



Guía de Capacitación para la Conservación *in situ* en Fincas

Versión 1

D.I. Jarvis, L. Myer, H. Klemick, L. Guarino,
M. Smale, A.H.D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit y
T. Hodgkin



FUTURE
HARVEST

www.futureharvest.org
IPGRI is a Future Harvest Centre supported by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)

Guía de Capacitación para la Conservación *in situ* en Fincas

Versión 1

Desarrollada por:

D.I. Jarvis, L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A.H.D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit y T. Hodgkin

Con la colaboración de:

S. Achtar	K. Joshi	I. Thorman
A. Amri	O. Kabore	H.Q. Tin
L. Arias-Reyes	S. Khatiwada	P. Tiwari
Z. Asfaw	A. King	L.N. Trinh
G. Ayad	D. Lope-Alzina	R. Tripp
J. Bajracharya	M. Mahdi	M. Upadhyay
R. Balaghi	I. Mar	R. Valdivia-F.
D. Balma	F. Marquez-Sanchez	D. Williams
B. Baniya	P.N. Mathur	R. Zangre
M.O. Belem	H. Mellas	J.D. Zongo
A. Birouk	N.K. Motiramani	
A. Bouizgaren	C. Morales-Valderrama	
P. Bramel-Cox	A. Mudwari	
S. Brush	F. Nassif	
L. Burgos-May	J. Ndung'u-Skilton	
J. Canul-Ku	R. Ortega-Paczka	
F. Castillo-González	Y. Pandey	
S. Ceccarelli	C. Paudel	
P. Chaudhary	J.L. Pham	
J.L. Chávez-Servia	P. Quek	
V. Cob-Vicab	T. Quinones-Vega	
P.H. Cuong	K. R'hrib	
N.N. De	R. Rana	
A. Demessie	V. Ramanatha Rao	
B. Dossou	D. Rijal	
N. Dudnik	K. Riley	
T. Duch-Carvallo	J. Rodríguez	
E. Ellis	R. Salazar	
P. Eyzaguirre	E. Sauri-Duch	
D. Fanissi	M. Sawasogo	
M. Fernandez	R. Sevilla-Panizo	
E. Friis-Hansen	K.K. Sherchand	
D. Gauchan	A. Subedi	
N.P. Ha	M. Taghouti	
N.N. Hue	A. Tan	
M. Ibnou-Ali	A. Teshome	

El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) es un organismo internacional autónomo, de carácter científico, que busca contribuir al bienestar actual y futuro de la humanidad mejorando la conservación y el aprovechamiento de la agrobiodiversidad en fincas y bosques. Es uno de los 15 Centros del Future Harvest, auspiciados por el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAI), una asociación de miembros del sector público y privado, que apoyan la ciencia para reducir el hambre y la pobreza, mejorar la nutrición y la salud de la población, y proteger el medio ambiente. El IPGRI tiene su sede central en Maccaresse, cerca a Roma, Italia, y oficinas en más de 20 países. El Instituto opera mediante cuatro programas: Diversidad para Mejorar el Nivel de Vida de las Comunidades, Comprensión y Manejo de la Biodiversidad, Asociaciones Colaborativas de Carácter Mundial, y Mejoramiento del Nivel de Vida de los Sistemas Basados en Cultivos de Subsistencia.

El carácter de organismo internacional del IPGRI lo confiere la firma del Convenio de Creación del Instituto, el cual, a enero de 2006, había sido ratificado por los gobiernos de los siguientes países: Argelia, Australia, Bélgica, Benin, Bolivia, Brasil, Burkina Faso, Camerún, Chile, China, Congo, Costa Rica, Costa de Marfil, Chipre, Dinamarca, Ecuador, Egipto, Eslovaquia, Grecia, Guinea, Hungría, India, Indonesia, Irán, Israel, Italia, Jordania, Kenia, Malasia, Mali, Mauritania, Marruecos, Noruega, Pakistán, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, la República Checa, Rumania, Rusia, Senegal, Sudán, Suiza, Siria, Túnez, Turquía, Ucrania y Uganda.

Los programas de investigación del IPGRI reciben apoyo financiero de más de 150 donantes, que incluyen gobiernos, fundaciones privadas y organizaciones internacionales. Para información adicional sobre los donantes y las actividades de investigación del IPGRI, se sugiere consultar los Informes Anuales de la institución en la dirección de Internet www.ipgri.cgiar.org, o solicitándolo directamente a ipgri-publications@cgiar.org.

Las designaciones geográficas empleadas en esta publicación al igual que la presentación del material no expresan en modo alguno opinión del IPGRI o del GCIAI sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o región, ni acerca de sus autoridades o de la delimitación de sus fronteras. Asimismo, las opiniones expresadas son las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de estas organizaciones.

La mención de alguna marca registrada se suministra con fines informativos únicamente, no de apoyo al producto.

Cita:

Jarvis DI, L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A.H.D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit y T. Hodgkin. 2006. Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Versión 1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Roma, Italia.

Publicada originalmente en inglés como A Training Guide for *In Situ* Conservation On-farm. Version 1 by IPGRI, © IPGRI 2000.

ISBN-13: 978-92-9043-701-7

ISBN-10: 92-9043-701-4

IPGRI

Via dei Tre Denari 472/a

00057 Maccaresse, Roma, Italia

© Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, 2006

Contenido

Prefacio	viii
Objetivos de esta guía	viii
¿Quién debe usar esta guía?	viii
Organización de la guía	ix
Agradecimientos	x
Agradecimientos para la versión en español	x
Contribuyentes	xi
Bibliografía general	xxv
Capítulo 1 Introducción	17
1.0 Objetivos del capítulo	2
1.0 Objetivos del capítulo	2
1.1 Conservación <i>in situ</i> en fincas	2
1.2 ¿Por qué hacer conservación <i>in situ</i> en fincas?	2
1.3 Estrategias complementarias para la conservación	5
1.4 Investigar desde las bases científicas de la conservación en fincas	6
1.5 Terminología	7
1.6 Referencias	10
1.7 Lectura recomendada	11
Capítulo 2 Relación entre los factores sociales, culturales y económicos y la diversidad genética cultivada	13
2.0 Objetivos del capítulo	14
2.1 Contexto social y cultural	14
2.2 Función del análisis económico en la práctica de la conservación en fincas	20
2.3 Factores que influyen en la elección que hace el agricultor de una variedad	21
2.4 Valor de la diversidad cultivada local para los mercados y los agricultores	26
2.5 Manejo de la diversidad por el agricultor	32
2.6 Referencias	34
2.7 Lectura recomendada	35
Capítulo 3 Factores naturales del agroecosistema y factores derivados del manejo del agricultor que influyen en la diversidad genética	37
3.0 Objetivos del capítulo	38
3.1 Revisión de la influencia del agroecosistema en los recursos fitogenéticos	38
3.2 Manejo que da el agricultor al agroecosistema	47
3.3 Análisis de los factores del agroecosistema que afectan la diversidad cultivada	49
3.4 Referencias	53
3.5 Lectura recomendada	54
Capítulo 4 Los caracteres agromorfológicos y la selección y el mantenimiento que da el agricultor	57
4.0 Objetivos de este capítulo	58
4.1 Manejo de los criterios agromorfológicos por el agricultor	58
4.2 Nomenclatura que el agricultor da a las variedades	59
4.3 Características preferidas o valoradas por el agricultor	62

4.4	Caracteres agromorfológicos seleccionados por el agricultor para la siguiente siembra	64
4.5	Ponderación de caracteres	65
4.6	Medición de los datos agromorfológicos	66
4.7	Mediciones y evaluaciones en campo	66
4.8	Experimentos en laboratorio	74
4.9	Medición de la diversidad mediante datos agromorfológicos	75
4.10	Referencias	81
4.11	Lectura recomendada	82
Capítulo 5	Genética de las poblaciones cultivadas y sistemas de reproducción (o apareamiento)	83
5.0	Objetivos del capítulo	84
5.1	¿Qué es la genética de poblaciones vegetales?	84
5.2	Estructura de una población	85
5.3	Estructura genética de la población	87
5.4	Factores clave que influyen en la diversidad	87
5.5	Biología reproductiva	89
5.6	Flujo genético de parientes silvestres o de malezas y otras variedades	92
5.7	Manejo que da el agricultor a la estructura de la población	94
5.8	Medición de la estructura genética de una población	96
5.9	La dimensión tiempo	107
5.10	Mantener poblaciones suficientemente grandes para la conservación efectiva de las variedades	107
5.11	Referencias	108
5.12	Lectura recomendada	109
Capítulo 6	Los sistemas de semillas	111
6.0	Objetivos de esta sección	112
6.1	Flujo de semillas	112
6.2	Componentes clave de un sistema de semillas	113
6.3	Los sistemas de semillas y la diversidad	117
6.4	Medidas que vinculan a los sistemas de semillas con otros factores	119
6.5	El sistema de semillas y el tamaño efectivo de una población	121
6.6	El sistema de suministro de semillas y las iniciativas políticas	121
6.7	Referencias	122
6.8	Lectura recomendada	124
Capítulo 7	Desarrollo de una iniciativa de conservación en fincas	125
7.0	Objetivos del capítulo	126
7.1	Marco de referencia institucional para implementar la conservación en fincas	126
7.2	¿Quién está involucrado?	126
7.3	Enlaces institucionales	128
7.4	Establecer el marco colaborativo de trabajo del proyecto	129
7.5	Fortalecimiento del esquema nacional de conservación en fincas mediante la capacitación y la equidad	132
7.6	Referencias	135

7.7	Lectura recomendada	135
Capítulo 8	Iniciación del trabajo: preparación, selección del sitio y enfoques participativos	137
8.0	Objetivos del capítulo	138
8.1	Identificación de cultivos objetivo	138
8.2	Revisión de información existente	139
8.3	Definición de criterios para seleccionar el sitio	139
8.4	Encuesta de diagnóstico	140
8.5	Elección del sitio	140
8.6	Sensibilización de la comunidad	141
8.7	Enfoque de acción participativa	142
8.8	Técnicas participativas	144
8.9	Referencias	150
8.10	Lectura recomendada	151
Capítulo 9	Muestreo, estructura, documentación y presentación de la información para los planes de acción	153
9.0	Objetivos del capítulo	154
9.1	Obtención de una muestra representativa	154
9.2	Recolección y estructuración de la información para apoyar la conservación <i>in situ</i> en fincas	157
9.3	Documentación de la conservación <i>in situ</i> en fincas	165
9.4	Devolución de la información a la comunidad	167
9.5	Utilización de la información en planes de acción dirigidos a la conservación en fincas	168
9.6	Referencias	169
9.7	Lectura recomendada	169
Capítulo 10	Incrementando los beneficios de la diversidad local cultivada para los agricultores	169
10.0	Objetivos del capítulo	170
10.0	Objetivos del capítulo	170
10.1	Aumentar en pro de los agricultores la competitividad de la diversidad genética cultivada	170
10.2	Mejorar el material	170
10.3	Mejorar el acceso de los agricultores al material genético	174
10.4	Incrementar la demanda del consumidor	178
10.5	Papel de la política	181
10.6	Decidir sobre una iniciativa apropiada	182
10.7	Evaluar las opciones para aumentar beneficios	183
10.8	Referencias	185
10.9	Lectura recomendada	186
Lista de acrónimos		189

Prefacio

Objetivos de esta guía

Esta guía se dirige a los programas nacionales interesados en la conservación *in situ* de la biodiversidad agrícola mantenida en las fincas de los agricultores. Fue escrita para proporcionar a diversos actores, entre ellos los Ministros de Agricultura y del Medio Ambiente, las universidades, las instituciones de investigación y extensión, las organizaciones no gubernamentales (ONG), y las organizaciones de base, una amplia visión de los factores que intervienen en el diseño y en la realización de programas de apoyo a la conservación *in situ* de la diversidad genética cultivada en las fincas.

La conservación *in situ* en fincas es un tópico diverso y complejo; por tanto, ninguna guía de capacitación podría cubrir cada detalle de las disciplinas relacionadas con esa labor. Esta guía fue diseñada para proporcionar a los programas nacionales las habilidades técnicas fundamentales y las herramientas que les permitan desarrollar tanto la capacidad institucional y las asociaciones para implementar un programa de conservación en fincas. La discusión cubre la información necesaria y las etapas prácticas que requiere la implementación de la conservación en fincas, así como la importancia de esta iniciativa. El lector, equipado con la información básica de esta guía, será capaz de encontrar datos más precisos sobre tópicos especializados, y también de acceder a ellos.

¿Quién debe usar esta guía?

Las personas o entidades que trabajan para lograr los siguientes objetivos:

- Extender la misión de un programa nacional de conservación de recursos fitogenéticos más allá de su labor *ex situ*
- Vincular a los agricultores con los trabajos nacionales de conservación y de fitomejoramiento
- Diseñar programas de conservación de agroecosistemas
- Mejorar el nivel de vida de los pequeños agricultores invitándolos a usar los recursos cultivados en sus localidades
- Identificar los centros nacionales de mayor diversidad genética cultivada
- Incrementar la producción agrícola empleando los recursos genéticos cultivados por las comunidades.

Este auditorio interesado puede provenir de los programas nacionales de investigación agrícola y fitomejoramiento, de las universidades y de los centros de investigación, de los servicios de extensión, de las ONG y de otras organizaciones que trabajen en recursos fitogenéticos, en agricultura sostenible y en desarrollo rural.

Se supone que quienes usan esta guía forman parte de un sistema nacional de recursos fitogenéticos que tiene programas de conservación *ex situ*, o colaboran con dicho sistema, y desean extender su actividad de conservación apoyando la conservación *in situ* de especies cultivadas en fincas. La conservación *in situ* necesita vincular con diversas disciplinas, algunas de las cuales no están contempladas en las actividades típicas *ex situ* que eran, en el pasado, el foco de atención de los programas nacionales de conservación de recursos fitogenéticos; teniendo esos vínculos, esta guía espera contribuir a que algunos países incorporen la conservación en fincas como iniciativa de carácter nacional, aunque los colaboradores que se asocien a ella pertenezcan bien sea a instituciones locales o a organizaciones internacionales.

Organización de la guía

El Capítulo 1 introduce el tema de la conservación *in situ* en fincas, explica por qué es una iniciativa importante y el modo en que difiere de las estrategias de conservación *ex situ*. Los siguientes cinco capítulos hacen una revisión de la información necesaria para el diseño de un programa de conservación en fincas:

El Capítulo 2 discute el aspecto humano del manejo de los recursos genéticos cultivados, y considera las influencias social, cultural y económica en la **toma de decisiones del agricultor**.

El Capítulo 3 trata sobre los factores **agroecológicos** y su función en la generación de la diversidad genética cultivada.

El Capítulo 4 destaca la importancia de los **caracteres agromorfológicos** que selecciona el agricultor para el desarrollo de la diversidad cultivada intraespecífica, y la forma de medirlos mediante ensayos de campo y de laboratorio.

El Capítulo 5 señala la función de la **genética de poblaciones de especies cultivadas y de los sistemas de reproducción** en la conservación en fincas.

En el Capítulo 6 se describen los sistemas de **producción de semillas**, que implican operaciones de suministro y de almacenamiento.

Los siguientes cuatro capítulos se concentran en el diseño práctico y en aspectos de la implementación y ejecución de la conservación en fincas:

El Capítulo 7 discute el marco institucional y disciplinario que se requiere para el desarrollo, en el plano nacional, de un proyecto de conservación en fincas basado en la asociación de diversas instituciones y personas.

El proceso de implementar la investigación y la conservación en fincas mediante diversas disciplinas, y la documentación de los resultados para que puedan ser usados por los gerentes, los que desarrollan la política y las comunidades, se describen en detalle en los Capítulos 8 y 9.

En el Capítulo 10 se discuten las estrategias que pueden apoyar los sistemas de manejo de cultivos que se aplican en la conservación en fincas.

Las disciplinas a que recurre la guía van desde la genética hasta la ecología y la antropología, y entre los temas tratados están el muestreo, el análisis de datos y los métodos participativos. Están incorporadas la ciencia, el manejo de proyectos y el desarrollo general. En esta guía se presentan solamente los conceptos básicos y esenciales. Los ejemplos, que ilustran conceptos clave a lo largo del texto, provienen de los países participantes en el proyecto mundial del IPGRI sobre Conservación *in Situ* de la Agrobiodiversidad, de otros programas de investigación de recursos fitogenéticos, o de otros proyectos mundiales de conservación. Se recomiendan también al lector lecturas específicas que lo orientarán en la elección de las publicaciones con que ampliará sus conocimientos en cada área tratada.

Cuando se encuentren en un salón de clases, creemos que los participantes perfeccionarán las lecciones de la guía gracias a la pericia y competencia adquiridas en las disciplinas que les son propias. Esperamos que, donde sea útil y relevante, los usuarios incorporen ejemplos de su propia experiencia en la guía, a cuyos autores pueden enviar, dirigida al IPGRI, información de retorno sobre el resultado obtenido.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los gobiernos de Suiza (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, (SDC)), de Holanda (Dirección General para la Cooperación Internacional (DGIS)), de Alemania (Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (BMZ/GTZ)), y de Canadá (Centro Internacional para la Investigación y el Desarrollo (CIID)), así como a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), por su apoyo financiero.

Un especial de agradecimiento a la editora, Linda Sears, quien produjo esta guía en el tiempo convenido y le dio una forma atractiva.

Finalmente, agradecemos a todos cuantos participaron –desde los agricultores hasta los profesionales en desarrollo, los educadores, los investigadores, y los funcionarios del gobierno– en el proyecto “*Fortalecimiento de las Bases Científicas de la Conservación in situ de la Agrobiodiversidad*”, porque su contribución hizo posible la aparición de esta guía.

Agradecimientos para la versión en español

La versión en español de esta publicación fue posible gracias al apoyo financiero del Gobierno de Suiza. La traducción y edición del texto estuvieron a cargo de José Luis Chávez, Margarita Baena y Francisco Motta. Se agradece también a Dimary Libreros por la revisión de las referencias y a Ana Luisa Triana por el apoyo en el procesamiento de los textos.

Contribuyentes

Australia

ADH Brown
Division of Plant Industry
CSIRO
GPO Box 1600
Canberra, A.C.T. 2601
Tel: (61 2) 6246081
Fax: (61 2) 62465000
Email: t.brown@pi.csiro.au

Burkina Faso

Didier Balma
Institut de l'Environnement et de
Recherches Agricoles (INERA)
01 BP 476 Ouagadougou 01
Tel: (226) 319202 or 336517
Fax: (226) 319206
Email: dbal@fasonet.bf

Maïmounata Ouedraogo Belem
Institut de l'Environnement et de
Recherches Agricoles (INERA)
01 BP 476 Ouagadougou 01
Email: belem@irbet.irbet.bf

Madibaye Djimadoum
Agro-écologie
Fédération National des Groupements
Naam (FNGN)
BP 100 Ouahigouya
Tel: (226) 550411
Fax: (226) 550162
Email: fugn@fasonet.bf

Omer Kabore
FUGN
c/o INERA
01 B.P. 476 Ouagadougou 01
Tel: (226) 319202 or 336517
Fax: (226) 319206

Mahamadou Sawasogo
Institut de l'Environnement et de
Recherches Agricoles (INERA)
01 BP 476 Ouagadougou 01

Roger G Zangre
Centre Nationale de Recherche,
Scientifique et Technologique
03 BP 7021 Ouagadougou 03
Ouagadougou
Tel: (226) 365912
Fax: (226) 315003; 319206

Jean-Didier Zongo
Institut de Développement Rural
Université de Ouagadougou
Ouagadougou
Tel: (226) 307159; 381114 (home)
Fax: (226) 307242
Email: zongojd@fast.univ-ouaga.bf

Dinamarca

Esbern Friis-Hansen
Herluf trolles
Gade 24
2TV 105 2K
Copenague
Email: efh@cDrk

Estados Unidos
Stephen B. Brush
University of California, Davis
CA 95616
Tel: (1 916) 752-4368
Email: sbbrush@ucdavis.edu

Erle C. Ellis
Department of Geography and
Environmental Systems
University of Maryland, Baltimore County
1000 Hilltop Circle
Baltimore, MD 21250
Tel: (1 410) 455 2002
Fax: (1 410) 455 1056
Email: ece@umbc.edu

Etiopía

Zemedede Asfaw
The National Herbarium
Department of Biology
Addis Ababa University
PO Box 3434
Addis Ababa
Tel: (251 1) 114323
Fax: (251 1) 552350 or 552150
Email: biology.aau@telecom.net.et

Abebe Demissie
A/General Manager
Biodiversity Conservation and Research
Institute
Box 30726 Addis Ababa
Email: biod-et@telecom.net.et

Filipinas

Rene Salazar
CBDC-BUCAP
co SEARICE
Unit 332 Eagle Court Condominium
Diliman, Quezon
Tel: (63 2) 9247544
Fax: (63 2) 9215432
Email: reneslr@pacific.net.ph

Jean-Louis Pham
Population Geneticist
Genetic Resources Center
International Rice Research Institute
MCPO Box 3127
1271 Makati City
Email: j.pham@cgiar.org
Email: jean-louis.pham@mpl.ird.fr

Hungría

Istvan Mar
In situ Coordinator
Institute of Agrobotany
H - 2766 Taposzele
Tel: (36) 53 380 070/071
Fax: (36) 53 380 072
Email: imar@agrobot.rcat.hu

India

Narendra Motiramani
Scientist
Department of Plant Breeding and
Genetics
Indira Gandhi Agricultural University
Krishak Nagar, Raipur (M.P.) 492012
Fax: (91 771) 424532
Tel: (91 771) 424481/424315/424666
(ext: 126) Tel. (Res.): (91 771) 429746

Paula Bramel-Cox
ICRISAT
Patancheru 502 324
Andhra Pradesh
Tel: (91 40) 596161
Fax: (91 40) 241239
Email: P.Bramel-Cox@cgiar.org

Inglaterra

Robert Tripp
Research Fellow
Overseas Development Institute
Portland House
Stag Place
Londres SW1E 5DP
Tel: (44 0171) 393 1600
Fax: (44 0171) 393 1699
Email: r.tripp@odi.org.uk

Marruecos

Riad Balaghi
Agroclimatology Laboratory
Institut National de la Recherche
Agronomique (INRA)
BP 578, Meknes
Tel: (212 5) 30 02 43
Fax: (212 5) 30 02 44
Email: r.balaghi@caramail.com
Email: olea@ibnawam.inra.org.ma

Ahmed Birouk
Labo. de phytogénétique et biotech.
végétale
Hassan II Université
BP 6202, Rabat
Tel: (212 7) 776788
Fax: (212 7) 778135/775838
Email: birouk@fusion.net.ma
Abdelaziz Bouizgaren

INRA
Centre Régional du Haouz et Présahara
Marrakech
Email: bouizgaren@hotmail.com

Daoud Fanissi
Coordonnateur de la Subdivision
de l'ORMVA/TF
BP 47, Rich
Tel: (212) 5589130
Email: d.fanissi@caramail.com

Meriem Ibnou Ali El Alaoui
INRA Centre Régional de Saïs et Moyen
Atlas
BP 578 Meknes
Email: meriem_206@yahoo.fr

Mohammed Mahdi
Institut National de la Recherche
Agronomique (INRA)
BP 578 Meknes

Hamdoun Mellas
Département de Genetique Appliquée
INRA
BP 415, Bd. Annasr, Rabat
Tel: (212 7) 772608/770049
Email: mellas@awamia.inra.org.ma

Fattima Nassif
INRA
BP 589, Settatt
Tel: (212 3) 403210/403210
Email: nassif@settanel.net.ma

Keltoum Rh'rib
Germplasm Program
INRA
Rabat
Email: Rh'rib@awamia.inra.org.ma

Mohammed Sadiki
Laboratoire de génétijque des
légumineuses (GLGB)
Institut Agronomique et Vétérinaire
Hassan II
BP 6202, Rabat-Institut
Rabat
Email: sadiki@fusion.net.ma

Mouna Taghouti
Tissue Culture
INRA Rabat
Email: Taghouti@awamia.inra.org.ma

México

Luis Manuel Arias Reyes
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán
Tel: (52 99) 812960/ 812931
Fax: (52 99) 812919
Email: lmarias@mda.cinvestave.mx

Luis Alberto Burgos
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán

Jaime Canul-Ku
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán

Fernando Castillo-González
Colegio de Postgraduados
Instituto de Recursos Genéticos y
Productividad
Carretera México-Texcoco, km 35.5
56230 Montecillo, Texcoco
Tel: (91 595) 1 02 30
Fax: (91 595) 1 15 44
Email: fcastill@colpos.colpos.mx

Vidal Cob-Vicab
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán

Diana Lope-Alzina
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán

Fidel Márquez S.
Coordinator of the Maize Breeding
Program
Universidad Autonoma Chapingo (UACH)
Manuel M. Dieguez 113
44680 Guadalajara, Jal.
Tel/Fax: (52 3) 5151729
Email: cruoc@cencar.udg.mx

Carmen Morales-Valderrama
DEAS-INAH
Ex-convento del Carmen
Ave. Revolución, esq. Monasterio San
Angel
D.F. C.P. 01000
Tel: (52 5) 5508043/3917655
Fax: (52 5) 6162073
Email: chomak63@infosel.net.mx

