuentran en áreas abiertas. Fue difícil recibir señal satelital en las áreas de bosque cuando el dosel superior era denso. En estas condiciones, se tomaron las coordenadas GPS en la localidad más cercana que tuviera buena recepción de la señal satelital.

**Falta de concientización** – Las áreas protegidas de Sri Lanka son ricas en parientes silvestres de los cultivos alimenticios y en plantas alimenticias silvestres. Antes de emprender consultas intensivas de datos en estas áreas, las autoridades de las áreas protegidas deben entender la importancia de los PSC en las áreas protegidas.

**Identificación de amenazas** – En un período corto, es difícil identificar los factores que amenazan las poblaciones silvestres. Por tanto, se deben hacer varias visitas al mismo sitio para identificar las verdaderas amenazas a las poblaciones; el conocimiento local será importante para coleccionar información adicional.

**Preparación de mapas** – En los mapas digitales proporcionados por el departamento de consultas de Sri Lanka no se pudieron ubicar las coordenadas GPS. Utilizando los programas DIVA-GIS y FloraMap disponibles, se prepararon mapas de la distribución esperada, pero como estos paquetes de computación solamente tienen archivos de datos climáticos mundiales, los datos son muy generalizados y no específicos para los sitios donde se hicieron las consultas.

Los principales problemas encontrados en Uzbekistán fueron:

- la distribución extensa de las especies prioritarias –todas las áreas de distribución de manzanos y almendros no se pudieron visitar durante los cuatro años del proyecto
- las áreas de distribución de almendros y pistachos eran muy remotas
- la cantidad de consultas ecogeográficas realizadas no fue suficiente para hacer una descripción completa de la fenología de las poblaciones
- algunos territorios donde se planearon consultas están en regiones limítrofes con otros países y no se pudieron visitar.

## Otras fuentes de información

Bioversity International tiene en su sitio de internet una serie de módulos de enseñanza, que incluye uno sobre consultas de datos ecogeográficos:

[http://www.biodiversityinternational.org/training/training\\_materials/ecogeographic\\_surveys/ecogeographic\\_surveys\\_espanol.html](http://www.biodiversityinternational.org/training/training_materials/ecogeographic_surveys/ecogeographic_surveys_espanol.html)

Brown, A.H.D. y Briggs, J.D. (1991) 'Sampling strategies for genetic variation in *ex situ* collections of endangered plant species', in D.A. Falk y K.E. Holsinger (eds) *Genetics and Conservation of Rare Plants*, pp99–119, Oxford University Press, Nueva York

Dulloo, M.E., Maxted, N., Newbury, H., Florens, D. y Ford-Lloyd, B.V. (1999) 'Ecogeographic survey of the genus *Coffea* in the Mascarene Islands' *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol 131, pp263–284

Dulloo, M.E., Labokas, J., Iriondo, J.M., Maxted, N., Lane, A., Laguna, E., Jarvis, A. y Kell, S.P. (2008) 'Genetic reserve location and design', en J.M. Iriondo, N. Maxted y M.E. Dulloo (eds), *Conserving Plant Genetic Diversity in Protected Areas*, pp23–64, CAB International, Wallingford, Reino Unido

Maxted, N., van Slageren, M.W. y Rihan, J.R. (1995) 'Ecogeographic surveys', en L. Guarino, V. Ramanatha Rao and R. Reid (eds), *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines*, pp255–287, CAB International, Wallingford, Reino Unido

## Notas

1 Bennett (1997) emplea el término ecogeografía en este contexto y lo define como la colecta y síntesis de datos ecológicos, geográficos y taxonómicos.

2 Jarvis *et al.* (2005)

3 <http://gisweb.ciat.cgiar.org/GapAnalysis/>

## Referencias

Bamberg, J.B., del Rio, A.H., Huaman, Z., Vega, S., Martin, M., Salas, A., Pavek, J., Kiru, S., Fernández, C. y Spooner, D.M. (2003) 'A decade of collecting and research on wild potatoes of the southwest USA', *American Journal of Potato Research*, vol 80, pp159–172

Barnes, M.R. y Breen, G. (eds) (2009) *Genetic Variation*, Springer-Verlag, Nueva York, NY

Bellot, Y. y Cortez, M. (2010) *Manual de Mantenimiento*, Version 0.2 Sistema Nacional de de Información sobre Parientes Silvestres de Cultivos, SNIPSC – Unidad de Enlace, Fundación Amigos de la Naturaleza – Proyecto UNEP/GEF 'Conservación *in situ* de parientes silvestres de especies cultivadas a través del manejo de información y su aplicación en campo'