Rafael Ortega-Paczka
UACH
Chapingo, Texcoco
CP 56190
Tel: (home) (52 595) 429 31
Tel and Fax: (Office) (52 595) 450 20
Email: paczka@taurus1.chapingo.mx

Teresa Quiñones-Vega
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex", 97310 Mérida, Yucatán

Juan Rodríguez
Inst. Tecnológico Agropecuario No. 2
Carretera Antigua Mérida-Motul, km 16.3
Conkal, Yucatán
Tel: (991 2) 4135
Enrique Sauri-Duch

Instituto Tecnológico de Mérida
División de Estudios de Postgrado e
Investigación
Laboratorio de Ciencia y Tecnología de
Alimentos
Carretera Mérida-Progreso, km 5
Mérida, Yucatán, C.P. 97118
Tel and Fax: (99) 448479
Email: esauri@labna.itmerida.mx

Teresa Duch-Carballo
CINVESTAV - Unidad Mérida
Carr. Antigua a Progreso, km 6
P. 73 "Cordemex"
97310 Mérida, Yucatán

Nepal

Jwala Bajracharya
Senior scientist (TLCB)
Agricultural Botany Division
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur
Email: Jwala@unlimit.com

Bimal Baniya
Chief, Division of Agricultural Botany
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur
Email: ISCC_nepal2@wlink.com.np

Pasupati Chaudhary
Site officer, Bara
c/o LI-BIRD
PO Box 324, Pokhara

Devendra Gauchan
Senior Social Scientist
Division of Outreach Research
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur
Email: ISCC_nepal2@wlink.com.np

Krishna Joshi
Plant breeder (TL-PPB)
LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: teebird@mos.com.np
Shambu Khatiwada

Senior rice breeder and site coordinator,
Bara
National Rice Research Programme
Hardinath, Dhanusha, Janakpur

Ashok Mudwari
Senior breeder (PPB)
Agricultural Botany Division
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur
Email: ISCC_nepal2@wlink.com.np

Yam Pandey
Senior Horticulturist
Horticultural Research Farm
Malepatan, Pokhara

Chabi Paudel
Senior agronomist and site co-ordinator,
Jumla
Agricultural Research Station
Khalanga, Jumla, Karnali Zone

Ram Rana
In situ team leader and social scientist
LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: rlibird@mos.com.np

Deepak Rijal
Site coordinator, Kaski (TL-CP)
LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: drlibird@mos.com.np

KK Sherchand
LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: kksherchand@mos.com.np

Pratap Shrestha
Social scientist
LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Anil Subedi
Executive Director

LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: aslibird@mos.com.np

Puspa Tiwari
Site Officer, Jumla
c/o LI-BIRD
PO Box 324
Mahendrapul, Kaski, Pokhara
Email: prtivari@mos.com.np

Madhusudham Upadhyay
National Project Coordinator
Agricultural Botany Division
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur
Email: ISCC_nepal2@wlink.com.np

Subhash Vaidya
Chief, Outreach Research Division
Nepal Agricultural Research Council
Khumaltar, Lalitpur

Perú

María Fernández
Profesora Visitante
Investigación Participativa
Universidad Nacional Agraria
Casilla R18-067
Lima 18
Tel: (51 1) 349 4057; 349 5647 an.213
Email: mefernandez@lamolina.edu.pe

Ricardo Sevilla P.
Director
Biodiversidad y Recursos Genéticos
CODESU
Ramón Dagnino 369
Lima 11
Tel/ Fax: (51 1) 4338837
Email: ariesco@codesu.org.pe
Codesu@terra.com.pe

Roberto Valdivia-F
Presidente Directorio
Centro de Investigación de Recursos
Naturales y Medio Ambiente
Apartado 388, Puno
Tel: (51 54) 353575/ 352891/ 366029
Fax: (51 54) 353182
Email: cirnma@unap.edu.pe;
rova@unap.edu.pe

República Sudafricana

Landon Myer
Senior Scientist
South African Medical Research Council
PO Box 198
Mtubatuba 3935
South Africa
Tel: (27 35) 550 0158
Fax: (27 35) 550 1674
Email: landon.myer@mrc.ac.za

Siria

Salvatore Ceccarelli
ICARDA
PO Box 5466
Aleppo
Tel: (963 21) 225112
Fax: (963 21) 213490
Email: s.ceccarelli@cgiar.org

Ahmed Amri
ICARDA
PO Box 5466
Aleppo, Siria
Email: a.amri@cgiar.org

Turquía

Ayfer Tan
Department of Plant Genetic Resources
Aegean Agricultural Research Institute
(AARI)
PO Box 9 Menemen, Izmir 35661
Tel: (90 232) 8461107
Fax: (90 232) 8461331
Email: AARI@service.raksnet.com.tr

Vietnam

Pham Hung Cuong
Nhung SC
VASI
Thanh Tri-Hanoi
Tel: 8615 556/8615 487
Fax: 844 8613 937
Email: Intrinh@hn.vnn.vn

Nguyen Ngoc De
Head, Rice Research Department
Mekong Delta Farming Systems
Research and Development Institute
Cantho University, Cantho
Tel: (84) 71 831251/830040/8
Email: ltduong@ctu.edu.vn

Nguyen Phung Ha
Daback SC
VASI, Thanh Tri-Hanoi
Tel: 8615 556/8615 487
Fax: 844 8613 937
Email: Intrinh@hn.vnn.vn

Nguyen Ngoc Hue
Nho Quan Site Coordinator
Vietnam Agricultural Science Institute
Vandien, Thanhtri, Ha Noi
Tel: 8615 556/8615 487
Fax: 844 8613 937
Email: nghia@vasi.ac.vn

Huynh Quang Tin
Deputy Head
Department of Biodiversity Development
and Conservation
Farming Systems Institute
Cantho University, Cantho City, Cantho
Tel: (84-71) 831012
Fax: (84-71) 831270
Email: ltduong@ctu.edu.vn

Luu Ngoc Trinh
 Vietnam Agricultural Science Institute
 Vandien, Thanhtri, Ha Noi
 Tel: (844) 614326 / (8434) 845320
 Fax: (844) 8613937
 Email: Intrinh@hn.vnn.vn

IPGRI – Sede Principal

Via dei Tre Denari 472/a
 00057 Maccarese, Roma, Italia

Nina Dudnik
 Former Intern, Molecular Genetics
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)

Pablo Eyzaguirre
 Senior Scientist, Anthropology and
 Socioeconomics
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)
 Tel: (39-06) 51892267
 Fax: (39-06) 5750309
 Email: p.eyzaguirre@cgiar.org

Toby Hodgkin
 Principal Scientist, Genetic Diversity
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)
 Tel: (39 06) 51892212
 Fax: (39 06) 5750309
 Email: t.hodgkin@cgiar.org

Devra I. Jarvis
 Senior Scientist, *In-situ* Conservation
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)
 Tel: (39 06) 51892414
 Fax: (39 06) 5750309
 Email: d.jarvis@cgiar.org

Amanda King
 Former Intern, Ethnobotany
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)

Heather Klemick
 Intern, Agroecology and Agroecomics
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)
 Tel: (39 06) 51892404
 Fax: (39 06) 5750309
 Email: h.klemick@cgiar.org

Melinda Smale
 Economist
 Genetic Resources Science and
 Technology
 Email: m.smale@cgiar.org

Awegechew Teshome
 Former Associate Scientist, *in situ*
 Conservation
 Genetic Resources Science and
 Technology Group (GRST)

Imke Thormann
 Consultant

IPGRI - Américas

c/o CIAT
 Apartado Aereo 6713
 Cali, Colombia

José Luis Chávez-Servia
In-situ Conservation Specialist on Crop
 Genetic Resources for the Americas
 c/o CINVESTAV-IPN
 Unidad Mérida, México
 Tel: 52 (99) 812960/ 812931
 Fax: 52 (99) 812919
 Email: jchavez@kin.cieamer.conacyt.mx

Luigi Guarino
 Senior Scientist, Genetic Diversity
 Tel: (57-2) 445-0029
 Fax: (57-2) 445-0073
 Email: l.guarino@cgiar.org

David E. Williams
 Senior Scientist, Genetic Diversity
 Tel: (57-2) 445-0029 Fax: (57-2) 445-0073
 Email: d.williams@cgiar.org

IPGRI - Asia, el Pacífico y Oceanía

PO Box 236
UPM Post Office
Serdang
43400 Selangor Darul Ehsan, Malaysia

P.N. Mathur
Associate Scientist
South Asia Assistant Coordinator
c/o NBPGR, Pusa Campus
New Delhi 110 012, India
Tel: (91 11) 578112
Fax: (91 11) 5731845
Email: IPGRI-DELHI@cgiar.org

Paul Quek
Scientist, Documentation/Information
Specialist
Tel: (60 3) 9423891-4
Fax: (60 3) 9487655
Email: p.quek@cgiar.org

V. Ramanatha Rao
Senior Scientist, Genetic Diversity/
Conservation
Tel: (60 3) 9423891 4
Fax: (60 3) 9487655
Email: vr.rao@cgiar.org

Ken Riley
Former Regional Director, APO

Bhuwon R. Sthapit
Scientist, *In-situ* Crop Conservation
Specialist
3/202 Buddha Marg
Nadipur Patan, Kaski District
Pokhara-3, Nepal
Tel: (977 61) 21108
Fax: (977 61) 22097
Email: B.Sthapit@cgiar.org /
ipgri-apo-insitu@cgiar.org

IPGRI - Asia Central y Oriental y el Norte
de Africa
c/o ICARDA
PO Box 5466
Aleppo, Siria

Suha Achar
Former Associate Scientist, *in situ*
Conservation

George Ayad
Regional Director, CWANA
Tel: (963-21) 213433
Fax: (963-21) 225105 or 213490
Email: g.ayad@cgiar.org

IPGRI Africa Subsahariana c/o ICRAF

PO Box 30677
Nairobi, Kenia

Bernadette Dossou
Associate Scientist, In-situ Conservation
IPGRI West and Central Africa (WCA)
c/o IITA/Benin Research Station
08 B.P. 0932
Cotonou, Benin
Tel: (229) 350188/350553/360600
Fax: (229) 350556
Email: b.dossou@cgiar.org

Julia Ndung'u-Skilton
Associate Scientist, In-situ Conservation
Tel: (254 2) 521514
Fax: (254 2) 521209
Email: j.ndungu-skilton@cgiar.org

Bibliografía general

- Aguirre, J.A., M.R. Bellon y M. Smale. 2000. A regional analysis of maize biological diversity in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Botany* 54(1):60-72.
- Allard, R.W. 1988. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. The Wilhelmine E. Key 1987 Invitational Lecture.
- Allard, R.W. 1990. The genetics of host-pathogen coevolution: Implications for genetic resource conservation. *Journal of Heredity* 81(1):1-6.
- Almekinders, C.J.M., N.P. Louwaars y G.H. de Bruijn. 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78:207-216.
- Alston, J., G.W. Norton y P.G. Pardey. 1995. *Science under scarcity*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK.
- Altieri, M.A. y L. Merrick. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 1: 86-96.
- Anderson, E. y L. Hubricht. 1938. Hybridization in *Tradescantia* III. The evidence for introgressive hybridization. *American Journal of Botany* 25:396-402.
- Anikster, Y., M. Feldman y A. Horovitz. 1997. The ammiad experiment. Pp. 239-253 in *Plant Genetic Conservation* (B.V. Ford-Lloyd, J.G. Hawkes y N. Maxted, eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Arias, L., J. Chávez, V. Cob, L. Burgos y J. Canul. 2000. Agromorphological characters and farmer perceptions: data collection and analysis. Mexico. Pp. 95-100 in *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Auricht, G.C., R. Redid y L. Guarino. 1995. Published information of the natural and human environment. Pp. 131-151 in *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Baldwin, J.F. 1981. Fuzzy logic and fuzzy reasoning. Pp. 113-148 in *Fuzzy Reasoning and Its Applications* (E.H. Mamdani y B.R. Gaines, eds.). Academic Press, Londres.
- Balma, D. 1998. Establishing multidisciplinary groups and project preparation in Burkina Faso. In *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for in situ conservation on-farm, 25-29 August 1997*. IPGRI, Roma, Italia.
- Baniya, B.K., A. Subedi, R.B. Rana, C.L. Paudel, S.P. Khatiwada, D.K. Rijal y B.R. Sthapit. 2000. Seed supply systems: data collection and analysis. Nepal. Pp. 159-164 in *conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Barbier, E. 1988. Sustainable agriculture and the resource poor: Policy issues and options. IIED, University College London, Environmental Economics Center.
- Barbour, M.G., J.H. Burk y W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial plant ecology* (2nd Edn.). Benjamin Cummings Publishing, Wokingham, UK.
- Barrett, S.C.H. y J.R. Kohn. 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation. Pp. 3-30 in *Genetics and Conservation of Rare Plants* (D.A. Falk y K.E. Holsinger, eds.). Oxford University Press, Oxford.

- Belem, M.O. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Burkina Faso. Pp. 46-48 in *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Bellon, M.R. y J.E. Taylor. 1993. 'Folk' soil taxonomy and the partial adoption of new seed varieties. *Economic Development and Cultural Change* 41 :763-786.
- Bellon, M.R. y S. Brush. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48 (2):196-209.
- Bellon, M.R., J.L. Pham. y M.T. Jackson 1996. Genetic conservation: A role for rice farmers. Pp. 263-289 in *Plant Conservation: the In situ Approach* (B.V. Ford-Lloyd, J.G. Hawkes y N. Maxted, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Bellon, M.R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. *Economic Botany* 50:26-39.
- Bellon, M.R., J.L. Pham y M.T. Jackson. 1997. Genetic conservation: a role for rice farmers. Pp. 263-289 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Bellon, M.R. y M. Smale. 1998. A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources, CIMMYT Economics Programme Working Paper. CIMMYT, México D.F.
- Bellon, M.R., J.L. Pham, L.S. Sebastian, S.R. Francisco, G.C. Loresto, D. Erasga, P. Sanchez, M. Calibo, G. Abrigo y S. Quilloy. 1998. Farmers' perceptions of varietal diversity: implications for on-farm conservation of rice. Pp. 95-108 in *Farmers, Gene Banks, and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat, Maize, and Rice* (M. Smale, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda/CIMMYT, Mexico.
- Bellon, M.R., M. Smale, A. Aguirre, F. Aragón, S. Taba, J. Berthaud, J. Díaz y H. Castro. 1999. Farmer management of maize diversity in the central valleys of Oaxaca, Mexico: Methods proposed for impact assessment. Pp. 189-201 in *Assessing the Impact of Participatory Research and Gender Analysis* (N. Lilja, J.A. Ashby y L. Sperling, eds.). CGIAR Programme on Participatory Research and Gender Analysis, Cali, Colombia.
- Benz, B.F, L.R. Santana Miche y F.J. Sanchez-Velasquez. 1990. Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis*: Preliminary investigations. *Maydica* 35:85-98.
- Berg, T. 1993. The science of plant breeding: Support or alternative to traditional practices? Pp. 72-77 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor y K. Wellard, eds.). Intermediate Technology Publications, Londres.
- Blum, A. y C.Y. Sullivan. 1986. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. *Annals of Botany* 57:835-846.
- Bommer, D.F.R. 1991. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. Pp. 3-12 in *Searching for New Concepts for Collaborative Genetic Resources Management: Papers of the EUCARPIA/IBPGR Symposium*, Wageningen, The Netherlands (T.J.L. van Hintum, L. Frese y P.M. Perret, eds.). International Crop Network Series No. 4. IBPGR, Roma.
- Boster, J.S. 1985. Selection for perceptual distinctiveness: evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. *Economic Botany* 39:310-325.
- Bowman, K.O., K. Hutcheson, E.P. Odum y L.R. Shenton. 1971. Comments on the distribution of indices of diversity. Pp. 315-366 in *Statistical Ecology, Vol. 3. Many Species Population, Ecosystems, and Systems Analysis* (G.P. Patil, E.C.

- Pielou y W.E. Waters, eds.). Pennsylvania State University Press, University Park.
- Bretting, P.K. y D.N. Duvick. 1997. Dynamic conservation of plant genetic resources. *Advances in Agronomy* 61:1-51.
- Briggs, D. y S.M. Walters. 1997. Plant variation and evolution. Cambridge University Press.
- Brockhaus, R. y A. Oetmann. 1996. Aspects of the documentation of *in situ* conservation measures of genetic resources. *Plant Genetic Resources Newsletter* 108:1-16.
- Brown, A.H.D. y D.R. Marshall. 1996. A basic sampling strategy: theory and practice. Pp. 75-91 in *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Brown, A.H.D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them *in situ* on farms. Pp. 29-48 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Brush, S.B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45:153-65.
- Brush, S.B., J.E. Taylor y M. Bellon. 1992. Technology adoption and biological diversity in andean potato agriculture. *Journal of Development Economics* 39:365-387.
- Brush, S. 1995. *In situ* conservation of landraces in centres of crop diversity. *Crop Science* 35:346-54.
- Brush, S.B. y E. Meng. 1998. Farmers' valuation and conservation of crop genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 45:139-150.
- Burdon, J.J., A.H.D., Brown y A.M. Jarosz. 1990. The spatial scale of genetic interactions in host-pathogen coevolved systems. Pp. 233-247 in *Pests, Pathogens and Plant Communities* (J.J. Burdon y S.R. Leather, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73:657-79.
- Casas, A. y J. Caballero. 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec Region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany* 50(2): 167-181.
- Casley, D.J. 1988. The collection, analysis, and use of monitoring and evaluation data. World Bank.
- Castillo G., F., L.M. Arias R., R. Ortega P. y F. Marquez S. 2000. PPB, Seed networks and grassroot strengthening. Mexico. Pp. 199-200 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Causton, D. R. 1988. An introduction to vegetation analysis. Unwin Hyman, Londres.
- Ceccarelli, S., S. Grando y R.H. Booth. 1995. Farmers and crop breeders as partners. Pp. 99-116 in *Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding* (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Chamber, R. y B. Childyal. 1985. *Agricultural Research for Resource-Poor Farmers: the Farmers-First-and-Last Model*. Discussion Paper No. 203. Institute of Development Studies, Brighton.
- Chambers, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development* 22(7):953-969.
- CIMMYT. 1988. *From agronomic data to farmer recommendations: An economics training manual*. Completely revised edition (English, Spanish, French). CIMMYT, Mexico, D.F./the World Bank, Washington, D.C.
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's

- ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Cromwell, E.A., E. Friis-Hansen y M. Turner. 1992. The seed sector in developing countries: a framework for performance analysis. ODI Working Paper No. 65. Overseas Development Institute, Londres.
- Cromwell, E. 1996. The seed sector in perspective. Pp. 8-25 *in* Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa (E. Cromwell, ed.). CAB International, UK.
- Crossa, J. 1989. Methodologies for estimating the sample size required for genetic conservation of outbreeding crops. *Theoretical and Applied Genetics* 77:153-161.
- Crossa, J. y R. Vencovsky. 1994. Implications of the variance effective population size on the genetic conservation of monoecious species. *Theoretical and Applied Genetics* 89:936-42.
- De, Nguyen Ngoc. 2000. Linking the national genebank of Vietnam and farmers: Experiences from Mekong Delta in Vietnam. Pp. 62-68 *in* Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources (E. Friis-Hansen y B. Sthapit, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Dearing, J.A. y L. Guarino. 1995. Bibliographic databases for plant germplasm collectors. Pp. 229-254 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V. Ramanatha Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- Demissie, A. y A. Bjornstad. 1996. Phenotypic diversity of Ethiopian barleys in relation to geographical regions, altitudinal range, and agroecological zones: as an aid to germplasm collection and conservation strategy. *Hereditas* 124:17-29.
- Demissie, A. y A. Bjornstad. 1997. Geographical, altitude and agroecological differentiation of isozyme and hordein genotypes of landrace barleys from Ethiopia: implications to germplasm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:43-55.
- Dennis, J.V. 1987. Farmer management of rice variety diversity in Northern Thailand. PhD thesis. Cornell University, Ithaca, NY.
- Devlin, B. y N.C. Ellstrand. 1990. The development and application of a refined method for estimating gene flow from angiosperm paternity analysis. *American Journal of Botany* 79:1311-1319.
- Ehrlich, P.R. y P.H. Raven. 1969. Differentiation of populations. *Science* 165:1228-1232.
- Ellis, E.C. y S. M. Wang. 1997. Sustainable traditional agriculture in the Tai Lake Region of China. *Agriculture Ecosystems & Environment* 61:177-193.
- Ellis, E.C., R.G. Li, L.Z. Yang y X. Cheng. 2000. Long-term change in village-scale ecosystems in China using landscape and statistical methods. *Ecological Applications* 10(4):1057-1073.
- Ellstrand, N.C. y C.A. Hoffman. 1990. Hybridization as an avenue for escape for engineered genes. *BioScience* 40:438-442.
- Epperson, B.K. 1990. Spatial autocorrelation of genotypes under directional selection. *Genetics* 124:757-71.
- Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga. 1995. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. Pp. 9-18 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga, eds. 1996. Participatory plant breeding: Proceedings of a workshop on participatory plant breeding. IPGRI, Roma, Italia.
- FAO. 1989. Les ressources phytogenétiques: Leur conservation *in situ* au service des besoins humains. FAO, Roma.
- FAO. 1990. Guidelines for soil profile description. 3rd Edition, Revised. FAO, Roma, Italia.
- FAO. 1997. Annex II: Guide for the conduct of constraints analysis component. Special

- Programme for Food Security, SPFS/DOC/18, Handbook Series, Volume II. FAO, Roma, Italia.
- FAO. 1998. Socioeconomic and gender analysis programme field handbook (Principal Author, V.L. Wilde). FAO, Roma, Italia.
- Feldstein, H.S. y J. Jiggins. 1994. Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis. Kumarian Press Inc., West Hartford, CT, USA.
- Finckh, M. y M. Wolfe. 1997. The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. Pp. 203-237 *in* Ecology in Agriculture (L.E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Ford-Lloyd, V.B. y J.T. Williams. 1975. A revision of *Beta* section *Vulgares* (Chenopodiaceae), with new light on the origin of cultivated beets. Botanical Journal of the Linnean Society 17:89-102.
- Ford-Lloyd, V.B. 1986. Intraspecific variation in wild and cultivated beets and its effects upon intraspecific classification. Pp. 331-344 *in* Intraspecific Classification of Wild and Cultivated Plants (B.T. Styles, ed.). Clarendon Press, Oxford.
- Frankel, O.H. 1974. Genetic conservation: our evolutionary responsibility. Genetics 78:53-65.
- Frankel, O.H. y J.G. Hawkes (eds). 1975. Crop genetic resources for today and tomorrow. International Biological Programme 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- Frankel, O.H., A.H.D. Brown y J.J. Burdon. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press.
- Frankfort-Nachmias, Chava y David Nachmias. 1996. Research methods in the social sciences. St. Martin's Press, New York.
- Friis-Hansen, E. 1996. The role of local plant genetic resource management in participatory breeding. Pp. 66-76 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Friis-Hansen, E. 2000. Participatory approaches to a study of plant genetic resources management in Tanzania. Pp.127-130 *in* Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources (E. Friis-Hansen y B. Sthapit, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Friis-Hansen, E. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Tanzania. Pp. 60-62 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Friis-Hansen, E. y B. Sthapit (eds). 2000. Participatory approaches to the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Gaifami, A. 1992. Developing local seed production in Mozambique. Pp. 97-105 *in* Growing Diversity: Genetic Resources and Local food Security (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelenk, eds.). ITP, Londres.
- Gauch, Hugh G. Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gauchan, D., A. Subedi, S.N. Vaidya, M.P. Upadhyay, B.K. Baniya, D.K. Rijal y P. Chaudhary. 2000. Policy changes, extension and formal education systems. Nepal. Pp. 221-225 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- George, R.A.T. 1985. Vegetable seed production. Longman, New York.
- Gillespie, J.H. 1998. Population genetics: A concise guide. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Gittinger, J.P. 1985. Economic analysis of agricultural projects. 2nd Edition. The World Bank, Washington, DC.

- Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bear Press, Chelsea, Michigan.
- Goldringer, I., P. Barant y R.A. Kempton. 1994. Adjustment for competition between genotypes in single-row plot trials of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Breeding* 112:294-300.
- Goldsworthy, P.R., S.W. Duiker y P.B. Eyzaguirre. 1995. Collaboration between national, international and advanced research institutes for eco-regional research. Pp. 283-303 *in* Eco-regional approaches for sustainable land use and food production (J. Bouma, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda.
- Gollin, D. y M. Smale. 1999. Valuing genetic diversity: Crop plants and agroecosystems. Pp. 237-265 *in* Biodiversity in Agroecosystems (W. Collins y C. Qualset, eds.). CRC Press, Boca Raton.
- Gonzales, T. 2000. The culture of the seed in the Peruvian Andes. Pp. 193-216 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Goodland, R. 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:1-24.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. Butterworths, Londres.
- Guarino, L. 1995. Geographic information systems and remote sensing for plant germplasm collectors. Pp. 315-328 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Guarino, L. 1995. Secondary sources on cultures and indigenous knowledge systems. Pp. 195-228 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V. Ramanatha Rao, y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- Guerrero, M. del P., J.A. Ashby and T. Gracia. 1993. Farmer evaluations of Technology: Preference Ranking. Instructional Unit No. 2. CIAT, Cali, Columbia.
- Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1990. Allozyme diversity in plant species. Pp. 43-63 *in* Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources (A.H.D. Brown, M. Clegg, A. Kahler y B. Weir, eds.). Sinauer Associates Inc., MA, USA.
- Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1997. Allozyme diversity in cultivated crops. *Crop Science* 37:26-30.
- Hancock, J.F. 1992. Plant Evolution and the Origin of Crop Species. Prentice Hall, New Jersey.
- Hancock, J.F, R. Grumet y S.C. Hokanson. 1996. The opportunity for escape of engineered genes for transgenic crops. *Hortscience* 31:1080-1085.
- Hanski, I.A. y M.E. Gilpin. 1996. Metapopulation biology: Ecology, genetics and evolution. Academic Press, Londres.
- Hanski, I. y D. Simberloff. 1997. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. Pp. 5-26 *in* Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution (Ilkka Hanski y Michael Gilpin, eds.). Academic Press, Inc., San Diego, CA.
- Hardon, J. y W. de Boef. 1993. Linking farmers and breeders in local crop development. Pp. 64-71 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Harlan, J.R. 1975. Crops and man. First Edition. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Harmsworth, G. 1998. Indigenous values and GIS: a method and a framework. *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 6:3-7.
- Hartl, D.L. y A.G. Clark. 1997. Principles of population genetics. Third edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, USA.

- Hedrick, Philip W. 2000. Genetics of populations. Second edition. Jones & Bartlett Publishers.
- Heiser, C. 1973. Introgression re-examined. *The Botanical Review* 39 (4):347-366.
- Henry, J.P., C. Pontis, J. David y P.H. Gouyon. 1991 An experiment on dynamic conservation of genetic resources with metapopulations. Pp. 185-198 *in* Species Conservation: A Population-Biological Approach (A. Seitz y V. Loeschcke, eds.). Birkhauser Verlag, Basel.
- Hernández Xolocotzi, Efraím. 1985. Maize and man in the greater Southwest. *Economic Botany* 39 (4):416-430.
- Heywood, J.S. 1991. Spatial analysis of genetic variations in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:335-355.
- Hillis, D.M. 1987. Molecular versus morphological approaches to systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:23-42.
- Howard, P.C. 1996. Guidelines for the selection of forest nature reserves, with special reference to Uganda. Pp. 245-262 *in* Conservation of Biodiversity in Africa. Local Initiatives and Institutional Roles (L.A. Bennun, R. Aman y S. Crafter, eds.). Centre for Biodiversity, Nairobi, Kenia.
- Huenneke, L.F. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant populations. Pp. 31-44 *in* Genetics and Conservation of Rare Plants (D.A. Falk y K.E. Holsinger, eds.). Oxford University Press, New York.
- Hulden, M. 1999. Database management systems for *in situ* conservation: A perspective on preservation of transient germplasm. *Botanica Lithuanica Suppl.* 2:91-98.
- IBPGR. 1991. Elsevier's dictionary of plant genetic resources. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda.
- IPGRI. 1991. Geneflow: Women and Plant Genetic Resources. IPGRI, Roma, Italia.
- IPGRI. 1999. Key questions for decision-makers. Protection of plant varieties under the WTO agreement on trade-related. Aspects of intellectual property rights. Decision Tools, October 1999. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Jafari-Shabestari, J., H. Corke y C.O. Qualset. 1995. Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:147-156.
- Jarvis, D. I. y T. Hodgkin, eds. 1998. Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for *in situ* conservation on-farm, 25-29 August 1997. IPGRI, Roma, Italia.
- Jarvis, D. 1999. Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on farm. *Botanica Lithuanica Suppl.* 2:79-90.
- Jarvis, D.I. y T., Hodgkin. 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology* 8:S159-S173.
- Jarvis, D. y T. Hodgkin. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: linking multidisciplinary research to implementation on-farm. Pp. 261-278 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Jarvis, D., B. Sthapit y L. Sears, editors. 2000. Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Jodha, N.S. 1989. Agronomic adjustments to climatic variation. Pp. 405-413 *in* Climate and Food Security. International Symposium on Climate Variability and Food Security in Developing Countries. 5-9 February 1987, Manila. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.

- Johns, T. y S.L. Keen. 1986. Ongoing evolution of the potato on the altiplano of Western Bolivia. *Economic Botany* 40 (4):402-425.
- Joshi, K.D. y B.R. Sthapit. 1990. Informal research and development (IRD): a new approach to research and extension. LARC Discussion Paper No. 90/4. Lumle Agricultural Research Centre, Pokhara, Nepal.
- Joshi, K.D., M. Subedi, R.B. Rana, K.B. Kadayat y B.R. Sthapit. 1997. Enhancing on-farm varietal diversity through participatory variety selection: A case study of Chaite rice in the Nepal. *Experimental Agriculture* 33:1-10.
- Kendall, M. y J.K. Ord. 1990. *Time Series*. (3rd edn.). Griffin, Londres.
- Kent, M. y P. Coker. 1999. *Vegetation description and analysis*. John Wiley y Sons, Inc., New York, NY.
- Kephart, S.R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: A comparative analysis of techniques. *American Journal of Botany* 5:693-712.
- Kershaw, K.A. y J.H. Looney. 1985. *Quantitative and dynamic plant ecology*. Edward Arnold, Londres.
- Keystone Centre. 1991. Final consensus report: Global initiative for thesecurity and sustainable use of plant genetic resources. Third Plenary Session, 31 de mayo al 4 junio de 1991. Oslo, Norway: Keystone International Dialogue Series on Plant Genetic Resources.
- Khatiwada, S.P., B.K. Baniya, D.K. Rijal, C.L. Paudel, R.B. Rana, P. Chaudhary, P.R. Tiwari, M.P. Upadhyay, Y.R. Pandey y A. Mudwari. 2000. Population genetic structure. Nepal. Pp. 134-138 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- King, A.B. 1999. Tools for participatory research on crop and tree diversity. Pp. 6-25 in *Farmer participatory research on coconut diversity: workshop report on methods and field protocols* (P. B. Eyzaguirre y P. Batugal, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- King, R.C. y W.D. Stansfield. 1997. *A dictionary of genetics* (Fifth Edition). Oxford University Press, New York.
- Koirala, G. 1996. Agriculture-Related policies in Nepal. Notes for discussion. Training Workshop in Agricultural Policy Analysis, UPLB, Filipinas.
- Le Boulc'h, V.L., J.L., David, P., Brabant, y C. de Vallavieille-Pope. 1994. Dynamic conservation of variability: responses of wheat populations to different selective forces including powdery mildew. *Genetique Selection Evolution* 26:221-240.
- Le Dinh Huong, J.L. Pham, Truong Van Tuyen, Le Thieu Ky, Le Tien Dung, Nguyen Thi Cach, Tran Van Minh y S. Morin. 1999. Distribution of rice diversity in Central Vietnam. Workshop of the participants of the project «Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II: On-farm Conservation», 17-22 May 1999. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas.
- Levlin, D.A. y H.W. Kerster. 1974. Gene flow in seed plants. Pp. 139-220 in *Evolutionary Biology*. Volume 7 (Th. Dobzhansky, M. Hecht y W. Steere, eds.). Plenum Press, New York.
- Liebman, Matt y Eric R. Gallandt. 1997. Many little hammers: Ecological management of crop-weed interactions. Pp. 291-343 in *Ecology in Agriculture* (L.E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Lilja, N., J.A. Ashby y L. Sperling, eds. 2000. *Assessing the impact of participatory research and gender analysis*. CGIAR Programme on Participatory Research and Gender Analysis, Cali, Colombia.
- Linhart, Y.B. y M.C. Grant. 1996. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:237-277.
- Longley, C. y P. Richards. 1993. Selection strategies of rice farmers in Sierra Leone. Pp. 51-57 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer*

- Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Louette, D. y M. Smale. 1996. Genetic diversity and maize seed management in a traditional mexican community: Implications for *in situ* conservation of maize. NGR Paper 96-03. CIMMYT, Mexico, D.F.
- Louette, D., A. Charrier y J. Berthaud. 1997. *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51(1):20-38.
- Louette, D. 2000. Traditional management of seed and genetic diversity: what is a landrace? Pp. 109-142 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Louette, D. y M. Smale. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113(1):25-41.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Maheswari, J. 1997. Maintenance and conservation of 'heirloom' varieties in Indian agroecosystems. Pp. 309-317 in *Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources On-farm* (L. Sperling y M. Loevinson, eds.). IDRC, Ottawa.
- Maredia, M. y J. Howard. 1998. Facilitating seed sector transformation in Africa: Key findings from the literature. FS 11 Policy Synthesis No. 33, USAID, Washington, and Michigan State University, East Lansing, USA.
- Martin, Gary J. 1995. *Ethnobotany. 'People and Plants' Conservation Manuals Series*. Chapman y Hall, Londres.
- Maxted, N., N.W. van Slageren y J.R. Rihan. 1995. Ecogeographic surveys. Pp. 255-286 in *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V. Ramanatha Rao, y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- Maxted, N., J.G. Hawkes, B.V. Ford-Lloyd y J.T. Williams. 1997. A practical model for *in situ* genetic conservation complementary conservation strategies. Pp. 339-367 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Mazhar, F. 1996. Nayakrishi andolon: an initiative of the Bangladesh peasants for better living. Pp. 255-267 in *Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources On Farm* (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Ottawa, Canada.
- Meng, E.C.H. 1997. Land allocation decisions and *in situ* conservation of crop genetic resources: The Case of Wheat Landraces in Turkey. PhD thesis. University of California, Davis, CA.
- Meng, E.C.H., J.E. Taylor y S.B. Brush. 1999. Implications for the conservation of wheat landraces in Turkey from a household model of varietal choice. Pp. 127-142 in *Farmers, Gene Banks, and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat, Maize, and Rice* (M. Smale, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda/CIMMYT, Mexico.
- Milligan, B.G., J. Leebens-Mack y A.E. Strand. 1994. Conservation genetics: beyond the maintenance of marker diversity. *Molecular Ecology* 3:423-435.
- Mithen, R., A.F. Giamoustairs y A. Raybould. 1995. Divergent selection for secondary metabolites between wild populations of *Brassica oleracea* and its implications for plant-herbivore interactions. *Heredity* 75:472-484.
- Morris, M.L., J. Risopoulos y D. Beck. 1999. Genetic change in farmer-recycled maize seed: A review of the evidence. CIMMYT Economics Working Paper No. 99-07. CIMMYT, México, D.F.
- Motirimani, N.K., J.L. Pham and N. Dixit. 2000. Agromorphological characteristics. India. Pp. 92-94 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit and L. Sears, eds.). International

- Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Mushita, A.T. 1993. Strengthening the informal seed system in communal areas of Zimbabwe. Pp. 85-88 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor y A. Bebbington, eds.). Intermediate Technology Publications, London.
- Mutsaers, H.J.W., G.K. Weber, P. Walker y N.M. Fisher. 1997. A field guide for on-farm experimentation. IITA/CTA/ISNAR, Ibadan, Nigeria.
- Nabhan, G.P. 1985. Native crop diversity in Aridoamerica: conservation of regional gene pools. *Economic Botany* 39(4):387-399.
- Nassif, F. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Morocco. Pp. 51-53 in *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Nazarea, V. D. 1998. Cultural memory and biodiversity. The University of Arizona Press, Tucson.
- Nazarea-Sandoval, V. 1990. Memory banking of indigenous technologies of local farmers associated with traditional crop varieties: A focus on sweet potato. Proceedings of the Inaugural Workshop on the User's Perspective with Agricultural Research and Development. UPWARD/International, Los Baños, Filipinas.
- Nei, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 70:3321-3323.
- Nevo, E., T. Beiles y A. Krugman. 1994. Edaphic natural selection of allozyme polymorphisms in *Aegilops peregrina* at a Galilee microsite in Israel. *Heredity* 72:101-112.
- Newbury, H.J. y B.V. Ford-Lloyd. 1997. Estimation of Genetic Diversity. Pp. 192-206 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, London.
- Nunney, L. y K.A. Campbell. 1993. Assessing minimum viable population size: demography meets population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 8:234-239.
- Ortega-Paczka, R., L. Dzib-Aguilar, L. Arias-Reyes, V. Cob-Vicab, J. Canul-Ku y L.A. Burgos. 2000. Seed supply systems: data collection and analysis. México. Pp. 152-154 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Omiti, J.M., K.A. Parton, J.A. Sinden and S.K. Ehui. 1999. Monitoring changes in land-use practices following agrarian de-collectivisation in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 72:111-118.
- Painting, K.A., M.C. Perry, R.A. Denning y W.G. Ayad. 1995. Guidebook for genetic resources documentation. IPGRI, Roma, Italia.
- Pakniyat, H., W. Powell, E. Baird, L.L. Handley, D. Robinson, C.M. Serimgeour, E. Nevo, C.A. Hackett, P.D.S. Caligari y E.P. Forster. 1997. AFLP variation in wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) with reference to salt tolerance and associated ecogeography. *Genome* 40:332-341.
- Pham, J.L., S. Quilloy, Le Dinh Huong, Truong Van Tuyen, Tran Van Minh y S. Morin. 1999. Molecular diversity of rice varieties in Central Vietnam. Paper presented at the Workshop of the participants of the project "Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Gene pool. Component II: On-farm Conservation". International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, May 17-22, 1999.
- Polaszek, A., C. Riches y J.M. Lenné. 1999. The effects of pest management strategies on biodiversity in agroecosystems. Pp. 273-303 in

- Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Poudyal, C.L., P.R. Tiwari, J.D. Neupane y D.P. Devkota. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Jumla, Nepal. NP Working Paper No. 3/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia.
- Prain, G. 1993. Mobilizing local expertise in plant genetic resources research. Pp. 102-110 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Qualset, C.O., A.B. Damania, A.C.A Zanatta y S.B. Brush. 1997. Locally-based crop plant conservation. Pp. 160-175 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Rana, R.B., D. Gauchan, D.K. Rijal, S.P. Ktatiwada, C.L. Paudel, P. Chaudhary y P.R. Tiwari. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Nepal. Pp. 54-59 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Reaño, R. y J.L. Pham. 1998. Does cross-pollination between accessions occur during seed regeneration at the International Rice Genebank? *International Rice Research Notes* 23:5-6.
- Reid, W.V., S. Laird, C. Meyer, R. Gámez, A. Sittenfeld, D. Janzen, M. Gollin y C. Juma. 1993. Biodiversity prospecting: using resources for sustainable development. World Resources Institute, Washington, DC.
- Rice, E., O. Erenstein y L. Godínez. 1998. The farming systems of the Texizapan watershed, Sierra de Santa Marta, Veracruz, México. CIMMYT NRG Copublication 98-01, vi, 32 p. CIMMYT / PSSM, México, DF (México).
- Richards, P. y C. Ruivenkamp. 1997. Seeds and survival: Crop genetic resources in war and reconstruction in Africa. IPGRI, Roma, Italia.
- Rijal, D.K., K.K. Sherchand, B.R. Sthapit, Y.R. Pandey, N. Adhikari, K.B. Kadayat, Y.P. Gautam, P. Chaudhary, C.L. Poudyal, S.R. Gupta y P.R. Tiwari. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Kaski, Nepal. NP Working Paper No. 1/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia.
- Russel, J.S. y M.B. Dale. 1987. Statistical and numerical methods for estimating production/ environment relations. Pp. 159-69 in *Agricultural Environments* (A.H. Bunting, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Sadiki, M. 1990. Germplasm development and breeding of improved biological nitrogen fixation of faba bean in Morocco. PhD Dissertation, University of Minnesota, USA.
- Sadiki, M., A. Birouk, A. Bouziggaren, M. Taghouti y K. R'hrib. 2000. Agromorphological characteristics. Morocco. Pp. 101-107 in *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Salazar, R. 1992. Community plant genetic resources management experiences in Southeast Asia. Pp. 17-29 in *Growing Diversity: Genetic Resources and Local food Security* (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelenk, eds.). ITP, Londres.
- Sanchez, G.J.J., M.M. Goodman y J.O. Rawlings. 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany* 47(1):44-59.
- Scrimshaw, S. y E. Hurtado. 1990. Rapid assessment procedures for nutrition and primary health care. United Nations University, Tokyo.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System*

- Technology Journal 27:379-423, 623-656.
- Sherchand, K.K., N.P. Adhikari, S.P. Khatiwada, A.C. Shrivastav, J. Bajracharya, K.D. Joshi, K.B. Kadayat, M. Chaudhary, P. Chaudhary, S.S. Vishwakarma y S. Yadav. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Bara, Nepal. NP Working Paper No. 2/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia.
- Shrestha, P.K. 1998. Gene, gender and generation: role of traditional seed supply systems in the maintenance of agrobiodiversity in Nepal. Pp. 143-152 in *Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region* (Tej Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Silvertown, J., D.A. Wells, M. Gillman, M.E. Dodd, H. Robertson y K.H. Lakhani. 1994. Short-term and long-term after effects of fertilizer application on the flowering population of green winged orchid, *Orchis morio*. *Biological Conservation* 69:191-197.
- Singh, K.B. y S. Jana. 1993. Diversity for responses to some biotic and abiotic stresses and multivariate associations in Kabuli chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica* 68:1-10.
- Slatkin, M. 1987. Gene flow and the geographic structures of natural populations. *Science* 236:787-792.
- Slatkin, M. 1993. Isolation by distance in equilibrium and non-equilibrium populations. *Evolution* 47(1):264-279.
- Smale, M. (ed.). 1998. *Farmers, gene banks and crop breeding: Economic analysis of diversity in wheat, maize, and rice*. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA.
- Smale, M. y M. Bellon. 1999. A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources. Pp: 387-408 in *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization, and Management* (D. Wood y J. Lenné, eds.). CABI, UK.
- Smale, M., M. Bellon y A. Aguirre. 2000. Maize diversity, variety attributes, and farmers' choices in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Development and Cultural Change* (in press).
- Snaydon, R.W. 1984. *Plant demography in an agricultural context. Perspectives on plant population ecology*. Sinauer Associates, Boston.
- Soltis, D.E. y P.S. Soltis, eds. 1989. *Isozymes in plant biology*. Chapman y Hall, Londres.
- Soulé, Michael E. (ed.). 1987. *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sperling, L., U. Scheidegger y R. Buruchara. 1996. *Designing seed systems with small farmers: Principles derived from bean research in the Great Lakes region of Africa*. Agricultural Research and Extension Network Paper No. 60. Overseas Development Agency, Londres.
- Starkey, P. 1997. *Networking for Development*. IFRTD, Londres.
- Statistical Services Centre. *The design and analysis of evaluation trials. A guide for genebank managers*. Statistical Services Centre, The University of Reading, Reading, UK. [Email: statistics-courses@reading.ac.uk]
- Sthapit, B.R. y K.D. Joshi. 1998. *Participatory plant breeding for in situ conservation of crop genetic resources: a case study of high altitude rice in Nepal*. Pp. 311-328 in *Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region* (T. Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Sthapit, B.R., K.D. Joshi y J.R. Witcombe. 1996. *Farmer participatory crop improvement. III. Participatory plant breeding: A case study for rice in Nepal*. *Experimental Agriculture* 32:479-496.
- Tan, A. 1992. *The classification of wild beets in Turkey*. PhD Thesis. Ege University, Bornova.

- Tan, A. 1993. A numerical taxonomic study on wild beets (*Beta vulgaris* L. s. lat.) in the Mediterranean. *Anadolou* 1:1-12.
- Tan, A. 1994. The morphometric analysis of wild beets, *Beta* L. section *Beta*, from Turkey. *Tarla Bitkileri Kongresi*, 25-29 nisan 1994, Bornova.
- Tanedo, F. y K. Haugen. 1993. When the farmers take the seeds back. Pp. 25-27 in *Future*. SEARICE, Oslo.
- Tapia, M. y A. Rosas. 1993. Seed fairs in the Andes: A strategy for local conservation of plant genetic resources. Pp. 111-118 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Tapia, Mario E. y Ana De la Torre. 1998. Women farmers and Andean seeds. FAO and IPGRI, Roma, Italia.
- Teshome, A., B.R. Baum, L. Fahrig, J.K. Torrance, T.J. Arnason y J.D. Lambert. 1997. Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica* 97: 255-263.
- Teshome, A., J.K. Torrance, B. Baum, L. Fahrig, J.D. Lambert y J.T. Arnason. 1999. Traditional farmers' knowledge of sorghum (*Sorghum bicolor* [Poaceae]) landrace storability in Ethiopia. *Economic Botany* 53 (1):69-78.
- Thormann, I., D.I. Jarvis, J.A. Dearing y T. Hodgkin. 1999. Internationally available information sources for the development of *in situ* conservation strategies for wild species useful for food and agriculture. *Plant Genetic Resources Newsletter* 118:38-50.
- Thurston, H.D., J. Salick, M.E. Smith, P. Trutmann, J.L. Pham y R. McDowell. 1999. Traditional management of agrobiodiversity. Pp. 211-243 in *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management* (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Tilman, D. y S. Pacala. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. Pp. 13-25 in *Species Diversity in Ecological Communities* (R. Ricklefs y D. Schluter, eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Tripp, Robert. 2000. Strategies for seed system development in sub-Saharan Africa: a study of Kenya, Malawi, Zambia and Zimbabwe. Working Paper No. 2, Socio-Economic Policy Program. ICRISAT, Patancheru, India. (in press)
- Unnevehr, L.J. 1986. Consumer demand for rice grain quality and returns to research for quality improvement in Southeast Asia. *American Journal of Agricultural Economics* 68:634-641.
- Unnevehr, L.J., B. Duff y B.O. Juliano, eds. 1992. Consumer demand for rice grain quality. IDRC, Canada/IRRI, the Filipinas.
- Vaidya, A.K. 1998. Can on-farm conservation be compatible with agricultural development? some policies and issues. Pp. 367-378 in *Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region* (T. Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Valdiva, R., E. Huallpa, V. Choquehuanca y M. Holle. 1995. Monitoring potato and oxalis varieties in mixtures grown on-farm family fields in the Titicaca Lake Basin, Peru, 1990-95. Pp. 144-159 in *Participatory Plant Breeding, Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding* (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- van Oosterhout, S. 1996. What does *in situ* conservation mean in the life of a small-scale farmer? Examples from Zimbabwe's communal areas. Pp. 35-54 in *Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources on-Farm* (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Ottawa, Canadá.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:201-224.

- Vazzana, C. 1996. The role of farmers' associations in safeguarding endangered populations of farro in Italy. Pp. 147-152 in *Hulled Wheats: Promoting the conservation and use of underutilized species and neglected crops*, 4 (S. Padulosi, K. Hammer y J. Heller, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Walter, H. 1973. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere*. Springer Verlag, Berlin.
- Weir, B.S. 1990. Sampling properties of gene diversity. Pp. 23-42 in *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources* (A.H.D. Brown, M. Clegg y A.L. Kahler, eds.). Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Wellard, K. 1993. Linking local knowledge systems and agricultural research: the role of NGOs. Pp. 136-142 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Weltzien, E. y G. Fischbeck 1990. Performance and variability of local barley landraces in near-eastern environments. *Plant Breeding* 104(1):58-67.
- Weltzien, E.W., M.L. Whittaker y M.M. Anders. 1995. Farmer participation in pearl millet breeding for marginal environments. Pp. 128-143 in *Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding* (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Wheatley, C., G. Scott, R. Best y S. Wiersema. 1995. *Adding value to root and tuber crops: A manual on produce development*. CIAT, Cali, Colombia.
- Witcombe, J.R. 1999. Does plant breeding lead to a loss of genetic diversity? Pp. 245-272 in *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management* (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Witcombe, J.R., A. Joshi, K.D. Joshi and B.R. Sthapit. 1996. Farmer Participatory Crop Improvement. I. Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Experimental Agriculture* 32:445-460.
- Wood, D. y J.M. Lenné. 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm: questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6:109-129.
- Worede, M. 1992. Ethiopia: A genebank working with farmers. Pp. 78-94 in *Growing Diversity: Genetic Resources and Local Food Security* (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelink, eds.). Intermediate Technology Publications, Londres.
- Worede, M. 1997. Ethiopian *in situ* conservation. Pp. 290-301 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Worede, M., T. Tesemma y R. Feyissa. 2000. Keeping diversity alive: an Ethiopian perspective. Pp. 143-161 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15:323-354.
- Zencirci, N. y E. Kun. 1996. Variation in landraces of durum wheat (*T. turgidum* L. conv. durum (Desf.)). *Euphytica* 92:333-339.
- Zimmerer, K.S. 1996. *Changing fortunes: Biodiversity and peasant livelihood in the Peruvian Andes*. University of California Press, Berkeley.
- Zimmerer, K.S. y D.S. Douches. 1991. Geographical approaches to native crop research and conservation: the partitioning of allelic diversity in Andean potatoes. *Economic Botany* 45:176-189.