Bellot, Y. y Justiniano, R. (2010) *Manual de Usuario*, Version 0.2, Sistema Nacional de de Información sobre Parientes Silvestres de Cultivos, SNIPSC – Unidad de Enlace, Fundación Amigos de la Naturaleza – Proyecto UNEP/GEF 'Conservación *in situ* de parientes silvestres de especies cultivadas a través del manejo de información y su aplicación en campo'

- Bennett, S.J. (1997) 'Ecogeographic assessment of Mediterranean environments for targeting legume collections', *International Grasslands Organization*, <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/1997/1-01-023.pdf>
- Bennett, S.J. y Bullita, S. (2003) 'Ecogeographical analysis of the distribution of six *Trifolium* species in Sardinia', *Biodiversity and Conservation*, vol 12, pp1455–1466
- Bennett, S.J. y Maxted, N. (1997) 'An ecogeographic analysis of the *Vicia narbonensis* complex', *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol 44, pp411–428
- Bennett, S.J., Broughton, D.A. y Maxted, N. (2006) 'Ecogeographical analysis of the perennial *Medicago*', *CRC Salinity Bulletin*, vol 1, pp1–62
- Bioversity y The Christensen Fund (2009) *Descriptors for Farmers' Knowledge of Plants*, Bioversity International, Roma, Italia y The Christensen Fund, Palo Alto, California, EE.UU.
- Bisby, F.A. (1995) 'Chapter 2: Characterization of biodiversity', en V.H. Heywood (ed), *Global Biodiversity Assessment*, pp21–106, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido
- Brown, A.H.D. y Briggs, J.D. (1991) 'Sampling strategies for genetic variation in *ex situ* collections of endangered plant species', en D.A. Falk y K.E. Holsinger (eds) *Genetics and Conservation of Rare Plants*, pp99–119, Oxford University Press, Nueva York
- Cunningham, A.B. (2001) *Applied Ethnobotany: Wild Plant Use and Conservation*, Earthscan, Londres, Reino Unido
- Dulloo, M.E. (1998) 'Diversity and conservation of wild *Coffea* germplasm in the Mascarene Islands', tesis de PhD, University of Birmingham, Reino Unido
- Dulloo, M.E., Kell, S.P. y Jones, C.G. (1996) 'Impact and control of invasive alien species on small islands', *International Forestry Review*, vol 4, no 4, pp277–291
- Dulloo, M.E., Maxted, N., Newbury, H., Florens, D. y Ford-Lloyd, B.V. (1999) 'Ecogeographic survey of the genus *Coffea* in the Mascarene Islands', *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol, 131, pp263–284
- Dulloo, M.E., Labokas, J., Iriondo, J.M., Maxted, N., Lane, A., Laguna, E., Jarvis, A. y Kell, S.P. (2008) 'Genetic reserve location and design', en J.M. Iriondo, N. Maxted y M.E. Dulloo (eds), *Conserving Plant Genetic Diversity in Protected Area*, pp23–64, CAB International, Wallingford, Reino Unido
- Edmonds, J.M. (1990) *Herbarium Survey of African Corchorus L. Species*, Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene pools 4, IBPGR, Roma, Italia
- Ehrman, T. y Cocks, P.S. (1990) 'Ecogeography of annual legumes in Syria: Distribution patterns', *Journal of Applied Ecology*, vol 27, pp578–591
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, G., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S. y Zimmermann, N.E. (2006) 'Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data', *Ecography*, vol 29, pp129–151