Capítulo 1 Introducción

1.0	Objetivos del capítulo	2
1.1	Conservación <i>in situ</i> en fincas	2
1.2	¿Por qué hacer conservación <i>in situ</i> en fincas?	2
1.2.1	Mantener los procesos de adaptación y evolución	2
1.2.2	Conservar la diversidad en todos los niveles	3
1.2.4	Conservar los servicios del ecosistema	3
1.2.5	Mejorar el nivel de vida de los agricultores pobres	3
1.2.6	Mantener o incrementar tanto el control de los agricultores sobre los recursos genéticos como su acceso a ellos	4
1.2.7	Obtener otros beneficios públicos y privados (de tipo socioeconómico, ecológico y genético)	4
1.3	Estrategias complementarias para la conservación	5
1.3.1	Ventajas y desventajas de las dos estrategias	5
1.3.2	Enfoque integral de la conservación	6
1.4	Investigar desde las bases científicas de la conservación en fincas	6
1.5	Terminología	7
1.5.1	Definición de términos particulares	9
1.6	Referencias	10
1.7	Lectura recomendada	11

1.0 Objetivos del capítulo

Al final de este capítulo, el lector deberá haber entendido lo siguiente:

- La terminología básica y los conceptos relacionados con la conservación *in situ* y en fincas
- Las razones que explican la importancia de la conservación en fincas
- La forma en que la conservación en fincas se relaciona con otros enfoques para la conservación de los recursos fitogenéticos.

1.1 Conservación *in situ* en fincas

La conservación *in situ* en fincas, algunas veces referida como “conservación en fincas”, ha sido definida como “el cultivo y el manejo continuos que hace el agricultor de un conjunto diverso de poblaciones en los agroecosistemas donde un cultivo se ha mantenido” (Bellon *et al.* 1997). La conservación en fincas abarca a todo el agroecosistema, incluyendo las especies inmediatamente útiles (tales como especies cultivadas, forrajes y especies agroforestales), así como los parientes silvestres que pueden estar creciendo en las áreas contiguas. Dentro de esta definición es posible identificar un amplio rango de objetivos que pueden conformar un programa de conservación en fincas. Entre ellos los siguientes:

- Conservar los procesos de adaptación y evolución de los cultivos frente a sus ambientes
- Conservar la diversidad en diferentes niveles: en el ecosistema, en las especies, dentro de las especies
- Integrar a los agricultores dentro de un sistema nacional de conservación de los recursos fitogenéticos
- Conservar los servicios críticos del ecosistema para el funcionamiento vital de la tierra: el sistema de soporte
- Mejorar el nivel de vida de los agricultores pobres a través del desarrollo económico y social
- Mantener o incrementar el control de los agricultores sobre el acceso a los recursos genéticos cultivados.

1.2 ¿Por qué hacer conservación *in situ* en fincas?

Entender *la razón por la cual deseamos conservar la diversidad genética en fincas*, es importante porque puede ayudar a identificar las necesidades de un programa de conservación de esta naturaleza. Además, por mantener los recursos fitogenéticos, la conservación en fincas tiene seis beneficios importantes que hacen de ella una opción única para los conservacionistas. Estos beneficios no están relacionados solamente con la diversidad genética sino también con la salud del ecosistema y el bienestar de la humanidad.

1.2.1 Mantener los procesos de adaptación y evolución

La conservación de la agrobiodiversidad en todos los niveles dentro del ambiente local ayuda a asegurar que se mantengan dentro del sistema de producción agrícola los procesos de adaptación a la evolución de los cultivos en sus ambientes. Este beneficio es fundamental para la conservación *in situ*, la cual se basa en la conservación no sólo del germoplasma existente sino también de las condiciones que permiten el desarrollo de nuevo germoplasma. La idea de la conservación dinámica se extiende a todos los aspectos del sistema de producción agrícola, incluyendo las especies vegetales silvestres que pueden interactuar con sus parientes cultivadas (Maxted *et al.* 1997).

1.2.2 Conservar la diversidad en todos los niveles

En el mantenimiento del sistema de producción agrícola, la conservación en fincas aplica los principios de la conservación en todos los niveles de la biodiversidad: diversidad genética (intraespecífica), de especies y de ecosistemas. Al conservar la estructura del agroecosistema, con sus diferentes nichos y con la interacción que ocurre entre ellos, los procesos evolutivos y los debidos a presiones ambientales que afectan la diversidad genética se mantienen. Cuando se mantienen las especies de plantas, de animales y de microorganismos del agroecosistema, y la diversidad genética dentro de las especies, se preservan las diversas interacciones de las poblaciones cultivadas. Ahora bien, la conservación de estos tres niveles de agrobiodiversidad, y las diversas interacciones que ellos permiten, contribuyen a sostener todos los principios de la salud del ecosistema en los sistemas locales de producción agrícola.

1.2.3 Integrar a los agricultores en el Sistema Nacional de Conservación de los Recursos Fitogenéticos

Es muy probable que los agricultores conozcan, mejor que cualquiera, la naturaleza y la cantidad de los recursos cultivados en su localidad, gracias a su interacción diaria con la diversidad en sus fincas. Dada su experiencia, la incorporación de los agricultores al sistema nacional de recursos fitogenéticos puede ayudar a crear una asociación productiva para todos los involucrados. La integración puede manejarse de varias maneras, entre otras las siguientes:

- Considerando a los agricultores como socios en el mantenimiento de cierto germoplasma
- Estableciendo un diálogo nacional sobre la conservación de la agrobiodiversidad, el uso sostenible y la distribución equitativa de los beneficios, entre agricultores, bancos de germoplasma y otros socios
- Ayudando al intercambio de información entre los agricultores que pertenezcan a sitios y proyectos diferentes
- Haciendo que los agricultores visiten los bancos de germoplasma o vean demostraciones de ellos
- Desarrollando sistemas que faciliten el acceso de los agricultores al material de los bancos de germoplasma.

1.2.4 Conservar los servicios del ecosistema

La conservación en fincas puede ser un medio importante para mantener los sistemas de manejo de los cultivos locales y relacionarlos con la sostenibilidad del agroecosistema, ya que allí se aseguran los procesos de formación de los suelos, los de reducción de la contaminación por químicos y por otras emisiones contaminantes de los sistemas agrícolas, y los de restricción a la dispersión de las enfermedades de las plantas.

1.2.5 Mejorar el nivel de vida de los agricultores pobres

Los programas de conservación *in situ* pueden significar una mejora en el nivel de vida de los agricultores de una región. Los programas de conservación en fincas pueden combinar el desarrollo de la infraestructura local e incrementar el acceso de los agricultores al germoplasma útil depositado en los bancos nacionales de germoplasma. Los agricultores se beneficiarán de la diversidad agrícola y de la salud del ecosistema, beneficios que se mantendrán mediante la conservación en fincas. Los recursos naturales cultivados en las localidades pueden ser la base de iniciativas que incrementen la producción de los cultivos o proporcionen nuevas oportunidades de mercado. El trabajo esforzado que se haga con los recursos locales y la delegación del poder a las comunidades de agricultores pueden

favorecer el mejoramiento sostenible del nivel de vida. Los agricultores pobres, en especial, pueden beneficiarse de las iniciativas de desarrollo que no se basen en insumos externos costosos o inapropiados para los agroecosistemas marginales.

1.2.6 Mantener o incrementar tanto el control de los agricultores sobre los recursos genéticos como su acceso a ellos

La conservación en fincas también sirve para dar poder a los agricultores sobre los recursos genéticos de sus campos. La conservación en fincas reconoce que los agricultores y las comunidades son curadores de la diversidad genética local y del conocimiento indígena al cual éste se halla ligado. Por consiguiente, los agricultores son los más indicados para percibir cualquier beneficio proveniente del material genético que ellos conservan.

1.2.7 Obtener otros beneficios públicos y privados (de tipo socioeconómico, ecológico y genético)

La importancia que tiene la conservación de la agrobiodiversidad para el futuro de la seguridad alimentaria del mundo se basa en la capacidad de dicha iniciativa para abastecer de germoplasma a los mejoradores de plantas y a otros usuarios futuros. La conservación en fincas permite la continuidad de los procesos de adaptación y de evolución de las plantas cultivadas, y asegura la generación de nuevas combinaciones genéticas a través del tiempo; es lo opuesto a una conservación que se limite a mantener un conjunto finito de recursos genéticos en un banco de germoplasma. Además de estos beneficios genéticos ‘públicos’, la conservación en fincas puede agregar otros a la sociedad y a los agricultores que mantienen esa diversidad cultivada. La sociedad puede beneficiarse de la estabilidad del agroecosistema y de la reducción del uso de agroquímicos en la agricultura, promoviendo el cultivo de las variedades locales. Entre los beneficios socioeconómicos podría considerarse el poder que se daría a las comunidades rurales. Para los agricultores, la conservación en fincas serviría para apoyar la tradición cultural, usar eficientemente la mano de obra de la familia y las limitaciones de su presupuesto, mitigar el efecto de plagas, enfermedades y otros presiones ambientales, y representar un seguro de nuevo material genético frente a los futuros cambios ambientales y económicos (ver resumen de beneficios en el Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Algunos de los posibles beneficios que generaría la conservación en fincas del germoplasma (adaptado de Jarvis, 1999).

Usuarios	Beneficios económicos y socioculturales	Beneficios ecológicos	Beneficios genéticos
Hogar del agricultor	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo y riesgo de la incertidumbre • Ajuste de diferentes presiones presupuestarias • Evitar o minimizar los cuellos de botella de la mano de obra • Cumplir con el ritual social o favorecer los lazos comunitarios • Satisfacer las necesidades nutricionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el uso de insumos químicos • Mejorar la estructura del suelo • Manejar las plagas y las enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguro contra cambios ambientales y económicos
Sociedad	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad alimentaria mundial • Poder conferido a las comunidades locales • Sostenibilidad social 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la contaminación química • Restricción de las enfermedades vegetales • Regulación del flujo hidrológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguro contra el cambio ambiental, plagas y enfermedades • Usos en la agroindustria

1.3 Estrategias complementarias para la conservación

La conservación *in situ* es una de las dos posibles estrategias para conservar los recursos fitogenéticos. El enfoque *ex situ* de la conservación incluye métodos como la crioconservación, los bancos de germoplasma en campo, la conservación *in vitro*, y las plantas vivas de los jardines botánicos. Tradicionalmente, la conservación *in situ* ha sido empleada para conservar bosques, especies silvestres, áreas valoradas por su vida silvestre o ecosistemas, mientras que la conservación *ex situ* ha sido un enfoque predominante de la conservación de los recursos fitogenéticos empleados en la alimentación y la agricultura (Brown, 2000). Este enfoque está cambiando; en tanto, los científicos reconocen que cada enfoque tiene sus ventajas y desventajas respecto a la conservación de los recursos genéticos cultivados.

1.3.1 Ventajas y desventajas de las dos estrategias

Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* tiene ventajas importantes para los conservacionistas de recursos fitogenéticos. Es relativamente fácil identificar el material genético conservado en el banco o jardín botánico, ya que, en general, está bien documentado para que puedan usarlo los fitomejoradores y otros científicos. Asimismo, la diversidad mantenida con esta estrategia está directamente controlada pues, gran número de accesiones se guardan en condiciones deseables y se regeneran periódicamente, y la probabilidad de pérdida del material es relativamente baja. Además, el acceso a esa diversidad suele ser también relativamente sencillo.

Hay también desventajas asociadas a la conservación *ex situ*. Entre las principales está el hecho inevitable de que la conservación *ex situ* saca el material genético de su ambiente natural. Este hecho detiene los procesos evolutivos y evita que las variedades locales, únicas y adaptables, confronten los cambios ambientales. Por otro lado, la conservación *ex situ* puede encarecer el trabajo de conservación, haciéndolo insostenible en algunos casos. Estos costos afectan la selección de las especies que se deben recolectar para conservación *ex situ* y, probablemente, las que representan los cultivos principales o los de alto valor económico son las que comúnmente reciben mayor atención de los mejoradores y de los científicos.

Conservación *in situ*

Hay ventajas importantes en la conservación *in situ*. Una es la conservación tanto del material genético como de los procesos que incrementan la diversidad. La sostenibilidad a largo plazo del trabajo de los mejoradores puede depender de la continua disponibilidad de variación genética, la cual puede mantenerse y desarrollarse en los campos de los agricultores. Además, la conservación *in situ* maneja un gran número de especies en un solo sitio, lo que sería difícil para la conservación *ex situ* debido a que las especies que se mantienen *ex situ* tienen requerimientos diferentes (p.e., diferente comportamiento de las semillas en almacenamiento, requerimientos para multiplicación, etc.). Bajo ciertas circunstancias, que dependen de la especie cultivada o del tipo de recursos genéticos que vayan a mantener, las intervenciones que apoyan la evolución continua en fincas pueden ser más económicas y efectivas que si se aplican al almacenamiento *ex situ*. Como Stephen Brush hace notar, “gran cantidad de germoplasma tiene potencial para ser conservado en *el sitio (in situ)*, lo que es económicamente más factible que conservarlo fuera de él. Aunque la protección del hábitat no facilita *per se* la utilización del germoplasma conservado, la sostenibilidad a largo plazo de los trabajos de mejoramiento depende de la disponibilidad continua de una gran cantidad de

germoplasma, el cual no puede almacenarse efectivamente fuera del sitio (*ex situ*), (Brush, 1991).

Hay, sin embargo, diversos problemas asociados con el enfoque de conservación *in situ*. Puede ser difícil para los investigadores identificar el material genético conservado y acceder a él, y esto representaría un problema para los fitomejoradores porque desean usar materiales de características particulares. Además, el enfoque en fincas rara vez permite que los científicos tengan un control completo del germoplasma en comparación con la facilidad de control del enfoque *ex situ*. Los mismos factores que permiten la conservación dinámica pueden contribuir a amenazar la seguridad de las variedades locales. La erosión genética puede ocurrir por circunstancias imprevisibles de guerra y de desastres naturales, mientras que los cambios sociales y económicos pueden o promover u ocultar la conservación en fincas de la biodiversidad a través del tiempo. En realidad, uno de los desafíos de la investigación que se hace en conservación *in situ* es evaluar la forma en que el desarrollo económico afecta a los agricultores en su trabajo de mantener la diversidad, así como explicar estos procesos respecto a la implementación de las iniciativas de conservación.

1.3.2 Enfoque integral de la conservación

Cada enfoque de conservación tiene sus ventajas y desventajas; por tal razón, el sistema de conservación más efectivo incorporará elementos de ambos enfoques. Esta combinación se conoce como enfoque integrado de conservación. Cuando se aplica a una sola especie, el enfoque integrado puede combinar las diversas opciones de conservación *ex situ* e *in situ* que estén disponibles. Los enfoques de conservación *in situ* no deberían competir con las iniciativas *ex situ* por recursos o por prioridades, antes bien son complementarios dentro de un marco de trabajo institucional cuyo objetivo sea maximizar el intercambio de información y los beneficios de la conservación (Brush, 1991).

Cualquier estrategia integral de conservación debe guiarse, sin duda, por los objetivos de la conservación. Algunas de las preguntas que orientan el diseño de una estrategia de conservación se presentan más abajo. Esta lista de preguntas no es exhaustiva, pero señala, en principio, los factores que deben tenerse en cuenta cuando se diseña un enfoque integrado de conservación.

1.4 Investigar desde las bases científicas de la conservación en fincas

Antes de implementar un programa de conservación *in situ*, es necesario entender los factores que influyen en el nivel de diversidad genética de las especies cultivadas en una fincas. Mientras la conservación *ex situ* es, en primera instancia, un asunto técnico sobre la forma de conservar mejor el germoplasma, la conservación de la diversidad genética, o su erosión, en los campos de los agricultores esta constituida por diversos y complejos factores que actúan con el tiempo. Estos factores van desde la toma de decisiones de los agricultores y el cambio ambiental local hasta las interacciones entre las poblaciones cultivadas y dentro de ellas. Se requiere hacer una investigación para dar respuesta a las siguientes preguntas clave:

1. ¿Cuál es la cantidad y la distribución de la diversidad genética mantenida por los agricultores a través del tiempo y el espacio?
2. ¿Qué procesos se utilizan para mantener esta diversidad genética en las fincas?
3. ¿Qué factores influyen en las decisiones de los agricultores respecto a mantener la diversidad en las fincas?
4. ¿Quién mantiene esta diversidad en las fincas (hombres, mujeres, jóvenes, viejos, ricos, pobres, ciertos grupos étnicos)?

La respuesta a estas preguntas proporcionará las bases científicas para el diseño efectivo y a largo plazo de la conservación de la diversidad genética cultivada en las fincas.

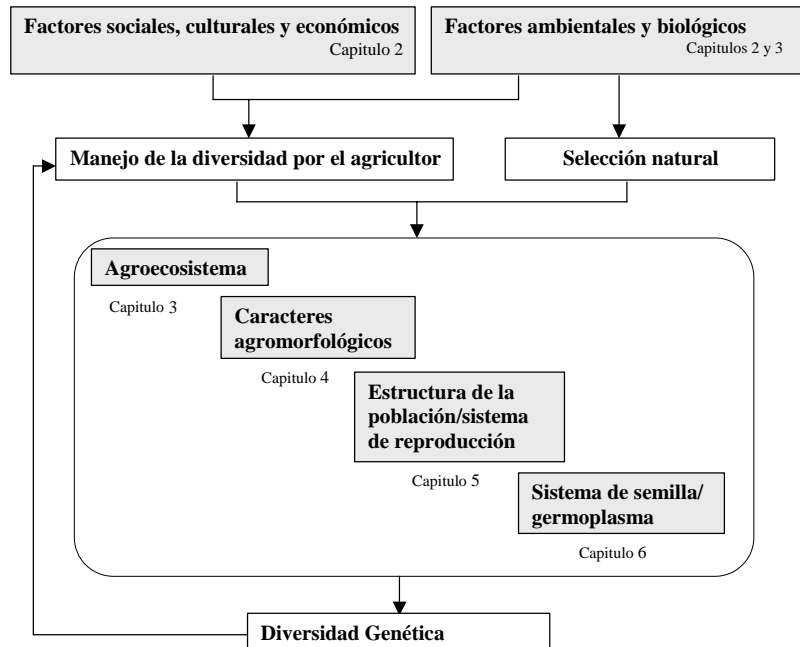


Figura 1. Relación entre la toma de decisiones del agricultor, la selección natural y los estimadores que miden la diversidad genética.

1.5 Terminología

Accesión: Muestra de una especie vegetal depositada en un banco de germoplasma para su conservación y uso.

Acervo de genes: Cantidad total de diversidad genética presente en una determinada población.

Adaptación: Proceso evolutivo mediante el cual las especies cambian a través del tiempo, en respuesta al ambiente

Agroecosistema: Sitio de producción agrícola, incluyendo todos sus organismos y factores ambientales, que funciona con ayuda humana como un sistema estable con un flujo circular de materia y energía (Gliessman, 1998).

Agroforestería: Integración de árboles y arbustos dentro de las prácticas agrícolas.

Alógama: Planta o variedad autoincompatible en su biología reproductiva; término opuesto a *autógama*.

Autógama: Planta o variedad autocompatible en su biología reproductiva; opuesto a *alógama*.

Biodiversidad: Variabilidad total entre las especies de todos los organismos vivientes y dentro de ellas (Friis-Hansen y Sthapit, 2000).

Carácter: Expresión fenotípica manifestada como un atributo estructural o funcional de un organismo, que resulta de la interacción de un gen o grupo de genes con el ambiente (IBPGR, 1991).

- Característica agromorfológica:** Carácter fenotípico de una planta –puede ser morfológico, agronómico o de tipo similar– utilizado por los agricultores o investigadores para identificar una variedad cultivada.
- Caracterización:** Valoración de los caracteres de una planta que son altamente heredables, fácilmente visibles y expresados de igual modo en todos los ambientes, empleada para distinguir los fenotipos; comparar con **evaluación**.
- Conocimiento tradicional (CT):** Comprensión que tiene una comunidad de las ideas o tradiciones que perviven en ella.
- Conservación:** Manejo de la biosfera por el hombre para obtener de ella el máximo beneficio sostenible para las generaciones actuales manteniendo, al mismo tiempo, su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. De esta manera, la conservación es positiva porque comprende la preservación, el mantenimiento, el uso sostenible, la restauración y el fortalecimiento del ambiente natural (Friis-Hansen y Sthapit, 2000).
- Conservación en fincas:** Enfoque de conservación *in situ* de los recursos genéticos, orientado a mantener las especies cultivadas en los campos de los agricultores.
- Conservación ex situ:** Traslado del material vegetal del lugar donde se encuentra creciendo a un sitio diferente en que será almacenado, ya sea como semilla en un banco de germoplasma, como material vegetativo *in vitro*, o como planta en un jardín botánico o en un banco de germoplasma en campo.
- Conservación in situ:** “Conservación de ecosistemas y de hábitat naturales así como mantenimiento y recuperación de poblaciones viables en su ambiente natural y, tratándose de especies domesticadas o cultivadas, en el entorno donde han desarrollado sus caracteres distintivos” (Reid *et al.*, 1993:305). La conservación *in situ* de los recursos domesticados se realiza en los campos de los agricultores (es parte de los agroecosistemas existentes), mientras que otros tipos de conservación *in situ* prestan atención a las poblaciones vegetales silvestres que crecen en sus hábitat originales (reservas genéticas).
- Cultivar:** Variedad cultivada de una especie domesticada; es sinónimo de **variedad** (Friis-Hansen y Sthapit, 2000).
- Diversidad genética:** Variación genética presente en una población o especie.
- Deriva genética:** Cambios impredecibles en las frecuencias alélicas registrados en una población pequeña.
- Erosión genética:** Pérdida de diversidad genética entre poblaciones de la misma especie y dentro de ellas a través del tiempo; o también, reducción de la base genética de una especie.
- Especie:** Grupo de poblaciones naturales que pueden o potencialmente pueden cruzarse entre si y están aisladas reproductivamente de otros grupos (IBPGR, 1991).
- Evaluación:** Valoración de los caracteres de las plantas, tales como el rendimiento, los caracteres agronómicos, la susceptibilidad al estrés biótico y abiótico, y los caracteres bioquímicos y citológicos, cuya expresión puede estar afectada por los factores ambientales; comparar con **caracterización**.
- Fenotipo:** Suma de las características físicas de una planta. El fenotipo de una planta es el resultado de la interacción entre los caracteres genotípicos y las condiciones ambientales, proceso sintetizado en el término **interacción G x A** (o sea, Genotipo x Ambiente = Fenotipo).
- Flujo genético:** Intercambio de material genético entre poblaciones. Puede ser empleado en el sentido de la reproducción de las plantas (o sea, por la dispersión de gametos y cigotos)

o según la influencia del hombre (p.e. la introducción de nuevas variedades cultivadas por los agricultores).

Gen: Unidad funcional de la herencia. Un gen es una sección del ADN total que codifica para una función bioquímica específica de un organismo viviente en un laboratorio (Friis-Hansen y Sthapit, 2000).

Genotipo: Composición genética de una planta que sintetiza todos los caracteres heredables.

Germoplasma: Material genético que constituye la base física de la herencia y que es transmitido de generación en generación por medio de las células germinales (IBPGR, 1991).

Pariente silvestre: Especie no cultivada más o menos estrechamente relacionada con las especies cultivadas (que usualmente son del mismo género); normalmente no se emplea en la agricultura pero se encuentra en los agroecosistemas (como maleza o como componente de pasturas o de terrenos sin cultivar).

Población: Grupo de individuos de la misma especie que viven en la misma región geográfica (Gliessman, 1998).

Recursos genéticos: Germoplasma de plantas, animales y otros organismos, que contiene caracteres útiles de valor real y potencial (IBPGR, 1991).

Selección: Proceso natural o artificial que permite un incremento en la proporción de ciertos genotipos o grupos de genotipos en generaciones sucesivas, generalmente en detrimento de la proporción de otros genotipos (IBPGR, 1991).

Selección natural: Selección ejercida por los factores ambientales bióticos y abióticos como mecanismo principal de evolución. La selección puede actuar a nivel del gen, de la célula, del clon, del individuo, y de la población de una especie (IBPGR, 1991).

Sistema (o unidad) de producción agrícola: Elementos de la unidad de producción que interactúan conjuntamente como un sistema e influyen en las personas, los cultivos, el ganado, la vegetación aledaña, la vida silvestre, el ambiente, entre los cuales causan interacciones sociales, económicas y ecológicas (Friis-Hansen y Sthapit, 2000).

Variedad: Subdivisión de una especie, ubicada debajo de subespecie; en la taxonomía clásica, agrupamiento heterogéneo que incluye la variación no genética de los fenotipos; es un sinónimo de **cultivar** (IBPGR, 1991).

Variedad de alto rendimiento (VAR): Variedad desarrollada por los fitomejoradores modernos con el propósito de maximizar su rendimiento (frecuentemente en condiciones de altos insumos) y con bases en la diversidad o en la adaptación al ambiente local. Las VAR son promovidas comúnmente por los proyectos de desarrollo agrícola, y se consideran muchas veces como amenazas para las variedades criollas de algunas especies desarrolladas a nivel local.

Variedad criolla, local o del agricultor: Variedad de un cultivo que ha sido mejorada y cultivada por los agricultores y está adaptada a las condiciones ambientales locales.

Variedad moderna (VM): Variedad de un cultivo desarrollada por los fitomejoradores modernos; es sinónimo de **variedad de alto rendimiento (VAR)**.

1.5.1 Definición de términos particulares

a. Conservación *in situ* en fincas

- “Conservación *in situ* de la biodiversidad agrícola es el mantenimiento de la diversidad presente entre las poblaciones de varias especies y dentro de ellas, las cuales se emplean directamente en la agricultura o se usan como fuente de genes, en los hábitat donde esa diversidad se incrementa y continua creciendo” (Brown, 2000).

- “Conservación *in situ* se refiere a la preservación de poblaciones variables en su ambiente natural o de cultivo, dentro de la comunidad de la que forman parte, para permitir que los procesos naturales de la evolución tengan lugar” (Qualset *et al.*, 1997).
- “Conservación *in situ* se refiere al mantenimiento de los recursos genéticos en los escenarios naturales. Tratándose de los recursos cultivados, significa el cultivo continuo de los recursos genéticos en los sistemas agrícolas donde se encuentran involucrados, principalmente en los centros de origen y diversidad cultivada de Vavilov” (Brush, 1991).
- “Conservación *in situ* significa la preservación, en sus agroecosistemas originales, de las variedades cultivadas por los agricultores, utilizando sus propios métodos y criterios de selección” (FAO, 1989; Bommer, 1991; Keystone Centre, 1991; Louette y Smale, 1996).
- Conservación en fincas es “el manejo sostenible de la diversidad de variedades cultivadas tradicionales localmente desarrolladas, que se asocian con formas o especies silvestres y malezas, por los agricultores y dentro de los sistemas de cultivo agrícola, hortícola o agro-silvícola tradicionales” (Maxted *et al.*, 1997).

b. ¿Qué es una variedad criolla, local o del agricultor?

“Las poblaciones criollas son, con frecuencia, altamente variables en apariencia, pero cada una de ellas es identificable y generalmente tiene un nombre local. Una variedad criolla tiene propiedades o características particulares. Algunas son consideradas como de maduración precoz, otras son tardías. Cada una de ellas tiene una reputación por su adaptación a particulares tipos de suelo, según la clasificación de los suelos del campesino tradicional (p.e. pesado o ligero, frío o cálido, seco o húmedo, fuerte o débil). También pueden clasificarse según el uso esperado; entre los cereales hay diferentes variedades criollas utilizadas para harina, para hojuelas, por su “volumen de expansión” y como malta para hacer cerveza, etc. Todos los individuos de la población están adaptados a las condiciones climáticas, a las prácticas culturales, y a las plagas y enfermedades de una localidad” (Harlan, 1975).

1.6 Referencias

- Bellon, M.R., J.L. Pham y M.T. Jackson. 1997. Genetic conservation: a role for rice farmers. Pp. 263-289 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Bommer, D.F.R. 1991. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. Pp. 3-12 in *Searching for New Concepts for Collaborative Genetic Resources Management: Papers of the EUCARPIA/IBPGR Symposium, Wageningen, The Netherlands* (T.J.L. van Hintum, L. Frese y P.M. Perret, eds.). International Crop Network Series No. 4. IBPGR, Roma.
- Brown, A.H.D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. Pp. 29-48 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Brush, S.B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45:153-65.
- Friis-Hansen, E. y B. Sthapit (eds). 2000. Participatory approaches to the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- FAO. 1989. Les ressources phytogenétiques: Leur conservation in situ au service des besoins humains. FAO, Roma.

- Gliessman, Stephen R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Sleeping Bear Press, Chelsea, Michigan.
- Harlan, J.R. 1975. *Crops and man*. First Edition. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- IBPGR. 1991. *Elsevier's dictionary of plant genetic resources*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda.
- Jarvis, D. 1999. Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity on farm. *Botanica Lithuania Suppl.* 2:79-90.
- Keystone Centre. 1991. Final consensus report: Global initiative for the security and sustainable use of plant genetic resources. Third Plenary Session, 31 de mayo al 4 junio de 1991. Oslo, Norway: Keystone International Dialogue Series on Plant Genetic Resources.
- Louette, D. y M. Smale. 1996. Genetic diversity and maize seed management in a traditional Mexican community: Implications for in situ conservation of maize. *NGR Paper 96-03*. CIMMYT, Mexico, D.F.
- Maxted, N., J.G. Hawkes, B.V. Ford-Lloyd y J.T. Williams. 1997. A practical model for in situ genetic conservation complementary conservation strategies. Pp. 339-367 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Qualset, C.O., A.B. Damania, A.C.A. Zanatta y S.B. Brush. 1997. Locally-based crop plant conservation. Pp. 160-175 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Reid, W.V., S. Laird, C. Meyer, R. Gámez, A. Sittenfeld, D. Janzen, M. Gollin y C. Juma. 1993. *Biodiversity prospecting: using resources for sustainable development*. World Resources Institute, Washington, DC.

1.7 Lectura recomendada

- Altieri, M.A. y L. Merrick. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 1: 86-96.
- Brush, S.B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45:153-65.
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Pareulo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Frankel, O.H. y J.G. Hawkes (eds). 1975. *Crop genetic resources for today and tomorrow*. International Biological Programme 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nabhan, G.P. 1985. Native crop diversity in Aridoamerica: conservation of regional gene pools. *Economic Botany* 39(4):387-399.
- van Oosterhout, S. 1996. What does *in situ* conservation mean in the life of a small-scale farmer? Examples from Zimbabwe's communal areas. Pp. 35-52 in *Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources on-Farm* (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Canadá.

Capítulo 2 Relación entre los factores sociales, culturales y económicos y la diversidad genética cultivada

Colaboraron en este capítulo:

*L.M. Arias-Reyes, M.O. Belem, S. Brush, P.H. Cuong, B. Dossou, P. Eyzaguirre, M. Fernández, E. Friis-Hansen, D. Gauchan, N.N. Hue, M. Mahdi, C. Morales-Valderrama, F. Nassif, T. Quiñones-Vega, R.B. Rana y A. Subedi*¹

2.0	Objetivos del capítulo	14
2.1	Contexto social y cultural	14
2.1.1	Funciones sociales y conservación de la diversidad cultivada	15
2.2	Función del análisis económico en la práctica de la conservación en fincas	20
2.3	Factores que influyen en la elección que hace el agricultor de una variedad	21
2.3.1	Relación entre la elección de la variedad por el agricultor y la diversidad en las fincas	26
2.4	Valor de la diversidad cultivada local para los mercados y los agricultores	26
2.4.1	Cuando los mercados valoran los caracteres	27
2.4.2	Cuando los mercados no valoran los caracteres	28
2.4.3	Relación entre valoración y diversidad genética	30
2.5	Manejo de la diversidad por el agricultor	32
2.6	Referencias	34
2.7	Lecturas recomendadas	35

¹ Créditos para las fotografías: Pp. 16, 17, 22, 29, 33: D. Jarvis; p. 19: J.L. Chávez-Servia; p. 29: D. Hines.

2.0 Objetivos del capítulo

Al final de este capítulo, el lector habrá entendido:

- Los factores sociales, culturales y económicos que influyen en las decisiones de los agricultores relacionados con la diversidad cultivada.
- La forma de probar las relaciones que existen entre estos factores y la diversidad de los cultivos en las fincas.
- Algunos métodos para determinar el valor de la diversidad local de los cultivos para los agricultores y para el mercado.

Uno de los desafíos aceptados por la investigación de la conservación en fincas es la forma de cuantificar el efecto que tienen los factores sociales, culturales y económicos en las acciones de los agricultores respecto al mantenimiento de la diversidad genética cultivada. La comprensión de estas relaciones permitirá formarse una idea que estimule la conservación de las variedades criollas y, en el mejor de los casos, el diseño de una estrategia formal de conservación *in situ*. El enfoque social investiga la forma en que la gente se agrupa en instituciones y organizaciones para realizar una acción colectiva. La investigación social se enfoca hacia las costumbres y los valores mediante los cuales una sociedad o un grupo social se define a sí mismo; el análisis económico, en cambio, se orienta hacia la toma de decisiones de la gente relacionadas con la asignación y el uso de los recursos y se basa tanto en valores de mercado como no mercantiles.

2.1 Contexto social y cultural

Las instituciones sociales y las tradiciones culturales proporcionan el contexto en el que se basa la selección de la semilla y el manejo del cultivo por el agricultor. Los factores sociales y culturales influyen en las decisiones del agricultor (o agricultora); entre ellos están sus prácticas tradicionales, la forma local de vida, y la identidad del grupo al que pertenece. Desde hace mucho tiempo, los antropólogos han reconocido la función de la cultura en la elección que hace el agricultor de las variedades que siembra, así como en la distribución espacial de ésta.

El valor que tenga una variedad criolla para el estilo de vida y para la identidad de un grupo social determinado puede inducir a que se la conserve. Las variedades criollas pueden tener caracteres de un valor particular que no sea posible obtener de fuentes exóticas. Son valoradas también por el lugar que ocupan en las tradiciones locales; por ejemplo, en diversas festividades, como los festivales religiosos, en el uso diario como alimento y en las prácticas medicinales, en las cuales se requieren variedades cultivadas de características específicas. Frecuentemente, las preferencias del consumo, asociadas con ciertas variedades criollas, reflejan la importancia cultural del uso que han recibido en la preparación de ciertos platos. Brush (1995), Zimmerer (1996) y González (2000) han descrito el papel que tienen las preferencias culturales por la diversidad para influir en la siembra continua de las variedades criollas.

Por el uso que reciben las variedades cultivadas tradicionales, tanto en la alimentación como en ciertas tradiciones, pueden desempeñar un papel importante en la forma como son percibidas por una comunidad o por un grupo dentro de una comunidad. Este hecho permite observar un paralelismo notorio entre la diversidad cultural y la diversidad de los cultivos. Como ejemplo, el etnobotánico Hernández X. conceptualiza al maíz en las Américas como el “centro de una serie de caracteres culturales ilustrativos provenientes de la inter-relación entre el hombre y las plantas” (1985: 416). Explica luego que la diversidad cultural y la del maíz son una función del patrón de las migraciones históricas del hombre y de la variación

ecológica ocurrida dentro de las Américas; la diversidad del maíz refleja así la diversidad cultural y la variación contenida en su cultivo, en su uso y en las prácticas ceremoniales relacionadas.

La organización social y las instituciones de una comunidad influyen tanto el acceso de los agricultores a los recursos requeridos en el hogar y en la comunidad como en el manejo que ellos les dan, lo cual afecta las acciones que ejecuten con los recursos genéticos cultivados. La **tenencia de la tierra** es una institución social que se refiere a la manera en que la tierra se distribuye entre la gente y a las normas con que se regulan los derechos de acceso a ella y de propiedad. La distribución espacial de los cultivos a través de las regiones está determinada no sólo por la tenencia sino también por la topografía y por la historia del asentamiento humano. La tenencia de la tierra y los sistemas de propiedad varían entre las comunidades y dentro de ellas en lo referente a la propiedad privada o comunal, equidad en la distribución de la tierra, tamaño y número de parcelas cultivadas (parcelación) por hogar, y acceso intra-familiar a la tierra. El tamaño de la unidad de producción de los agricultores, así como la distribución de éstas por tamaño y por calidad, pueden influir en las decisiones que tome el agricultor (o agricultora) respecto a las variedades que seleccionará y a la repartición del área entre las variedades sembradas. Asimismo, la determinación del tamaño de las poblaciones y la propensión al flujo genético podrían afectar las frecuencias alélicas, y en éstas se basan las medidas de la diversidad genética cultivada.

En Etiopía, el cambio en el sistema de tenencia de la tierra (de propiedad comunal a propiedad privada) dio como resultado la adopción de prácticas más sostenibles de manejo del suelo; como, el cultivo en terrazas ('terraceo') y la reforestación (Omit et al., 1999). Aunque esas prácticas no afectan directamente la diversidad genética cultivada, pueden tener implicaciones, por efectos de tenencia de la tierra, en el cultivo y en las prácticas de manejo de las semillas, dos actividades mediante las cuales el agricultor da forma a la agrobiodiversidad en fincas.

Louette et al. (1997) encontraron que el acceso a la tierra es un factor que determina significativamente las fuentes de semillas de los agricultores en una comunidad mexicana maicera. Los arrendatarios y los agricultores que poseen pequeñas porciones de terreno consumen todo el maíz que producen cada año o un poco más y, por tanto, consiguen de algún lado la semilla necesaria para cada estación de siembra. Por consiguiente, los agricultores siembran generalmente sus propias semillas, y por ello cultivan, en promedio, casi el doble de las variedades que todos ellos obtienen de sus vecinos. Los patrones de distribución y de tamaño que tienen sus campos de cultivo en una comunidad influyen significativamente en la conservación de la biodiversidad, mediante la forma en que los agricultores distribuyen espacialmente sus poblaciones cultivadas. Por ejemplo, Brush (1995) encontró que el acceso de los agricultores a los diferentes tipos de parcela estimula la conservación porque permite que los agricultores conserven las variedades locales en una misma parcela y siembren las variedades modernas en la mayor parte de sus áreas de cultivo.

2.1.1 Funciones sociales y conservación de la diversidad cultivada

El contexto social y el cultural determinan las funciones de los diferentes individuos o grupos dentro del hogar o de la comunidad; hay, por ejemplo, grupos basados en el género, la edad o el estatus social. Estas funciones, socialmente determinadas, afectan el conocimiento del agricultor, sus acciones y el acceso que tiene a los recursos relacionados con el mantenimiento de la diversidad cultivada. Estudiar la relevancia de estas funciones sociales en la diversidad cultivada en fincas ayudará a comprender quién está involucrado en el mantenimiento de esa diversidad.

Edad. El conocimiento tradicional (CT) incluye el conocimiento de la diversidad cultivada, y frecuentemente lo ostentan los individuos más ancianos de una comunidad. Este vínculo puede ser débil, porque ese conocimiento se puede perder si los ancianos no lo transmiten a las nuevas generaciones. Aunque el CT está asociado a menudo con la edad, los jóvenes también poseer un CT especial acerca de los cultivos y las plantas silvestres asociadas.

Género. El género es una categoría social particularmente importante para la diversidad cultivada, en especial cuando determina las funciones y responsabilidades individuales relacionadas con el cultivo y el manejo de las semillas. El conocimiento que poseen, con exclusividad, los hombres o las mujeres puede variar de cultivo a cultivo y entre las diferentes variedades criollas de una especie. Estas diferencias son el resultado de las variaciones en usos, preferencias o regímenes de mano de obra asociados con los sexos. Dada la naturaleza del CT, que se basa en el género, la recolección de la información que poseen hombres y mujeres, y su conservación en un formato desagregado, es entonces de primordial importancia para la investigación en fincas.

Ejemplo: El género y el uso del suelo en Burkina Faso

El componente Burkina Faso del proyecto de investigación del IPGRI sobre conservación en fincas ha identificado diferencias en la propiedad y en el uso de la tierra respecto a las mujeres y a los hombres. Los hombres tienen como responsabilidad la parcela principal familiar, en la que todos los miembros del hogar trabajan. Por otro lado, hombres y mujeres pueden tener sus propias pequeñas parcelas en las que siembran los cultivos destinados al mercado. Las mujeres cultivan sus propias parcelas después de que la parcela principal familiar ha sido ya cultivada; ellas siembran okra, cacahuate (maní), sésamo (ajonjolí), hibiscos y otras especies. Las mujeres emplean el ingreso generado por la venta de estos cultivos para cubrir las necesidades del hogar.

Fuente: Belem, 2000



Campešina Burkinabé en su campo de mijo perla.

Riqueza: El vínculo entre la riqueza y el CT es variable. Según el ecosistema y el contexto socioeconómico, la riqueza puede correlacionarse positiva o negativamente con la diversidad

agrícola. La riqueza puede permitir el mantenimiento de materiales criollos y conocimientos asociados con ellos por razones puramente estéticas como por ejemplo, para conservar la tradición. La gente pobre por su parte, puede tener un conocimiento especial de la diversidad que se adapta a agroecosistemas marginales o de bajos insumos.

Ejemplo: Nivel de riqueza y mantenimiento de variedades seleccionadas en Nepal

La investigación del componente Nepal del proyecto de conservación in situ en fincas del IPGRI reveló, en tres ecositios de estudio, que la riqueza es un factor socioeconómico importante que afecta el mantenimiento de variedades de arroz en los hogares. Mientras los hogares pobres, cuyos recursos son limitados, cultivan variedades más rudimentarias y tolerantes a la sequía, los hogares con más recursos cultivan variedades de altas calidades para obtener precios altos en el mercado y para preparar alimentos especiales.

Fuente: Rana *et al.*, 2000



En Nepal, los agricultores de bajos recursos deben comenzar la trillar más pronto que los que tienen mayores recursos, ya que la cosecha anterior no dejó suficientes almacenes de grano.

Estatus social: La condición o el estatus social está vinculado al nivel de riqueza, aunque también tiene características para un análisis por separado. Los individuos o familias con un estatus social o político particular pueden controlar algunos aspectos específicos de la agricultura; como, la prueba de nuevas variedades, las épocas de cosecha en cultivos de producción variable, etc. Los individuos que ejercen funciones rituales o culturales específicas tienen un conocimiento único de la diversidad cultivada; un ejemplo de esto son los agricultores con experiencia en la producción de semilla o en otras tareas especializadas que se relacionan íntimamente con el nivel de riqueza.

Etnicidad: La etnicidad se expresaría como la combinación de una gama de diferencias culturales y sociales que existen entre grupos. Los grupos étnicos están frecuentemente asociados con distintas tradiciones y “culturas de alimentación”, que pueden servir de base para preservar el conocimiento y la diversidad locales. Aunque las condiciones ambientales sean similares para los diferentes grupos étnicos, éstos pueden sembrar distintas variedades cultivadas y emplear técnicas de manejo agroecológico únicas.

Características de las variedades de arroz seleccionadas en el ecositio Begnas, Nepal.

Variedades locales/modernas (VM)	Variables socioeconómicas	Características agroecológicas
Jetho Budo/Pahele	<ul style="list-style-type: none"> Tipo fino aromático con un precio alto en el mercado Cultivado principalmente por hogares con recursos Área en que se cultiva = 0.12 ha/hogar Número de hogares que la cultivan = 53 	<ul style="list-style-type: none"> Se cultiva en condiciones de riego Esencialmente en condiciones de altas fertilizaciones Productividad = 2.58 t/ha
Anadi	<ul style="list-style-type: none"> Arroz glutinoso valorado para la preparación de Latte, Siraula y Khatte[†] Cultivado principalmente por hogares con recursos Posee valor medicinal Área en que se cultiva = 0.02 ha/hogares Número de hogares que la cultivan = 99 	<ul style="list-style-type: none"> Se cultiva en condiciones de estación lluviosa Mediana a alta fertilidad Productividad = 2.40 t/ha
Mansara	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de grano medianamente rústico Cultivado por hogares de bajos recursos y en área más grandes que las de los hogares de mayores recursos. Área en que se cultiva = 0.12 ha/hogares Número de hogares que la cultivan = 43 	<ul style="list-style-type: none"> Cultivada exclusivamente en la estación de lluvias Tolerante a la sequía Adaptada a condiciones de baja fertilidad Productividad = 1.74 t/ha
Kathe Gurdi	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de grano medianamente fino Cultivada por todos los grupos pero las áreas más grandes la siembran los hogares pobres. Área en que se cultiva = 0.1 ha/hogares Número de hogares que la cultivan = 47 	<ul style="list-style-type: none"> Cultivada en la estación de lluvias Tolerante a la sequía Se cultiva en condiciones de mediana fertilidad Productividad = 2.03 t/ha
Mansuli (MV)	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de grano medianamente fino con buen precio de mercado Es la variedad más común en Nepal Área en que se cultiva = 0.2 ha/hogar Número de hogares que la cultivan = 59 	<ul style="list-style-type: none"> Cultivada tanto en riego como en la estación de lluvias Crece en condiciones de alta fertilidad Productividad = 3.35 t/ha

[†]Latte = El Latte se prepara remojando el arroz (sin cáscara) durante 12-24 horas y cocinándolo en mantequilla o aceite, agregándole azúcar mientras se revuelve continuamente. A diferencia de la preparación normal de arroz, no se agrega agua mientras se cocina Latte. Este platillo se consume principalmente durante el "Saune Sakrati" – festival celebrado en el mes de julio -- y el "Panrda Poush" – festival cebrado en diciembre.

Siraula = El Arroz "Anadi" (con cáscara) se remoja y se tuesta hasta que reviente, se deja enfriar y se le quita la cáscara con una descascarilladora o una trituradora manual. El Siraula se consume principalmente como bocadillos o mezclado con leche para agregarle sabor.

Khatte = El Khatte se prepara remojando ligeramente el arroz (sin cáscara) en agua y tostándolo. El Khatte también se consume como bocadillo.

Fuente: Rana *et al.*, 2000

Ejemplo: Conocimiento tradicional y etnicidad en una Villa de Tanzania

La etnicidad y la historia cultural asociada con ella son elementos determinantes del conocimiento tradicional en Mkulula, Tanzania. Cada grupo étnico se basa en las estrategias de subsistencia históricas, por lo cual el uso y la conservación de la diversidad difieren entre los grupos. Los agricultores de la tribu Gogo, quienes migraron a Mkulula desde una región de Tanzania cultivadora de sorgo por tradición, cultivan más del doble de variedades criollas que otros grupos. No ocurre así en las tribus Bena y Hehe, originarias de las áreas donde el maíz predominó, ni con el pueblo Masai, cuyo sustento se basa tradicionalmente en el pastoreo. Según esta información, los agricultores de estos tres últimos grupos viven ahora en Mkulula y cultivan menor número de variedades que los agricultores Gogo.

(Friis-Hansen, 2000)

Análisis del género

Por **género** se entienden las funciones y responsabilidades sociales que se desarrollan en un contexto cultural específico; el género se aprende y es modificable, y puede variar ampliamente dentro de las culturas y entre ellas. El género no se identifica aquí con el sexo, el cual se refiere a las diferencias entre hombres y mujeres y es una condición biológica fija.

Las **funciones del género** son los comportamientos aprendidos en una sociedad y se basan en la condición social de las actividades que se consideran apropiadas para los hombres y las que lo son para las mujeres. Las funciones del género y sus relaciones no son fijas porque pueden variar en respuesta a cambios en las condiciones de la sociedad.

El **análisis del género** es una herramienta para descubrir datos útiles acerca de las características de una población. Este análisis se concentra en los trabajos sobre el estudio de las actividades, responsabilidades, oportunidades y problemas de la vida de cada miembro de una población, incluyendo las relaciones entre hombres y mujeres y dentro de cada grupo genérico. Para dar una idea de la forma en que opera, las preguntas clave son: ¿QUIÉN hace QUÉ, y CUÁNDO y en qué circunstancias?, ¿CÓMO están cambiando las relaciones entre hombres y mujeres y dentro de estos grupos genéricos? y ¿CÓMO afectan estos cambios la manera en que las mujeres y los hombres manejan el medio agrícola? (IPGRI, 1991)

Ejemplo: Conocimientos de las mujeres sobre el procesamiento de alimentos en los sistemas de agricultura milpera de Yucatán, México

Familias rurales, como la familia Cuxim, en Yaxcabá, Yucatán, sobreviven gracias a las tecnologías tradicionales de preparación de alimentos. La fotografía muestra a tres generaciones de mujeres (abuela, madre e hija) preparando tortillas de maíz. La tarea de preparar tortillas puede tomar de 6 horas a 1 día, incluyendo en este tiempo las operaciones de moler el grano y procesarlo.



(Contribución de L.M. Arias-Reyes)

Los factores sociales y culturales determinan las funciones de los individuos, y las circunstancias que los rodean cambian con ***el paso del tiempo***. Por ejemplo, las restricciones asociadas con las prácticas religiosas pueden cambiar, los conflictos armados pueden movilizar a los agricultores a refugios, la educación sobre la salud y otros factores alteran las preferencias relacionadas con el sabor, la textura o el color de los alimentos. En la medida en que cambien las prácticas tradicionales y las formas locales de vida que crean un contexto para las decisiones de los agricultores, así se modificarán los cultivos y las prácticas de manejo de las semillas, dos aspectos que influyen en la diversidad genética de los cultivos.

2.2 Función del análisis económico en la práctica de la conservación en fincas

El análisis económico contribuye a dar una base científica a la conservación en fincas porque se puede aplicar al trabajo de seleccionar las mejores formas de alcanzar una meta social predeterminada. Los valores derivan del uso humano que, entendido como función estética que soporta el sistema, reconoce que los recursos genéticos son una base mutable, aunque importante, para el futuro de la humanidad. Cuánta importancia tiene para nosotros entender la función de un cultivo en su agroecosistema durante el estudio de la diversidad genética, es decir, comprender la posición del agricultor dentro de su sistema social y económico. Esto es una consecuencia de los beneficios que encierran los recursos genéticos cultivados, similares a otros recursos naturales como el aire y el agua que son compartidos por otras personas. El primero es el valor “privado”, que se obtiene al cosechar y por ello disfrutado por los agricultores. El segundo es el valor “público”, que está relacionado con el germoplasma del cual se beneficiarán las futuras generaciones de agricultores y consumidores.