- Evans, D. (2006) 'The habitats of the European Union Habitats Directive' *Proceedings of the Royal Irish Academy*, vol 106B, pp167–173
- FAO (1998) *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia
- Ferguson, M. y Robertson, L.D. (1996) 'Genetic diversity and taxonomic relationships within the genus *Lens* as revealed by allozyme polymorphism', *Euphytica*, vol 91, pp163–172
- Gabrielian, E. y Zohary, D. (2004) 'Wild relatives of food crops native to Armenia and Nakhichevan', *Flora Mediterranea*, vol 14, pp5–80
- Gentry, A.H. (1990) 'Herbarium taxonomy versus field knowledge', *Flora Malesiana Bulletin*, special vol 1, pp31–35
- Golding, J.S. y Smith, P.P. (2001) 'A 13-point flora strategy to meet conservation challenges', *Taxon*, vol 50, pp475–477
- Gole, T.W.G., Denich, M., Teketay, D. y Vlek, P.L.G. (2002) 'Human impacts on the *Coffea arabica* genepool in Ethiopia and the need for its *in-situ* conservation', *Capitulo 22*, en V. Ramanatha Rao, A.D.H. Brown, y M.T. Jakson (eds), *Managing Plant Genetic Diversity*, pp237-247, IPGRI, Roma, Italia
- Guarino, L., Jarvis, A., Hijmans, R.J. y Maxted, N. (2002) 'Geographic information systems (GIS) and the conservation and use of plant genetic resources', en J. Engels, V. Ramanatha Rao, A.H.D. Brown y M.T. Jackson (eds) *Managing Plant Genetic Diversity*, pp387–404, CAB International, Wallingford, Reino Unido
- Guarino, L., Maxted, N. y Chiwona, E.A. (2005) *Ecogeography of Crops*, IPGRI Technical Bulletin No. 9, International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia
- Hamilton, A. y Hamilton, P. (2006) *Plant Conservation: An Ecosystem Approach*, Earthscan, Londres, Reino Unido
- Hanski, I. (1999) *Metapopulation Ecology*, Oxford University Press, Oxford
- Hanski, I., Moilanen, A. y Gyllenberg, M. (1996) 'Minimum viable metapopulation size,' *American Naturalist*, vol 147, pp527–541
- Hawkes, J.G. (1987) 'A strategy for seed banking in botanic gardens', en D. Bramwell, O. Hamman, V. Heywood y H. Synge (eds) *Botanic Garden and the World Conservation Strategy*, pp131–149, Academic Press, Londres, Reino Unido
- Hawkes J.G., Maxted N. y Ford-Lloyd, B.V. (2000) *The Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos
- Heywood V.H. (1991) 'Developing a strategy for germplasm conservation in Botanic Gardens', en V.H. Heywood y P.S. Wyse Jackson (eds) *Tropical Botanic Gardens – Their Role in Conservation and Development*, pp11–23, Academic Press, Londres
- Heywood, V.H. (ed) (1995) *Global Biodiversity Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido
- Heywood, V. (2004) 'Meeting the demands for taxonomic information from users in conservation and genetic resources', *Phytologia Balcanica*, vol 93, pp425–434

- Heywood, V.H. y Dulloo, M.E. (2005) *In Situ Conservation of Wild Plant Species – A Critical Global Review of Good Practices*, IPGRI Technical Bulletin, no 11, FAO y IPGRI, IPGRI, Roma, Italia
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Cruz, M. y Rojas, E. (2001) 'Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data:1 DIVA-GIS', *Plant Genetic Resources Newsletter*, vol 127, pp15–19
- Hughes, C. (1998) *The Genus Leucaena: A Plant Genetic Resources Manual*, Tropical Forestry Papers 34, Oxford Forestry Institute, Oxford, Reino Unido
- IBPGR (1985) *Ecogeographical Surveying and In Situ Conservation of Crop Relatives*, International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Italia
- IUCN (2002) *IUCN Technical Guidelines on the Management of Ex-Situ Populations for Conservation*, como se aprobó aprobado en la 14ta Reunión de Comité del Programa, del Concejo de la IUCN, Suiza el 10 de diciembre de 2002, International Union for Conservation of Nature, [www.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/Rep-2002-017.pdf](http://www.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/Rep-2002-017.pdf)
- Jarvis, A., Williams, K., Williams, D., Guarino, L., Caballero, P.J. y Mottram, G. (2005) 'Use of GIS in optimizing a collecting mission for a rare wild pepper (*Capsicum flexuosum* Sendtn.) in Paraguay', *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol 52, no 6, pp671–682
- Kanashiro, M., Thompson, I.S., Yared, J.A.G., Loveless, M.D., Coventry, P., Martinsda-Silva, R.C.V., Degen, B. y Amaral, W. (2002) 'Improving conservation values of managed forests: The Dendrogene Project in the Brazilian Amazon', *Unasyuva*, vol 53, no 209, pp25–33
- Karp, A. (2002) 'The new genetic era: Will it help us in managing genetic diversity?', en J.M.M. Engels, V.R. Rao, A.H.D. Brown y M.T. Jackson (eds) *Managing Plant Genetic Diversity*, pp43–56, CAB Publishing, Wallingford, Reino Unido
- Kuleung, C., Baenziger, P.S., Kachman, S.D. y Dweikat, I. (2006) 'Evaluating the genetic diversity of Triticale with wheat and rye SSR markers', *Crop Science*, vol 46, pp1692–1700
- Lobo, J.M. (2008) 'More complex distribution models or more representative data?', *Biodiversity Informatics*, vol 5, pp14–19
- Lorence, D.H. (1978) 'The pteridophytes of Mauritius (Indian Ocean): Ecology and distribution', *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol 76, pp207–247
- Maxted, N. (1995) 'An herbarium based ecogeographic study of *Vicia* subgenus *Vicia*', Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 8, IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), Roma, Italia
- Maxted, N. y Kell, S. (1998) 'Ecogeographic techniques and *in situ* conservation: A case study for the legume genus *Vicia* in Turkey', en N. Zencirci, Z. Kaya, Y. Anikster y W.T. Adams (eds) *Proceedings of an International Symposium on In Situ Conservation of Plant Diversity 4–8 November, 1996*, pp323–344, Central Research Institute for Field Crops, Ankara, Turquía
- Maxted, N., van Slageren, M.W. y Rihan, J.R. (1995) 'Ecogeographic surveys', en L. Guarino, V. Ramanatha Rao y R. Reid (eds), *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines*, pp255–287, CAB International, Wallingford, Reino Unido