Irónicamente, algunas de las poblaciones de plantas de mayor diversidad genética, cuyo potencial para la humanidad es muy grande, son cultivadas por algunas de las poblaciones más pobres del mundo. Cuando los agricultores descubran que cultivar estas poblaciones redundará en su propio interés, entonces ellos y la sociedad se beneficiarán porque no habrá un costo extra para ninguno. Ahora bien, ¿cuántos agricultores tienen un “incentivo” para continuar sembrando esos cultivares?

Cuando decimos “incentivos” para la siembra de poblaciones cultivadas, nos referimos a la valoración de esas poblaciones porque proporcionan caracteres que satisfacen los objetivos de los agricultores, en la forma en que ellos los definen. Dado que los pequeños agricultores producen cultivos alimenticios para su propio consumo, esos caracteres comprenden, muchas veces, no solamente características agronómicas como tolerancia a estrés biótico y abiótico sino también algunas características de consumo, como aceptabilidad en la preparación de platos especiales “valorados” por las comunidades locales. Cuando los mercados no están bien desarrollados, el valor de las variedades se relaciona directamente con la posibilidad de que éstas respondan a las necesidades de los hogares rurales. Aun en mercado ya desarrollados, cierto número de atributos con los cuales los agricultores definen sus necesidades no podrán obtenerse a través del mercado. En muchas regiones del mundo, los mercados son imperfectos.

Una hipótesis es que los cambios que acompañan el desarrollo económico reducen el interés de los agricultores para sembrar las diversas poblaciones cultivadas. Cuando los agricultores intensifican su producción y llegan a comercializar sus productos, tienden a especializarse en los cultivos y variedades que pueden vender en el mercado a cambio de un beneficio, y canalizan entonces la selección hacia los sabores y preferencias de los distintos consumidores urbanos, comprando lo que necesitan para su propio consumo. Las unidades de producción llegan a ser muy grandes y pocas, y la mano de obra se moviliza a las áreas urbanas. En algunos casos, una política particular del gobierno sirve para estimular estos cambios.

Sólo algunos agricultores tendrán “incentivos” económicos para mantener la diversidad, es decir, aquéllos para quienes el ambiente económico, social y cultural donde siembran sus variedades también cambia. Nuestra hipótesis es que, en una economía avanzada e industrializada, y en ausencia de programas especiales de gobierno, las variedades criollas son cultivadas sólo cuando tienen cualidades únicas que valoran los consumidores urbanos o los mercados de exportación, y solamente si algunas de estas cualidades no se pueden transferir a las variedades modernas. Donde la diversidad genética se considera importante para un área particular, los agricultores indican que tienen pocos incentivos sociales, culturales y de mercado para mantenerla, será necesario promocionarla mediante iniciativas financiadas con fondos públicos procedentes de impuestos o donaciones que transfieran ingresos de un segmento de la población mundial a otro. Los economistas en general creen que estas formas de intervención son más “costosas” para la sociedad que los incentivos basados en el mercado.

Estas hipótesis generales deben definirse y probarse en cada contexto en particular. El primer paso en esa prueba consiste en relacionar indicadores de cambio económico, de desarrollo del mercado y de política del gobierno con la perspectiva de que los agricultores mantengan poblaciones cultivadas genéticamente diversas. Aquí discutimos una manera de probar esta relación. Otro paso es documentar la forma en que las poblaciones que tratamos de conservar son valoradas, tanto por los agricultores que las producen y consumen como por los consumidores que las compran en el mercado; este tema se discute en la Sección 2.4. Éstas etapas nos guían hacia las opciones apropiadas, dentro de un contexto social, económico y biológico determinado, que llevan a “agregar valor” a las poblaciones de plantas que deseamos conservar. Cuando se proceda a probar estas opciones, el análisis económico proporcionará un indicador, de varios posibles, para valorar su éxito.

2.3 Factores que influyen en la elección que hace el agricultor de una variedad

Las decisiones de los agricultores afectan la diversidad genética de los cultivos que ellos siembran. La decisión más visible y que más extensamente se ha reportado en la literatura de las ciencias sociales, es la **elección de la variedad**, es decir, la selección del número y de la clase de variedades que siembran en el área cultivada, y la proporción en que lo hacen. La investigación ha identificado, empíricamente, varios factores que influyen en la probabilidad de que una variedad criolla sobreviva en un área determinada. El primer conjunto de factores está relacionado con la **intensificación agrícola**, o sea, los cambios técnicos que incrementan los beneficios por unidad de suelo. Las variedades modernas son una forma de intensificación agrícola. Un ejemplo en que se examinan las relaciones entre la intensificación agrícola y la elección de una variedad, se encuentra en Bellon *et al.* (1998). El segundo conjunto de factores está asociado con la **agroecología**, y se discutirá en detalle en el Capítulo 3. En ambientes extremos, heterogéneos y difíciles para la siembra, las variedades tradicionales de los agricultores tienen mayor probabilidad de desarrollarse que las variedades modernas, ya que el germoplasma desarrollado por los programas de mejoramiento centralizado no está bien adaptado a estas áreas marginales y a estos microclimas. El tercer conjunto de factores se relaciona con el desarrollo de la **infraestructura de mercado**, o sea, la integración de las comunidades y de los individuos al mercado para dar salida a sus semillas y a sus cultivos.



Agricultores sembrando variedades de alfalfa tolerantes al frío y adaptadas a las temperaturas bajas del invierno, en las Montaña Atlas de Marruecos.



La pérdida de acceso al mercado por problemas de transporte es un factor que incide en la elección de la variedad del agricultor. Este agricultor Nepali lleva su cebada a pie en Jumla, Nepal.

Ejemplo: Intensificación agrícola y elección de la variedad

Bellon *et al.* (1998) compararon los sistemas de cultivo de arroz en Filipinas, donde encontraron diferencias en el uso que dan los agricultores a las variedades modernas y a las criollas, basándose en las condiciones agroecológicas y en los niveles de intensificación agrícola. En los ecosistemas de tierras altas y bajas en que hay una estación de lluvias (poco intensa), las variedades criollas prevalecen en los campos de los agricultores, mientras que en ecosistemas de riego (más intensivos) las variedades modernas han desplazado completamente a las criollas. El costo de oportunidad para conservar las variedades criollas se incrementó en relación con el potencial de los agroecosistemas para la intensificación.

Cualquier variedad tiene atributos típicos, deseables y no deseables, y “ninguna variedad, por sí sola, satisface todos los requerimientos de los agricultores” (Bellon y Brush, 1994: 202). Pocos son los análisis económicos de la selección de una variedad que hayan considerado otros **caracteres varietales** además del rendimiento y de su varianza; en muchas partes del mundo, los agricultores todavía necesitan satisfacer varios requerimientos de alimentos y de suministros de consumo partiendo de su propia producción. Algunas variedades son más apropiadas que otras para ser procesadas en las fincas o para hacer platos especiales. Un ejemplo reciente de un intento por incorporar los caracteres varietales en un análisis de la selección de una variedad se encuentra en Smale *et al.* (2000).

Ejemplo: Inclusión de caracteres varietales en el análisis de la elección de una variedad

Smale *et al.* (2000) analizaron las decisiones de los agricultores para asignar la cantidad de terreno a sembrar con las variedades criollas de maíz en sureste de Guanajuato, México, y como están relacionadas con los atributos de las variedades además de los factores domésticos, los agroecológicos y los de mercado. La prueba de la hipótesis demostró la importancia que tienen los atributos relacionados con la facilidad para preparar ciertos alimentos, los relacionados con precio y costo, y las características socioeconómicas del hogar para que los agricultores determinaran el porcentaje de área a sembrar por variedad local. Este sentido de mercado ha contribuido a que los costos y los retornos difieran poco entre las variedades criollas, y menos, por ejemplo, que los registrados entre las variedades criollas y las modernas.

Estos factores externos condicionan o limitan las decisiones que toma el agricultor, es decir, las que están más allá de su propio control. Las hipótesis relacionadas con la intensificación, la agroecología y el desarrollo del mercado pueden probarse solamente cuando hay una variación observable en esos factores a través de una muestra estadística de las comunidades. Una forma conveniente de probar las hipótesis relacionadas con la diversidad es comenzar estratificando la muestra a través de esos factores. Los datos pueden recolectarse luego en cada estrato para conocer características dentro del estrato, incluyendo algunas de las variables sociales y culturales discutidas en la Sección 2.1. Por ejemplo, entre las variables pueden incluirse el nivel de ingreso, el estatus como productor (con excedentes o con déficit), la dependencia de un ingreso externo a las fincas, el abastecimiento de mano de obra, las relaciones étnicas, la calidad de la tierra y su tenencia; hipotéticamente, estas variables generan la demanda del agricultor como productor y consumidor de ciertas variedades. La demanda del agricultor por las variedades y sus caracteres es una condición de los factores externos que hemos discutido. Aquí se presentan ejemplos de cómo se pueden medir las variables y recolectar los datos empleando una entrevista estructurada como instrumento.

Cuestionarios para hacer encuestas

Los cuestionarios que se llenan en una entrevista personal sirven para obtener datos cuantitativos directamente de las personas que tienen la información. Su función es establecer una “situación interpersonal en la que el entrevistador hace preguntas a los entrevistados designados para esclarecer el tema, con el fin de extraer respuestas relacionadas con las hipótesis de investigación. Las preguntas, la manera como se formulan y el orden en el que se presentan definen la estructura de la entrevista” (Frankfort-Nachmias y Nachmias, 1996: 232). Puede variar, con cierta flexibilidad, el orden en que los entrevistados responden las preguntas bajo estudio; si se hacen varias entrevistas estructuradas, las preguntas deben redactarse en el mismo sentido para cada participante, y cada pregunta se les hace a los participantes en el mismo orden para evitar variaciones en la interpretación de la pregunta.

Cuando estos datos se han colectado, la decisión de los agricultores se puede analizar en el contexto de la teoría microeconómica de la selección de una variedad, la cual se aplica utilizando modelos econométricos. Un modelo econométrico es aquél que usa la teoría económica para postular relaciones causales y para probarlas mediante el **análisis de regresión múltiple**. En la regresión múltiple, la variable dependiente representa la selección de la variedad (o de las diversas variedades) en relación con los factores citados anteriormente, los cuales serán las variables independientes. La regresión múltiple nos permite probar los efectos individuales de cada variable independiente (o grupo de variables), mientras se controlan los efectos.

En el análisis de la diversidad en fincas, la variable dependiente puede ser la selección entre dos tipos de poblaciones cultivadas, la elección del número de variedades que se siembran, la selección del área distribuida entre las variedades, el índice de diversidad espacial para las variedades nombradas, o alguna otra. Adaptar los modelos econométricos hallados en la literatura de la selección de variedades al análisis de la diversidad genética cultivada requiere, por lo general, de algunas metodologías innovadoras. Ejemplos de tales modelos se encuentran en Brush *et al.* (1992), Meng (1997), Bellon y Taylor (1993), y Smale *et al.* (2000).

Ejemplo: Análisis econométrico para la elección de una variedad

Brush *et al.* (1992) definieron la diversidad de la papa en los Andes como el número de tipos de variedades criollas cultivadas por unidad de producción; para ello relacionaron, de un lado, la diversidad y el área cultivada con variedades modernas, y del otro, el tamaño de la parcela, la fragmentación de la tierra, la distancia a los mercados y el estatus socioeconómico del agricultor. Mientras el tamaño de la parcela y la proximidad a los mercados estuvieron positivamente correlacionados con la adopción de las variedades modernas, esta adopción no disminuyó necesariamente el número de variedades criollas cultivadas. El empleo fuera de las unidades de producción fue también un factor, aunque negativamente asociado, con el mantenimiento de la diversidad, lo cual indicó que los costos de oportunidad por cultivar algunas variedades –o sea, las que requieren mano de obra para las tareas de obtener las semillas y de hacer una selección concienzuda de éstas– son significativamente mayores donde hay otras oportunidades de empleo.

En la Zona Transicional Oeste de Turquía, Meng (1997) demostró que hay múltiples y diversos factores, como los mercados olvidados, los riesgos y las condiciones climáticas, que influyen en la probabilidad de que una variedad tradicional se siembre en un hogar rural. Es poco probable que el cambio de un factor económico particular motive a los agricultores a dejar de cultivar las variedades tradicionales.

Bellon y Taylor (1993) mostraron que las diferencias en la adaptación de las variedades a la calidad de los suelos y la percepción que tienen los agricultores de esa calidad del suelo (su clasificación local) pueden explicar la razón de que los campesinos cultiven tanto las variedades modernas como las variedades tradicionales en Chiapas, México. En los estatus más bajos, el empleo fuera de las fincas y la fragmentación del terreno se relacionaron con niveles altos de diversidad. El estatus es un factor determinado por la combinación de las condiciones agroecológicas y sociales son la herencia y los sistemas de tenencia de la tierra.

Ejemplo: Factores y variables que explican la elección de una variedad por los agricultores

Factor explicativo o conceptual	Variable medida			
	Nepal	Marruecos	Turquía	México
<i>Agroecología</i>	Latitud, longitud, elevación, uso del suelo, tipo de suelo, fragmentación	Variabilidad de la temperatura, longitud del período de crecimiento, distribución de las lluvias y tipo de suelo	Calidad del suelo	Longitud del período de crecimiento, tipo de suelo
<i>Infraestructura de mercado</i>	Distancia menor al mercado, distancia menor a la vía o camino		Diferencial de precios, porcentaje vendido de la producción del distrito	Superficie de los suelos, suministro de electricidad y agua, número de clínicas de salud, escuelas y establecimiento comerciales
<i>Características del hogar</i>				
Estatus económico y objetivos	Casta, tamaño de la unidad de producción, área arrendada, número de meses con suficiente alimento		Tiene refrigerador, agua potable, electricidad, ganado propio, terreno total	Tractor propio, yunta propia, riego, porcentaje vendido de la cosecha
Fuentes de ingresos	Migración estacional	Cultivo común de ingresos de la parcela, campos que comparten el total de ingresos	Ingreso fuera de las fincas	Envío de recurso por los migrantes
Recursos humanos	Tamaño de la familia, años de educación	Composición del hogar, años de educación	Número de miembros en el hogar mayores de 13 años, años de educación, edad de la cabeza de familia	Composición del hogar, años de educación
Recursos del suelo	Fragmentación		Calidad del suelo	Tipos de suelo, fragmentación

Fuentes: Turquía: Meng, 1997; México: Aguirre *et al.*, 2000; Nepal: Rana *et al.*, 2000; Marruecos: Nassif, 2000; Jarvis *et al.*, 2000.

2.3.1 Relación entre la elección de la variedad por el agricultor y la diversidad en las fincas

Las variedades nombradas por los agricultores pueden ser o no unidades genéticas diferentes. En consecuencia, los modelos de elección de una variedad son de limitada utilidad para entender las perspectivas de la conservación en fincas, a menos que se puedan relacionar las variedades (como los agricultores las nombran y seleccionan) con la estructura genética de las poblaciones cultivadas (esto se discute en el Capítulo 4). Además, el alcance de la diversidad genética cultivada está determinado por la diversidad de la variedad, la cual está estrechamente relacionada con la estructura genética de las poblaciones y de los sistemas de apareamiento o reproducción (o sea, polinización cruzada, autogamia, clonación) que se discuten en el Capítulo 5. Un intento de predecir la elección de la variedad como una función de la agroecología, del acceso al mercado y de las variables del hogar, y de relacionar la predicción proyectada con la diversidad morfológica se puede encontrar en Meng (1997).

Otros aspectos de la elección de la variedad que afectan la diversidad cultivada de las fincas son las prácticas de manejo de la parcela, la selección de la semilla, y las prácticas de abastecimiento y almacenamiento de la semilla. Estas prácticas no han sido vinculadas todavía, de manera formal, con los modelos de selección de variedades. Información sobre la selección de la semilla por el agricultor, y sobre el abastecimiento y almacenamiento de ella, así como las prácticas de manejo de la parcela y del cultivo, se debe recolectar, porque también puede servir para responder preguntas de investigación que surjan en otras disciplinas que participan en la investigación en fincas (como se discute en los Capítulos 3 a 6). Los criterios con que los agricultores seleccionan la semilla y eligen cultivar sus variedades deben ser compilados, así como sus percepciones sobre hasta qué punto varias poblaciones cultivadas proporcionan los caracteres que ellos consideran importantes.

Las variedades modernas y la diversidad genética en las fincas

Se suele establecer una relación negativa entre la presencia de variedades modernas y la diversidad genética cultivada, aunque los ejemplos empíricos sugieren que esta relación es más compleja. Por ejemplo, en algunos casos la presencia de variedades modernas dentro de un conjunto de poblaciones en una comunidad incrementa la gama de caracteres disponibles para los agricultores (Dennis, 1987). Algunos investigadores han encontrado que, cuando las variedades modernas sirven para generar recursos en efectivo, entonces pueden apoyar la producción de variedades más tradicionales, las cuales satisfacen otras necesidades de consumo (Zimmerer, 1996). Probar la relación entre las variedades modernas y la diversidad genética cultivada mediante un buen diseño estadístico con principios económicos y biológicos ayudaría a avanzar en el conocimiento científico de estas relaciones.

2.4 Valor de la diversidad cultivada local para los mercados y los agricultores

Los mercados del área objetivo pueden valorar los caracteres asociados con los recursos genéticos cultivados que deseamos conservar. Si éste es el caso, se puede hacer un **análisis hedónico** con base en los precios del mercado. Si no se puede solicitar la percepción del agricultor sobre los caracteres agronómicos de las variedades como indicadores de valores no mercantiles, combinando éstos, si fuere necesario, con información relativa a los costos de producción. En cualquier caso, los métodos están disponibles para aplicarlos; sin embargo, los resultados serán útiles para la conservación en fincas solamente cuando se relacionen con lo que se conozca de la diversidad genética entre las poblaciones cultivadas del área objetivo.

2.4.1 Cuando los mercados valoran los caracteres

Cuando los cultivos que los agricultores producen se comercializan en centros de consumo y en ciudades los sabores y preferencias de los consumidores urbanos que los compran desempeñan una función importante en la determinación de los precios. Estos gustos y preferencias determinan la demanda del producto agrícola y cambian con los niveles de ingreso de los consumidores. Frecuentemente, la demanda varía según la calidad del producto cultivado. La calidad depende hasta cierto punto de algunos valores que adquiere la variedad durante su producción, aunque las condiciones de la cosecha, el manejo en post-cosecha y el procesamiento también son importantes para ese valor. Los consumidores expresan sus preferencias pagando un precio alto por lo que les gusta, y cuando estas señales son transmitidas a los agricultores entonces ellos tienen un “incentivo” para sembrar la variedad que les permite obtener ese precio.

Para saber si esto es verdad en nuestra área objetivo, debemos empezar identificando las cualidades por las cuales los consumidores pagan un precio extra en el mercado, utilizando el “modelo hedónico de precios”. La idea se basa en la teoría económica, y el enfoque implica un cálculo sencillo de una regresión lineal que relaciona los precios obtenidos en el mercado con las muestras en las que se miden ciertas características. Los signos y las significancias de los coeficientes de regresión proporcionan una apreciación del valor marginal de cada característica. Para relacionar las características observadas, por las cuales los consumidores pagan un precio (aroma, color, calidad de la cocción) con los atributos físicos de las semillas, se requieren los conocimientos de los químicos y de los investigadores agrícolas. Otros análisis económicos similares pueden incluir una valoración del procesamiento o de los costos de manipulación y de la eficiencia del mercado.

Si el carácter está asociado con las poblaciones cultivadas que, por su genética, merecen ser conservadas en fincas, y si estos caracteres se pueden transferir fácilmente a las variedades modernas, estos puntos deben ser resueltos. Podemos encontrar, por ejemplo, que los caracteres valorados por el mercado prevalecen más en las variedades modernas, lo cual implica que el mercado se “desincentiva” para sembrar variedades tradicionales. Alternativamente, si los valores de mercado de los caracteres son únicos en una variedad criolla particular, y esa variedad es de especial interés desde el punto de vista genético, entonces, existe un incentivo para sembrar variedad criolla.

Ejemplo: Valor de mercado de los caracteres del arroz (Resultados descritos en *Demanda del Consumidor por Calidad de Grano en el Arroz*, editado por L.J. Unnevehr, B. Duff y B.O. Juliano, 1992. IRRI e IDRC).

Esta obra es una compilación de un gran número de estudios acerca de los aspectos económicos de la calidad del arroz en Asia, en la que aparece una revisión de lo relevante de la teoría económica. Una de las lecciones que deja la obra es que los consumidores filipinos pagan un precio alto por las variedades tradicionales etiquetadas (que, de hecho, pueden haber sido variedades modernas). La etiqueta “tradicional” indica a los consumidores filipinos que esas variedades de arroz tienen características deseables. Además, la elasticidad de ingresos por calidad fue también positiva: los consumidores urbanos o de altos ingresos tienden a pagar un precio más alto por la calidad y por un gran número de características de calidad que los consumidores rurales o de bajos ingresos.

Determinantes significativos al por menor y su relación con el precio en varios países

Característica	Filipinas	Indonesia	Tailandia	Malasia	Bangladesh
Espiga del arroz	*(+)	*(+)	*(+)	*(+)	ns
Material extraño	*(-)	*(-)	*(-)	*(-)	ns
Forma y longitud	*(-)		*(+)	*(+)	*(+)
Translucidez	ns	*(+)	*(+)	*(+)	
Blancura	ns	*(+)	ns	ns	
Amilosa	*(-)	*(+)	*(-)	*(-)	ns
Temperatura de gelatinización	*(+)	*(+)	ns	ns	
Aroma			*(+)		
Brillantez		*(-)			*(-)
Peso de 1000 granos					*(-)
Contenido de humedad					*(-)
Tiempo de cocción					*(-)
Relación de imbibición					*(-)

El espacio en blanco significa que la variable no fue incluida en la regresión; ns = no significativa, * = significativa al 5%. Fuente: Unnevehr *et al.*, 1992.

2.4.2 Cuando los mercados no valoran los caracteres

En varias partes del mundo, y por un sinnúmero de razones, los atributos que importan en los hogares rurales no se pueden obtener intercambiando en el mercado por lo cual, el agricultor se convierte en productor y consumidor del producto cultivado. Cuando esto sucede, ¿cómo podemos estimar el “valor” que tienen para los agricultores las variedades que ellos cultivan?

Hay un gran número de formas de hacerlo siendo la más simple aplicar el método de categorización o ponderación (ver, por ejemplo, Chamber y Childyal 1985; Guerrero *et al.* 1993) para lograr dos objetivos:

- Definir, partiendo de los agricultores, las características que más les importan, incluyendo en ellas las de producción y consumo.
- Preguntar la forma en que ellos valoran la proporción en que cada variedad de interés satisface esas características. Las características de producción y consumo pueden incluir los costos de producción, tanto por las horas de manejo del cultivo como por el procesamiento del producto en las fincas.

La aplicación de estos métodos es sencilla puesto que los agricultores conocen sus variedades y pueden clasificarlas según su apariencia. Sin embargo, se conocen algunas limitaciones de estos métodos. Primera, necesitamos tener algún conocimiento de la forma en que el conjunto de “características” que los agricultores identifican se relaciona con los

caracteres fisiológicos de los cultivos que reconocen los científicos. Segunda, tenemos una larga lista de características que, a veces, pueden presentar dificultades al emplear los resultados en otros tipos de análisis estadísticos. Si el propósito de los análisis es identificar los pro y los contra de las diferentes variedades desde el punto de vista de los agricultores que producen y consumen el cultivo, es probable que dichos métodos sean suficientes. Recordemos que los hombres y las mujeres tienen distintas percepciones.



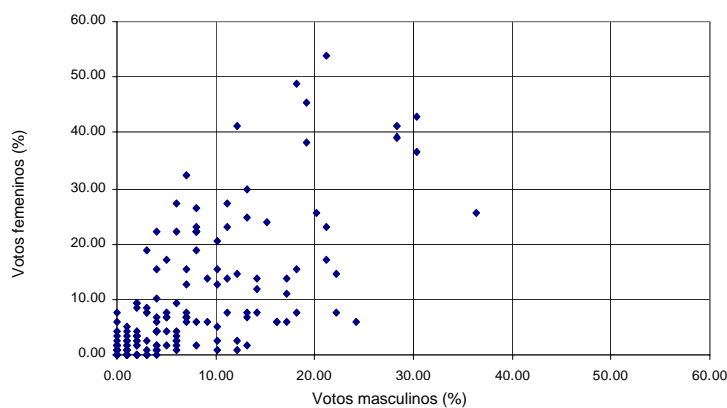
Puede no ser posible obtener en el mercado variedades con ciertas características de valor. Los agricultores pueden preferir variedades de leguminosas con tiempos de cocción más cortos donde el acceso a la leña es un problema, como se muestra aquí, en Kenia.



En Nepal, las variedades valoradas por el agricultor son las que requieren menos mano obra y menor tiempo de procesamiento

Ejemplo de valoración no mercantil: por género, por características de la variedad y por preferencias hacia ella

Las cifras en la figura, comparan los votos de los hombres y de las mujeres acerca de variedades nativas de maíz cultivadas en una parcela demostrativa, durante su participación en un día de campo en los Valles Centrales de Oaxaca, México. Cada punto es una variedad criolla. El eje X representa el porcentaje de hombres que votaron por una variedad determinada, mientras que el eje Y representa la misma información de las mujeres. Cuando hay perfecta concordancia en los patrones de los votos de hombres y mujeres, todos los puntos caen en la recta a 45° trazada desde el origen. Las divergencias respecto a esa línea demuestran que los hombres y mujeres votan de manera diferente. Las variedades criollas elegidas en menor proporción fueron escogidas pocas veces, tanto por hombres como por mujeres, y se localizan en la porción más baja de la gráfica. Las variedades criollas localizadas en la porción superior derecha de la gráfica son las más deseables, aunque raramente coinciden en esta apreciación las mujeres y los hombres.



Si los costos de producción varían sustancialmente entre una variedad y otra, entonces vale la pena reunirlos sistemáticamente. Son útiles en un análisis de presupuestos parciales, en donde sea necesario determinar las diferencias en costos de semilla y de manejo, como ocurre, por ejemplo, con una variedad moderna que es adoptada con nuevas densidades de siembra y diferente aplicación de fertilizantes. Los costos de producción no varían significativamente entre variedades criollas o entre variedades modernas. Esta forma de análisis supone que se han simplificado las afirmaciones hechas sobre los objetivos del agricultor (CIMMYT, 1988).

2.4.3 Relación entre valoración y diversidad genética

Para analizar los propósitos de la conservación en fincas, los resultados del análisis hedónico (o análisis de la percepción de los agricultores) deben estar relacionados con la estructura genética de las poblaciones cultivadas en el área objetivo.

Las poblaciones cultivadas que serían candidatas a la conservación en fincas en un área determinada pueden clasificarse siguiendo dos ejes: (1) la probabilidad de que los agricultores mantengan una población, y (2) la contribución de la población a toda la diversidad genética de un área (Figura 2.1). Las mejores candidatas para la conservación en fincas son las que tienen los caracteres más deseables desde el ángulo de los recursos genéticos y que poseen, además, un valor "privado" muy alto para los agricultores, cuando este último se expresa tanto en un precio alto como en una gama de utilidades.

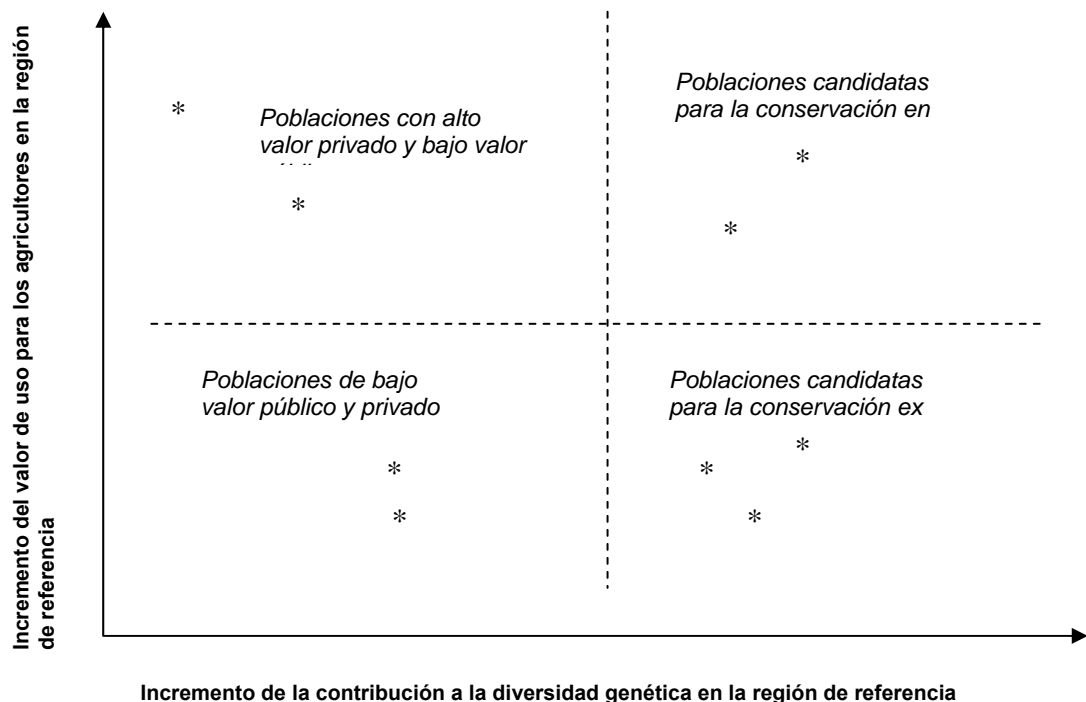


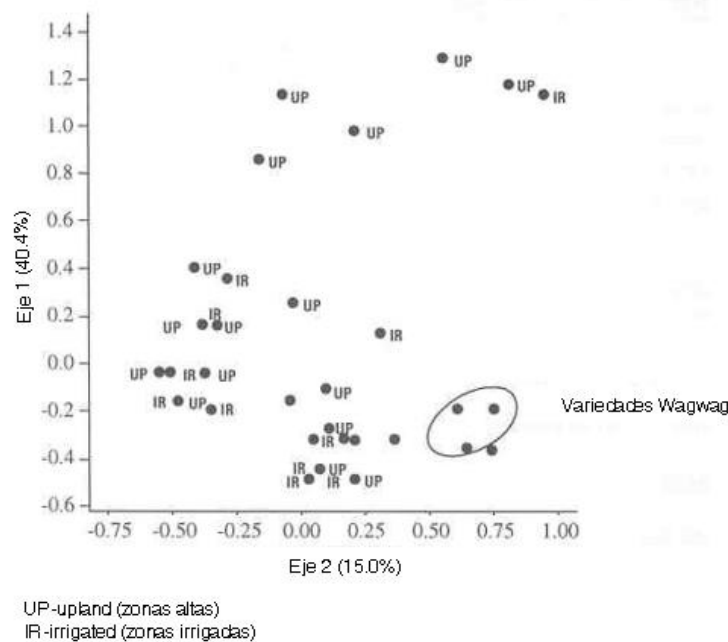
Figura 2.1. Clasificación de poblaciones cultivadas candidatas a conservación en fincas (Smale y Bellon, 1999)

Ejemplo. Relación entre el análisis de valoración y el análisis genético

Cuando la percepción de los agricultores está relacionada con la estructura genética de las poblaciones, es posible identificar poblaciones cultivadas que se escojan para “agregar opciones de valor”. Por ejemplo, el equipo de trabajo del IRRRI encontró que el grupo Wagwag de variedades tradicionales de arroz no glutinosas, recolectadas en sistemas de suelos bajos sin riego de las Filipinas, contabilizaban muchas de las respuestas que relacionan los caracteres positivos de las variedades tradicionales de ese ecosistema. Estos caracteres estuvieron comúnmente más relacionados con el aroma que con un buen volumen de expansión. Los resultados del análisis de correspondencia que reproducimos en esta figura mostraron que el Wagwag es genéticamente distinto de las otras variedades tanto en los ecosistemas de terrenos con riego como en aquellos sin riego. Lo sobresaliente del grupo es que está apoyado por datos sobre polimorfismos medidos con las técnicas de isoenzimas y de microsátélites.

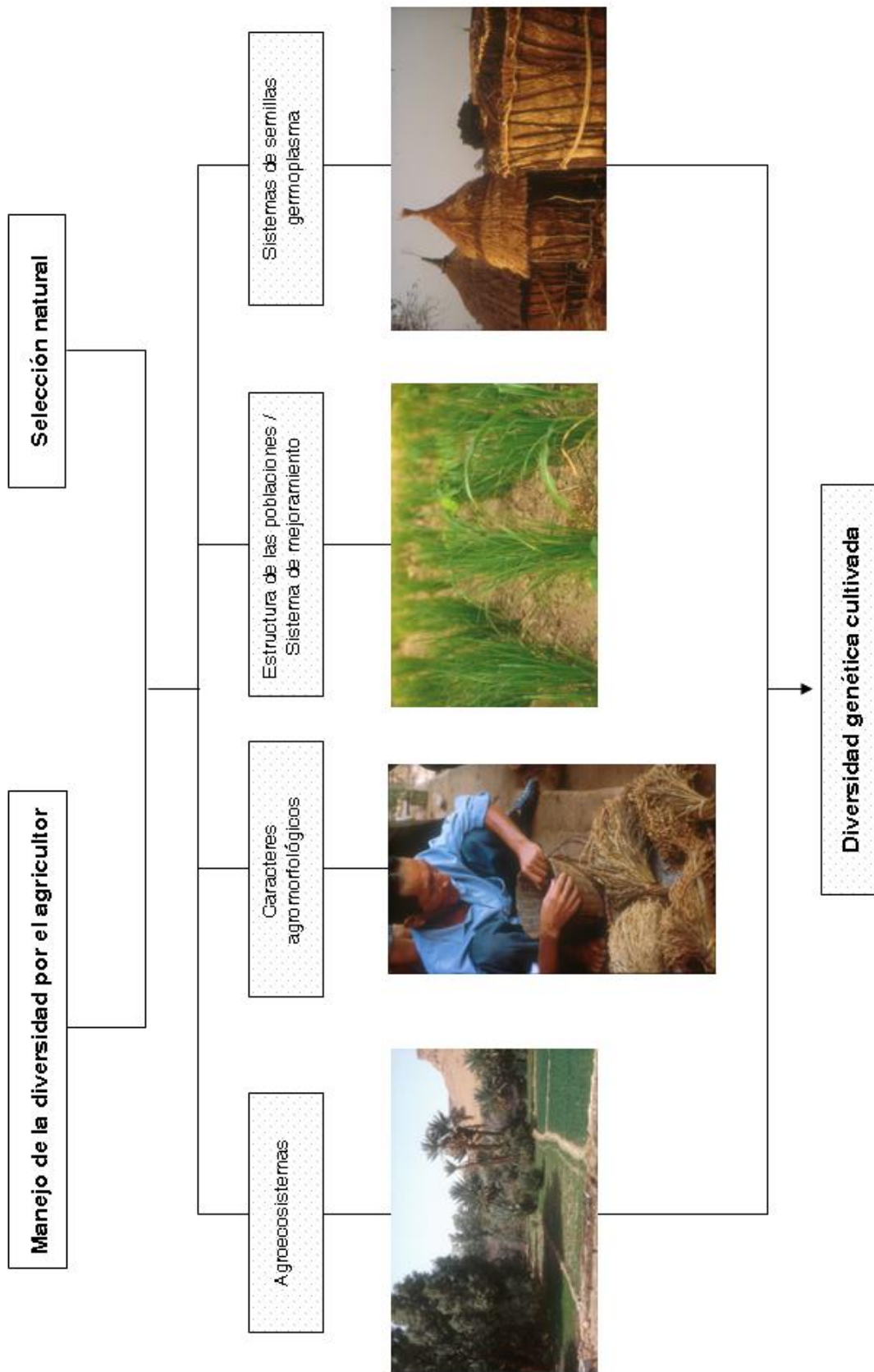
Desafortunadamente, las variedades de este grupo son tardías y tienen más bajos rendimientos que las modernas. El equipo concluyó que la intervención del fitomejoramiento o del manejo ayuda a acortar el período de las variedades Wagwag e incrementar la atracción que tenga entre los agricultores (se adiciona valor), mientras contribuye a la conservación en fincas de la diversidad genética del arroz (suponiendo que no hay cambios mayores en la estructura de los alelos).

Fuente: Pham *et al.* (1999)



2.5 Manejo de la diversidad por el agricultor

El nivel y la estructura de la diversidad genética cultivada en los campos de los agricultores resultan de las acciones e influencias externas que van más allá de la elección que hace el agricultor del número y la clase de variedades que siembra. Los agricultores influyen en la diversidad genética de sus cultivos mediante una serie de acciones; por su parte, el agroecosistema y la biología de los cultivos afectan los resultados en forma que están fuera del control de los agricultores. Las prácticas locales de manejo agroecológico, que incluyen la preparación del suelo, el riego, el manejo de las plantas y el uso de insumos, crean microambientes que favorecen ciertas adaptaciones. Las decisiones de los agricultores para elegir sus semillas se basan en una serie de características agromorfológicas que sus cultivos exhiben. Estas cualidades incluyen la fenología (o características morfológicas de la planta) y los aspectos únicos de adaptación (o usos particulares de las partes de la planta). Los agricultores influyen en la estructura de la población de un cultivo cuando deciden la cercanía entre las poblaciones cultivadas facilitando el cruzamiento potencial por vecindad; de esta manera, el material genético se intercambia entre las granjas y dentro de ellas. Nuevo material genético puede introducirse a través del sistema de flujo de semillas, en el cual las semillas son adquiridas por una gran variedad de medios o almacenadas en las fincas para su uso posterior. La forma en que estos factores configuran la diversidad genética de las fincas se discute en los Capítulos 3 a 6.



2.6 Referencias

- Aguirre, J.A., M.R. Bellon y M. Smale. 2000. A regional analysis of maize biological diversity in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Botany* 54(1):60-72.
- Belem, M.O. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Burkina Faso. Pp. 46-48 *in* Conserving Agricultural Biodiversity *In Situ*: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Bellon, M.R. y J.E. Taylor. 1993. 'Folk' soil taxonomy and the partial adoption of new seed varieties. *Economic Development and Cultural Change* 41 :763-786.
- Bellon, M.R. y S. Brush. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48 (2):196-209.
- Bellon, M.R., J.L. Pham, L.S. Sebastian, S.R. Francisco, G.C. Loresto, D. Erasga, P. Sanchez, M. Calibo, G. Abrigo y S. Quilloy. 1998. Farmers' perceptions of varietal diversity: implications for on-farm conservation of rice. Pp. 95-108 *in* Farmers, Gene Banks, and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat, Maize, and Rice (M. Smale, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda/CIMMYT, Mexico.
- Brush, S. 1995. *In situ* conservation of landraces in centres of crop diversity. *Crop Science* 35:346-54.
- Brush, S.B., J.E. Taylor y M. Bellon. 1992. Technology adoption and biological diversity in andean potato agriculture. *Journal of Development Economics* 39:365-387.
- Chamber, R. y B. Childyal. 1985. Agricultural Research for Resource-Poor Farmers: the Farmers-First-and-Last Model. Discussion Paper No. 203. Institute of Development Studies, Brighton.
- CIMMYT. 1988. From agronomic data to farmer recommendations: An economics training manual. Completely revised edition (English, Spanish, French). CIMMYT, Mexico, D.F./the World Bank, Washington, D.C.
- Dennis, J.V. 1987. Farmer management of rice variety diversity in Northern Thailand. PhD thesis. Cornell University, Ithaca, NY.
- Frankfort-Nachmias, Chava y David Nachmias. 1996. Research methods in the social sciences. St. Martin's Press, New York.
- Friis-Hansen, E. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Tanzania. Pp. 60-62 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Gonzales, T. 2000. The culture of the seed in the Peruvian Andes. Pp. 193-216 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Guerrero, M. del P., J.A. Ashby y T. Gracia. 1993. Farmer evaluations of Technology: Preference Ranking. Instructional Unit No. 2. CIAT, Cali, Columbia.
- Hernández Xolocotzi, Efraím. 1985. Maize and man in the greater Southwest. *Economic Botany* 39 (4):416-430.
- IPGRI. 1991. Geneflow: Women and Plant Genetic Resources. IPGRI, Roma, Italia.
- Jarvis, D., B. Sthapit y L. Sears,(eds). 2000. Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Louette, D., A. Charrier y J. Berthaud. 1997. *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20-38.
- Meng, E.C.H. 1997. Land allocation decisions and *in situ* conservation of crop genetic resources: The Case of Wheat Landraces in Turkey. PhD thesis. University of California, Davis, CA.
- Nassif, F. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Morocco. Pp. 51-53 *in* Conserving Agricultural Biodiversity *In Situ*: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Omiti, J.M., K.A. Parton, J.A. Sinden y S.K. Ehui. 1999. Monitoring changes in land-use practices following agrarian de-collectivisation in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 72:111-118.

- Pham, J.L., S. Quilloy, Le Dinh Huong, Truong Van Tuyen, Tran Van Minh y S. Morin. 1999. Molecular diversity of rice varieties in Central Vietnam. Paper presented at the Workshop of the participants of the project "Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II: On-farm Conservation". International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas, May 17-22, 1999.
- Rana, R.B., D. Gauchan, D.K. Rijal, S.P. Ktatiwada, C.L. Paudel, P. Chaudhary y P.R. Tiwari. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Nepal. Pp. 54-59 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Smale, M. y M. Bellon. 1999. A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources. Pp: 387-408 *in* Agrobiodiversity: Characterization, Utilization, and Management (D. Wood y J. Lenné, eds.). CABI, UK.
- Smale, M., M. Bellon y A. Aguirre. 2000. Maize diversity, variety attributes, and farmers' choices in Southeastern Guanajuato, Mexico. Economic Development and Cultural Change (in press).
- Unnevehr, L.J., B. Duff y B.O. Juliano, eds. 1992. Consumer demand for rice grain quality. IDRC, Canada/IRRI, the Filipinas.
- Zimmerer, K.S. 1996. Changing fortunes: Biodiversity and peasant livelihood in the Peruvian Andes. University of California Press, Berkeley.

2.7 Lectura recomendada

- Bellon, M.R., J.L. Pham. y M.T. Jackson 1996. Genetic conservation: A role for rice farmers. Pp. 263-289 *in* Plant Conservation: the *In situ* Approach (B.V. Ford-Lloyd, J.G. Hawkes y N. Maxted, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Meng, E.C.H., J.E. Taylor y S.B. Brush. 1999. Implications for the conservation of wheat landraces in Turkey from a household model of varietal choice. Pp. 127-142 *in* Farmers, Gene Banks, and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat, Maize, and Rice (M. Smale, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda/CIMMYT, Mexico.
- Nassif, F. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Morocco. Pp. 76-77 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Rana, R.B., D. Gauchan, D.K. Rijal, S.P. Ktatiwada, C.L. Paudel, P. Chaudhary y P.R. Tiwari. 2000. Socioeconomic data collection and analysis. Nepal. Pp. 54-59 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Smale, M. (ed.). 1998. Farmers, gene banks and crop breeding: Economic analysis of diversity in wheat, maize, and rice. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA.
- Tapia, Mario E. y Ana De la Torre. 1998. Women farmers and Andean seeds. FAO and IPGRI, Roma, Italia.
- Unnevehr, L.J. 1986. Consumer demand for rice grain quality and returns to research for quality improvement in Southeast Asia. American Journal of Agricultural Economics 68:634-641.

Capítulo 3 Factores naturales del agroecosistema y factores derivados del manejo del agricultor que influyen en la diversidad genética

Colaboraron en este capítulo:

*S. Achtar, L.M. Arias-Reyes, R. Balaghi, D. Balma, N.N. De, E. Ellis, D. Fanissi, C.L. Paudel, D. Rijal, J. Rodríguez y A. Teshome*¹

3.0	Objetivos del capítulo	38
3.1	Revisión de la influencia del agroecosistema en los recursos fitogenéticos	38
3.1.1	Influencias abióticas	38
3.1.2	Influencias bióticas y adaptaciones generadas por ellas	40
3.1.3	Caracterización del agroecosistema por el agricultor	43
3.1.4	Variación de la influencia ambiental en tiempo y en espacio	44
3.1.5	Factores limitantes	45
3.2	Manejo que da el agricultor al agroecosistema	47
3.2.1	Manejo del estrés ambiental por el agricultor	48
3.2.2	Uso de la diversidad genética cultivada como recurso natural para medir el estrés	49
3.3	Análisis de los factores del agroecosistema que afectan la diversidad cultivada	49
3.3.1	Caracterización de la diversidad del agroecosistema	50
3.3.2	Sistemas de información geográfica: relaciones para desarrollar mapas	51
3.3.3	Reducción de las variables mediante los conocimientos del agricultor sobre los factores limitantes	52
3.3.4	Determinación del impacto que hacen las prácticas de manejo del agricultor	52
3.4	Referencias	53
3.5	Lectura recomendada	54

¹Créditos para las fotografías: Pp. 38, 41, 42, 48, 49: D. Jarvis; p. 40: F. Ugolini; p. 47: L.M. Arias-Reyes.

3.0 Objetivos del capítulo

Al final del capítulo, el lector deberá conocer mejor los siguientes temas:

- La influencia clave del agroecosistema en la diversidad genética cultivada
- Las diferentes formas en que los agricultores adaptan y manipulan los ambientes agrícolas
- Lo que implican para la diversidad genética las diferentes prácticas de manejo

3.1 Revisión de la influencia del agroecosistema en los recursos fitogenéticos

El agroecosistema comprende los componentes no vivientes (abióticos) y los vivientes (bióticos) de un sistema de producción agrícola manejado por el hombre. El agroecosistema es el escenario donde ocurre la evolución de los cultivos, en presencia de estrés y también de oportunidades para que los cultivos se adapten y crezcan. Entre los componentes **abióticos** del agroecosistema están la temperatura, el suelo, el agua, la humedad relativa, la luz y los vientos. Los factores **bióticos** comprenden las plagas, tanto de parásitos como de herbívoros, la competencia de otras plantas, y las relaciones simbióticas favorables con otros organismos. Los agricultores manejan estos factores bióticos del agroecosistema mediante la irrigación, la adición de nutrientes, el control de plagas, la preparación del suelo, los sistemas de raleo en los policultivos, y otras prácticas agrícolas. Estos factores varían con el paso del tiempo, y con los cambios estacionales, anuales y estocásticos, en un espacio que va desde la escala micro-ambiental hasta la ecoregional. El resultado es la adaptación de las variedades locales a las condiciones particulares de su contexto eco-geográfico inmediato. Esta adaptación al estrés ambiental local se refleja comúnmente en la composición genética de las variedades locales a través del tiempo.



Manejo de la diversidad por el agricultor: asociación de alfalfa, haba y cebada en un sistema de cultivo del oasis Rich, en Marruecos.

3.1.1 Influencias abióticas

La variación de los componentes abióticos de un ambiente puede actuar como factor de estrés en las plantas. En una población genéticamente diversa, algunos individuos estarán mejor adaptados a esas presiones y crecerán, mientras que otros probablemente no sobrevivan. De esta forma, las influencias ambientales ejercen una presión selectiva en las poblaciones cultivadas. La diversidad de influencias y de adaptaciones que pueden promover se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Influencias abióticas y adaptaciones que éstas pueden inducir en las plantas

Factor abiótico	Estrés de la planta	Tipo de adaptación
Temperatura		
Frío extremo	Funciones biológicas básicas	Tolerancia al frío
Calor extremo	Funciones biológicas básicas	Tolerancia a la sequía o al calor
Factores del suelo (edáficos)		
Alto contenido de arcilla, drenaje deficiente	Funciones biológicas básicas	Tolerancia a la inundación
Alto contenido de arena, drenaje rápido	Funciones biológicas básicas	Tolerancia a la sequía
Alta pedregosidad, rocas en el suelo	Desarrollo de la raíz	Estructura de la raíz, tolerancia a la sequía
pH alto	Toxicidad	Tolerancia a la alcalinidad
pH bajo	Toxicidad	Tolerancia a la acidez
Alto contenido de aluminio	Toxicidad	Tolerancia al aluminio
Alto contenido de sales	Toxicidad	Tolerancia a la salinidad
Bajo contenido de nutrientes	Funciones biológicas básicas	Uso eficiente de nutrientes
Agua, régimen de precipitación		
Alta precipitación, suelos inundados	Funciones biológicas básicas	Tolerancia a la inundación
Baja precipitación anual	Funciones biológicas básicas	Bajos requerimientos de agua
Baja precipitación estacional	Funciones biológicas básicas	Tolerancia a la sequía
Luz		
Baja intensidad de luz	Fotosíntesis	Tolerancia a la sombra
Fotoperíodos largos o cortos	Fenología reproductiva, fotosíntesis	Adaptación al fotoperíodo
Vientos		
Vientos locales fuertes estructural	Evapotranspiración, estrés hojas, flores, incremento en la	Fortaleza en tallos, retención del agua
Altitud		
Baja disponibilidad de dióxido de carbono	Funciones biológicas básicas	Disminución de la retención en el estoma

Ejemplos de investigaciones realizadas para describir la adaptación genética de las plantas a los suelos salinos, a la sequía y al frío

Salinidad Pakniyat *et al.* (1997) demostraron la presencia de diferencias genotípicas entre variedades de cebada, y las clasificaron como tolerantes o sensibles a la salinidad. Jafari-Shabestari *et al.* (1995) observaron variaciones fenotípicas en el trigo hexaploide como respuesta a la salinidad.

Sequía Weltzien y Fischbeck (1990) documentaron variaciones significativas en el potencial de rendimiento entre las variedades locales de cebada cultivadas en condiciones de sequía, y dentro de ellas. Además, Blum y Sullivan (1986) demostraron que existen variaciones genéticas asociadas con la tolerancia a la sequía en las variedades locales de sorgo y mijo.

Frío Singh y Jana (1993) demostraron que hay variación entre las accesiones de garbanzo del mundo en relación con su resistencia a las bajas temperaturas.

Los hábitat localizados a gran altitud están asociados, con factores abióticos específicos como baja disponibilidad de CO² y alta variación en precipitación, luz, suelos y temperatura. De igual manera, otros nichos ecogeográficos presentan un “portafolio” de factores abióticos. Por ejemplo, las regiones semidesérticas están asociadas con suelos arenosos superficiales, baja precipitación y temperaturas extremas. Así como estos factores pueden agruparse en varias regiones ecogeográficas, las correspondientes adaptaciones de las plantas se presentan, de modo similar, como “portafolios” de diversidad genética.