- Maxted, N., Dulloo, M.E. y Eastwood, A. (1999) 'A model for genetic reserve conservation: A case study for *Coffea* in the Mascarene Islands', *Botanica Lithuanica Supplementum*, vol 2, pp61–78
- Maxted, N., Mabuza-Diamini, P., Moss, H., Padulosi, S., Jarvis, A. y Guarino, L. (2004) *Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 11: An Ecogeographic Study African Vigna*. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Roma, Italia
- Morris, W.F. y Doak, D.F. (2002) *Quantitative Conservation Biology: Theory and Practice of Population Viability Analysis*, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, EE.UU.
- Nabhan, G.P. (1990) *Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 5: Wild Phaseolus Ecogeography in the Sierra Madre Occidentalis, Mexico: Areographic techniques for targeting and conserving species diversity*, International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Italia
- Parish, D.H. y Feillafe, S.M. (1965) *Notes on the 1:100,000 Soil Map of Mauritius*, Mauritius Sugar Industry Research Institute (MSIRI) Occasional Paper 22, Mauricio
- Pearce, T. y Bytebier, B. (2002) 'The role of a herbarium and its database in supporting plant conservation,' en M. Maunder, C. Clubbe, C. Hankamer y M. Groves (eds) *Plant Conservation in the Tropics: Perspectives and Practice*, pp49–67, Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido
- Peterson, A.T. (2001) 'Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modelling', *The Condor*, vol 103, no 3, pp599–605
- Ramos Canaviri, C.L. (2009) 'Estudio poblacional de especies silvestres del género *Arachis* (Maní) y estrategias para su conservación *in situ* en Bolivia', Tesis de Licenciatura, UMSS, Cochabamba, Bolivia
- Smith, S.D. y Peralta, I.E. (2002) 'Ecogeographic surveys as tools for analyzing potential reproductive isolating mechanisms: An example using *Solanum juglandifolium* Dunal, *S. ochranthum* Dunal, *S. lycopersicoides* Dunal, and *S. sitiens* I. M. Johnston', *Taxon*, vol 51, pp341–349
- Soulé, M.E. (1986) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, EE.UU.
- Theilade, I., Graudal, L. y Kjær, E. (2000) 'Conservation of the genetic resources of *Pinus merkusii* in Thailand', DFSC Technical Note 58, Danida Forest Seed Centre (DFSC), Humlebaek, Dinamarca
- Vaughan, R.E. y Wiehe, P.O. (1937) 'Studies on the vegetation of Mauritius I: A preliminary survey of the plant communities', *Journal of Ecology*, vol 25, pp289–243
- de Vicente M.C. y Fulton, T. (2004) *Using Molecular Marker Technology Effectively in Plant Diversity Studies, Vol 1: Learning Module*, CD-ROM, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Roma, Italia y Institute for Genomic Diversity, Cornell University, Ithaca, Nueva York, EE.UU.
- de Vicente, M.C., López, C. y Fulton, T. (2004) *Genetic Diversity Analysis with Molecular Marker Data, Vol 2: Learning Module*, CD-ROM, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Roma, Italia, Universidad Nacional Agraria 'La Molina', Perú e Institute for Genomic Diversity, Cornell University, Ithaca, Nueva York, EE.UU.

- Volk, G.M., Ruichards, C.M., Henk, A.D., Reilley, A.A., Reeves, P.A., Forsline, P.E. y Ardwinckle, H.S. (2009) 'Capturing the diversity of wild *Malus orientalis* from Georgia, Armenia, Russia, and Turkey', *Journal of the American Society for Horticulture Science*, vol 134, pp453–459
- Yanchuk, A.D. (1997) 'Conservation issues and priorities for the conifer genetic resources of British Columbia, Canada', *Forest Genetic Resources*, vol 25, pp2–9
- Zhang, C., Chen, X., He, R., Liu, X., Feng, R. y Yuan, Z. (2007) 'Genetic structure of *Malus sieversii* population from Xinjiang, China, revealed by SSR markers', *Journal of Genetics and Genomics*, vol 34, pp947–955.