Los suelos muy deteriorados, como el de esta foto, son frecuentemente deficientes en los nutrientes que las plantas necesitan para crecer.

La **deficiencia de nutrientes** o la **toxicidad** son muy importantes para determinar la supervivencia y la productividad de una variedad cultivada en un agroecosistema. Los suelos pueden ser deficientes en nitrógeno, fósforo o potasio, así como en micronutrientes secundarios como magnesio, azufre, zinc y boro. Por su parte, el hierro, el manganeso y el aluminio en cantidades altas pueden causar toxicidad. La disponibilidad de nutrientes está relacionada con el pH del suelo y con los regímenes de precipitación. La información sobre el suelo ayuda a identificar las limitantes relacionadas con él y da más sentido a la explicación de las prácticas de manejo que se aplican actualmente (Mutsaers *et al.* 1997).

Algunos de esos factores, como la roca original del suelo y la altitud, permanecen constantes durante el ciclo de vida de una planta. En cambio, muchos de los factores antes mencionados varían estacionalmente ó de año en año. Por ejemplo, en las regiones de la zona templada hay estaciones que causan cambios regulares en la temperatura, la duración del día y la precipitación. Una condición climática extrema, como la sequía severa, ocurre una sola vez durante el ciclo de vida de una planta. Todo esto tiene implicaciones para la naturaleza de la adaptación en un contexto local, y también para el trabajo científico de documentar la influencia de estos factores abióticos.

3.1.2 Influencias bióticas y adaptaciones generadas por ellas

Otros organismos comprendidos en el componente biótico de los agroecosistemas pueden influir en la conformación de la diversidad genética. La interacción con otros organismos puede ser positiva, negativa ó neutra para la planta, y todos ellos tienen el potencial de influir en la diversidad genética ejerciendo una presión de selección ó dando ventajas selectivas a plantas individuales de un determinado cultivo.

- La **competencia** es una interacción que resulta del hecho de que los recursos de un ecosistema son limitados; los organismos que interactúan se desgastan porque consumen poco a poco los recursos que necesitan. La competencia puede ocurrir entre organismos de una misma especie o de diferentes especies (Liebman y Gallandt, 1997).

- El **mutualismo** es una interacción en la que dos organismos hacen un impacto positivo entre ellos y negativo en ausencia de alguno.
- El **comensalismo** es una interacción de organismos en la que uno de ellos se beneficia a expensas del otro, pero este último no se beneficia ni se perjudica por la interacción (Gliessman, 1998).
- El **amensalismo**, en cambio, se refiere a la interacción en que un organismo afecta negativamente a otro sin recibir ningún beneficio directo de la interacción.
- La relación de **parásito** se refiere a la interrelación en que un organismo obtiene un beneficio y, según la interacción de que se trate, el otro organismo recibe un daño.
- La **depredación**, finalmente, se refiere al beneficio que recibe un organismo por la muerte de otro o el consumo que hace del otro.

Las interacciones bióticas que más preocupan a los agricultores son las que ocurren entre los cultivos y las plagas. Los organismos herbívoros, incluyendo en ellos a mamíferos, aves y artrópodos, actúan como depredadores de los cultivos, mientras que los virus, las bacterias y los hongos causan daño a las plantas mediante una relación de parásito. La diversidad genética cultivada es un medio importante para minimizar la amenaza que representan las plagas en un agroecosistema. La vulnerabilidad de los cultivos a determinadas plagas varía según las características agromorfológicas de las plantas, como su altura, su pubescencia o el tiempo que tardan en madurar, y esto sin considerar la variabilidad de los caracteres genéticos específicos de resistencia a plagas. La variación genética de las especies cultivadas y, en consecuencia, su variación fenotípica, también atraen diversos organismos hacia el agroecosistema, entre ellos los enemigos naturales de las plagas como sus depredadores o parásitos (Gliessman, 1998).

Tanto las especies cultivadas como las plagas se han adaptado unos a otras a través del tiempo en el proceso conocido como **coevolución**. Uno de los aspectos más importantes de la coevolución, respecto a la conservación en fincas, es la resistencia de los cultivos a las plagas –y recíprocamente, la habilidad de las plagas para contrarrestar la resistencia de la planta hospedera– lo que depende del desarrollo de nueva diversidad genética (Finckh y Wolfe, 1997). La diversidad genética de los cultivos y de las plagas, que proviene de la coevolución, es muy compleja, ya que ambos componentes son genéticamente variables en el tiempo y en el espacio (Le Boulc'h *et al.*, 1994). Por tanto, las diversas presiones que ejerce una plaga sobre una especie cultivada en particular frecuentemente se correlacionan con la diversidad que manifiesta la resistencia de esa especie.



En Yucatán, México, el cultivo intercalado de maíz y frijol crea una interacción mutualista: las plantas de frijol enriquecen el suelo por su asociación con una bacteria fijadora de nitrógeno, mientras que los tallos de maíz le proporcionan un soporte a las plantas de frijol para trepar y tener así más acceso a la luz.

Ejemplo: Adaptación genética para resistir al ataque de plagas

Allard (1990) observó, en algunas poblaciones de cebada, una relación entre el incremento en la frecuencia de alelos de resistencia y las ventajas selectivas de esas poblaciones para resistir a la enfermedad llamada escaldadura. “Diferentes patotipos difieren ampliamente en su habilidad para dañar a un hospedero”, dice el mismo autor y añade que “hay diferentes alelos de resistencia en la planta hospedera que varían ampliamente en su habilidad para protegerla del patógeno”. Estos hallazgos son apoyados por Le Boulc’h *et al.* (1994) con su investigación sobre la roya de la hoja en varias poblaciones de trigo de invierno.

La complejidad de las interacciones entre cultivos y plagas en un agroecosistema se acrecienta por la variabilidad estacional ó anual. Las poblaciones de plagas fluctúan con los cambios que experimentan las condiciones climáticas, los insumos del agricultor y la resistencia de la planta hospedera. Además, las plagas tienen la capacidad de ser muy móviles, especialmente con ayuda del hombre. Esta movilidad fácil, unida a las condiciones favorables, puede generar la propagación de epidemias que ocasionan daños severos a la población de plantas que hospedan las plagas.

La competencia con otros organismos también promueve la diversidad genética. Las malezas son los primeros competidores de los cultivos que interesan a los agricultores (Liebman y Gallandt, 1997). Estas especies indeseadas pueden reducir o inhibir el crecimiento de las plantas deseadas. Los cultivos y las malezas tienen, en un mismo agroecosistema, similares requerimientos de agua, luz y nutrientes, es decir, de los recursos esenciales que necesitan las plantas para sobrevivir.



En Etiopía, se prefiere una variedad local de trigo duro (derecha) a la variedad moderna porque emite más brotes secundarios, lo cual suprime el crecimiento de las malezas y permite a los agricultores usar menos cantidad de semilla por parcela.

Ejemplo: Alelopatía

La *alelopatía* es un mecanismo con el cual los cultivos y malezas compiten entre sí por los recursos del agroecosistema. Se define como “la producción de un compuesto por una planta el cual, liberado en el ambiente, tiene un impacto inhibitorio o estimulador sobre otros organismos” (Gliessman, 1998:156). Los compuestos alelopáticos se producen en diferentes partes del individuo y son liberados al agroecosistema por medio de diferentes mecanismos como el lavado de las plantas en el suelo durante la descomposición de éstas o bien una forma de lixiviación de la raíz. Estos compuestos son producidos por los cultivos o las malezas como una forma de inhibir el crecimiento de sus competidores, de modo que puedan tener mayor acceso a los recursos esenciales del agroecosistema; sin embargo estimular el crecimiento de las plantas vecinas, en una relación simbiótica o comensal. Entre los cultivos con potencial alelopático para suprimir malezas se encuentran la remolacha, el lupino, el maíz, el trigo, la avena, la arveja, el trigo duro, el millo, la cebada, el centeno y el pepino. Las diferentes variedades de estos cultivos presentan diversos potenciales alelopáticos. De este modo, las variedades más semejantes a sus parientes silvestres exhiben más este carácter alelopático (Gliessman, 1998).

Las interacciones de los organismos en un agroecosistema no son siempre competitivas y pueden ser neutrales, comensales o mutualistas. Los cultivos plantados juntos en un sistema intercalado pueden enfrentar diferentes presiones de selección para desarrollar necesidades complementarias, mediante el uso de diferentes recursos o usando algunos en diferentes momentos. Estos cultivos también se han adaptado para sacar ventaja de las relaciones simbióticas con otros organismos, como los insectos polinizadores y, en el caso de las leguminosas, con la bacteria *Rhizobium* fijadora de nitrógeno.

Finalmente, el hombre representa el principal factor biótico que transforma el agroecosistema. La forma en que se manipulan los ambientes agrícolas se discute en la Sección 3.2.

Los ecologistas han reflexionado mucho sobre la paradoja de la diversidad biológica: ¿por qué persisten en un mismo hábitat muchas variedades? Tilman y Pacala (1993) anotan que es inevitable que surjan múltiples especies en situaciones donde dos o más factores ambientales restringen el valor reproductivo, pues inevitablemente los organismos se adaptan para responder a las limitaciones.

Investigaciones hechas en Turquía con variedades locales de trigo sugieren que los sistemas campesinos no difieren significativamente de los ecosistemas naturales. Los agricultores turcos enfrentan numerosas limitantes ambientales que amenazan la capacidad de adaptación de determinadas variedades de trigo (p.e., heterogeneidad del suelo, disponibilidad de agua, altitud) y esto hace que surjan, como consecuencia de la selección, caracteres específicos de estas situaciones (rendimiento, sabor, textura) (Brush y Meng, 1998).

3.1.3 Caracterización del agroecosistema por el agricultor

Los agricultores viven en microambientes compuestos por suelos, climas, tipos de vegetación, formas del terreno (p.e., pendientes, ríos y otros accidentes orográficos), etapas de la sucesión ecológica, plagas y enfermedades, malezas, competencias, mutualismos y otros factores ecológicos. A través de su experiencia y de sus percepciones, los agricultores caracterizan algunos o todos los aspectos aquí indicados y forman sistemas de clasificación para ellos (Martín, 1995).

La comprensión de esos sistemas de clasificación de los agricultores en que emplean las diferentes características de sus ecosistemas, da una idea de los procesos que favorecen la conservación de variedades locales. Los agricultores hacen sus clasificaciones basándose en propiedades físicas y químicas, tales como la textura y el color de los suelos o la temperatura y la precipitación en un determinado clima, y esos sistemas de clasificación corresponden, casi en todo, a la clasificación científico-ecológica (ver el Ejemplo 4). Los agricultores también clasifican las características ecológicas según su importancia histórica o cultural (Martín, 1995).

Los agricultores utilizan estos sistemas de clasificación para determinar el lugar y el tiempo en que conviene plantar una variedad específica, cultivar determinadas variedades en asociación con una topografía específicas, con suelos y etapas de sucesión, e incluso sembrar variedades de otros cultivos, como en los sistemas de cultivo múltiple. En el sistema de roza-tumba-quema, los agricultores siembran diferentes variedades (o especies) en una parcela ó espacio cultivable, en función del número de años del período de barbecho (período sin cultivo y de crecimiento de la vegetación espontánea). En un sistema de policultivos, la diversidad genética entre los cultivos clave puede presentar una correlación alta.

Los sistemas de clasificación ecológica de los agricultores pueden servir de referencia al investigador para conocer los hechos particularmente importantes del agroecosistema o

relevantes para el cultivo de diversas variedades. Por ejemplo, un sistema muy detallado en la clasificación de la precipitación indicaría que la precipitación es una característica que define el agroecosistema y un factor determinante en la selección que hace el agricultor de las variedades.

Los efectos de cultivar diferentes variedades en determinadas condiciones agroecológicas se discuten más a fondo en las Secciones 4.7.2 y 4.7.3 (Ensayos en la estación experimental y en las fincas).

Ejemplo: Clasificación de los suelos por el agricultor y conservación de la diversidad del maíz en Yucatán, México.

Suelo*	Tsek'el	Box-lu'um	Pus-lu'um	Ek-lu'um	Chac-lu'um	Kankan	Ya'axom	Ak'alche
Litosol	X							
Rendzine		X	X		X	X		
Cambisol				X	X	X		
Luvisol				X	X	X	X	
Nitosol						X		
Vertisol							X	X
Gleysol								X

* FAO, 1990.

Este detallado sistema de clasificación del suelo es un aspecto importante del cultivo de las variedades locales en Yaxcabá, una región de Yucatán, México, donde los agricultores siembran diversas variedades de maíz según el tipo específico del suelo y su topografía, tomando como referencia la precocidad de la variedad. El maíz tardío se planta en suelos altos y pedregosos, mientras que el precoz se siembra en suelos rojizos, orgánicos y sin desnivel, como los huertos caseros (Arias *et al.*, 2000). En esta comunidad, la diversidad de tipos de suelo puede convertirse en uno de los factores que contribuyen al mantenimiento continuo de diversas variedades locales de maíz.

3.1.4 Variación de la influencia ambiental en tiempo y en espacio

Comprender el potencial de variación de las influencias ambientales en tiempo y en espacio es crucial para examinar el impacto de dichas influencias en la diversidad genética cultivada. Según lo mencionado anteriormente, tanto los factores bióticos como los abióticos varían en presencia y en severidad a través de las fincas, las comunidades y las regiones, y la presencia y el grado de adaptación de las variedades locales son un reflejo de su variación espacial. Por consiguiente, la adaptación desarrollada por poblaciones expuestas a presiones ambientales constantes podría ser muy diferente de la adaptación generada por el estrés ambiental radical.

Estas situaciones de estrés ambiental radical se conocen como **eventos estocásticos**. Son períodos de estrés biótico o abiótico que representan un cambio significativo con respecto a las condiciones ambientales regulares; por ejemplo, las sequías o lluvias causadas por el fenómeno de “El Niño” o las plagas severas. Los eventos estocásticos se caracterizan por crear presiones severas en los cultivos y pueden reducir significativamente el tamaño de una población cultivada. Las variedades locales sobreviven a un evento

estocástico por estar comúnmente adaptadas a situaciones de estrés especial, y las futuras generaciones de ellas podrán poseer esa adaptación.

Los eventos estocásticos y todos los tipos de influencia ambiental son, con el transcurso del tiempo, un factor importante en la evolución de los cultivos. En diversas poblaciones cultivadas, el impacto de los factores de estrés ambiental favorecerá gradualmente a las variedades locales que prosperan en condiciones adversas.

- Los procesos evolutivos que ocurren en poblaciones genéticamente variables propagadas en sistemas de cultivo son muy eficaces para incrementar la frecuencia de alelos deseables y de genotipos útiles multi-locus. Esto incrementa el valor de las poblaciones como fuente de variabilidad genética en los trabajos de mejoramiento por resistencia a enfermedades y por otros caracteres que afectan la adaptación (Allard 1990:1).
- En una población genéticamente heterogénea, la competencia entre individuos crea presiones de selección, la cual cambia según la estructura genética de la población y las condiciones ambientales... la diversidad de ambientes crea y mantiene la diversidad genética (Le Boulc'h *et al.*, 1994: 225-226).

3.1.5 Factores limitantes

Los agroecosistemas contienen una gran cantidad de factores ambientales y biológicos que influyen en la supervivencia y en la productividad de las plantas, y sería imposible medir la totalidad del efecto causado por cada uno. Por tanto, es importante tener algún criterio que reduzca el número de variables necesarias para el análisis y escoger aquellas que tengan una influencia clave en la supervivencia de las plantas dentro de un agroecosistema determinado. El empleo de **factores limitantes** o problemas clave en la supervivencia y en la productividad de las plantas es una forma de reducir el número de variables que se coleccionarán. Por ejemplo, en áreas cuyos suelos tienen alta salinidad, el factor limitante para la productividad es la cantidad de sal. En ambientes desérticos sería el agua o su disponibilidad en una etapa particular del ciclo de vida de la planta. La identificación de los factores limitantes clave se debe conjugar con las opiniones de la comunidad y con el conocimiento de los expertos que han trabajado en la región. Es importante conocer el número de agricultores afectados por cada factor limitante, el efecto de éstos en la productividad de las plantas y el riesgo que este factor incremente su efecto en el futuro (Mutsaers *et al.*, 1997). Una vez que se hayan identificado los factores limitantes clave, es importante determinar las prácticas de manejo con que la comunidad reduce sus impactos negativos.

Factores bióticos y abióticos que conviene considerar

Datos generales del sitio

Topografía: diferencias en la elevación de la superficie de la tierra. Escala amplia que varía de plano a montañoso según las medidas estimadas de las diferencias en altitud (adaptado de FAO, 1990):

Plano	0-0.5 m
Casi plano	0.6-2.9 m
Ligeramente ondulado	3-5.9 m
Ondulado	6-10.9 m
Muy Ondulado	11-15.9 m
Elevado	16-30 m
Escarpado	> 30 m, gama moderada de elevación
Montañoso	> 30 m, gama alta de elevación (>300 m)

Pendiente y aspecto del sitio: apreciación medida en grados (°); dirección de la pendiente (N, S, E, O ó NO, SE, etc.).

Altitud: altitud aproximada del sitio, medida en metros sobre el nivel del mar con un altímetro o calculado a partir de mapas locales.

Datos climáticos

Rango de temperatura: medida mensual o estacional; en ambos casos, hay que suministrar la media, la mínima y la máxima, así como la distancia a la estación meteorológica más cercana.

Incidencia de heladas: número estimado de días de helada por año, o primera y última helada del año.

Rango de precipitación: esta información se debe basar en promedios anuales o estacionales.

Vientos: se puede medir como la frecuencia de la fuerza de los vientos huracanados o como las velocidades mínima y máxima del viento (km/s).

Luz: medida cualitativa basada en la incidencia del sol y en la presencia de nubes (despejado, sombreado parcialmente o sombreado totalmente). También se puede medir como el fotoperíodo dado un punto específico del ciclo de crecimiento.

Acontecimientos climáticos (principales): los residentes locales pueden informar sobre la ocurrencia histórica de eventos climáticos importantes (particularmente los que causaron eventos estocásticos a las poblaciones locales).

Datos del suelo

Drenaje del suelo: la facilidad relativa con que drena el agua del suelo cuando está inundado. Se mide entre drenaje muy bajo y drenaje excesivo.

Disponibilidad de agua: los cultivos pueden depender totalmente de la lluvia, de irrigación (regular u ocasional), de inundaciones o de fuentes de agua cercanas (lagos, ríos, mar, etc.).

Inundaciones o anegamientos temporales: se describen según su frecuencia, duración y profundidad.

Profundidad y calidad del agua subterránea (manto freático): la profundidad del agua subterránea se mide como la distancia que va de la superficie a la meseta donde el agua se asienta (cm); se registra también cualquier fluctuación significativa del manto que se conozca. La calidad del agua subterránea se puede caracterizar como: salina, salobre, fresca, contaminada, oxigenada o estancada.

Salinidad: es una medida cuantitativa del porcentaje de sales disueltas en el suelo (ppm).

Color: puede medirse según el rango de profundidad de la raíz empleando una guía estandarizada (o sea, la tabla de colores Munsell).

Humedad: puede variar de seco a ligeramente húmedo y a muy húmedo, en relación con la profundidad

pH: el valor actual del suelo; se mide a diferentes profundidades del suelo.

Contenido de materia orgánica: puede variar desde nulo (o sea, en zonas áridas) a alto (en áreas donde nunca se ha cultivado el suelo o éste ha sido abierto recientemente al cultivo).

Pedregosidad: se describe según la abundancia de rocas y fragmentos de mineral (>2mm)

Compactación/Contenido rocoso/Sedimentación: dureza superficial estimada según la facilidad relativa para cultivar un suelo. Se mide desde fácilmente cultivable hasta imposible de cultivar o completamente compactado.

Textura: caracterización según el contenido relativo de arcilla, limo y arena.

Tipo de suelo: incluye varios factores y generalmente se basa en un sistema de clasificación estandarizado.

Deficiencia en nutrientes/Toxicidad: N, P, K, Mg, S, Zn, Bo, Fe, Al, Mn

Factores bióticos

Enfermedad: se mide como la frecuencia y diversidad de una enfermedad en una muestra de plantas cultivadas.

Plagas: se mide como la frecuencia y diversidad de una plaga en varias muestras de plantas.

Polinizadores: se refiere a polinizadores específicos disponibles.

Competencia: se mide como la frecuencia de malezas o de competidores en un campo cultivado o en una muestra.

Arvenses y parientes silvestres: se considera el tamaño y la proximidad de las poblaciones de parientes silvestres.

Mutualismo: beneficio de la interacción vs. el crecimiento aislado.

Ejemplo: Factores de estrés ambiental en la agricultura de *milpa* en Yucatán, México

El conocimiento empírico tradicional para cultivar en condiciones de estrés ambiental, transmitido de padres a hijos, se presenta en el sistema de roza-tumba-quema. La fotografía muestra a Don Celso Cob (54 años) enseñando a su hijo Lico (14 años) la forma de sembrar maíz, frijol y calabaza en suelos pedregosos. Esta cosecha proveerá a la familia de alimentos para todo el año. El día de la siembra es difícil, la estación de lluvias ya comenzó y las malezas empezaron a crecer, haciendo competencia por los recursos esenciales. Además, la presión poblacional ha reducido el período de barbecho (descanso entre cultivo y cultivo) en el sistema de milpa de 50 a 8 años, lo que disminuye la fertilidad del suelo.



Fuente: L.M. Arias-Reyes

3.2 Manejo que da el agricultor al agroecosistema

Los agricultores deciden sobre la distribución y el grado de diversidad genética en sus cultivos, directamente mediante la selección e indirectamente con el manejo de los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema.

Los agricultores toman decisiones en los procesos de siembra, manejo, cosecha y procesamiento de las especies que cultivan, y esas decisiones afectan la diversidad genética de las poblaciones de plantas. Con el paso del tiempo, ellos modifican la estructura genética de una población porque seleccionan plantas cuyas características agromorfológicas son de su preferencia. Los agricultores influyen en la supervivencia de ciertos genotipos cuando escogen una práctica específica de manejo; por ejemplo, cuando siembran una población en un sitio donde hay un microambiente particular. Los agricultores toman decisiones, cada año, respecto al tamaño de la población de cada variedad que plantarán, al porcentaje de semilla que conservarán en su propia reserva, y a la cantidad de semilla que se comprará o intercambiará con otras fuentes. Cada una de estas decisiones, que pueden afectar la diversidad genética de las variedades, están vinculadas a un sistema de influencias ambientales y socioeconómicas que recibe el agricultor (Jarvis y Hodgkin, 2000).

El comportamiento humano produce a veces efectos accidentales o imprevistos en la diversidad genética de los cultivos. Muchas veces, la forma en que los agricultores generan la diversidad está muy bien pensada. Aunque el agricultor no comprende, a menudo, los matices de la genética de poblaciones, de la biología reproductiva y de la adaptación al ambiente, los identifica indirectamente, de tal modo que desarrolla y mantiene la diversidad genética útil en sus agroecosistemas locales.

Puesto que el manejo que el agricultor da a sus cultivos altera las presiones ambientales de selección, influye por ello en la diversidad genética de sus poblaciones locales. Por ejemplo, en zonas áridas, los cultivos de riego experimentan una selección natural por tolerancia a la sequía mucho menor que los cultivos que dependen solamente de la precipitación. Sadiki (1990) ha demostrado, en Marruecos, que las poblaciones de habas que dependen del riego tienen perfiles genéticos distintos de los que tienen aquéllas que dependen únicamente de la precipitación, lo que está también de acuerdo con las diversas presiones naturales de selección que enfrenta cada población.

Ahora bien, dado que el desarrollo de la planta se basa en el genotipo y en su ambiente, los efectos precisos de la manipulación del agricultor al agroecosistema, en la diversidad genética local, no se han comprendido en su totalidad. Existen varias hipótesis sobre el impacto de los insumos en la diversidad, tales como la cantidad de fertilizante aplicado y su contenido (Silvertown *et al.*, 1994), pero esto no significa que cada práctica agrícola desempeñe un papel significativo en la generación de diversidad genética local (Snaydon, 1984). El reto que enfrentan los investigadores que trabajan en aspectos de la conservación en fincas está en definir las manipulaciones del ambiente que practican los agricultores y los efectos precisos de éstas en la diversidad genética de las especies cultivadas.



Las prácticas del agricultor en la parcela, como el arado mecanizado vs. la yunta (tracción animal), ejercen una presión de selección en las diversas variedades. El burro se emplea como herramienta en esta parcela de Marruecos.

3.2.1 Manejo del estrés ambiental por el agricultor

Los agricultores han desarrollado estrategias para manipular el ambiente como respuesta a las presiones bióticas y abióticas que enfrentan los cultivos. Los riesgos se relacionan con el clima local, los cambios estacionales o el efecto de los organismos patógenos; las respuestas pueden ser simples o complejas, temporales o permanentes, tradicionales o modernas. El Cuadro 3.2 muestra varios tipos de presiones ambientales a las que hacen frente los agricultores y algunos ejemplos de las manipulaciones que practican para reducir el impacto de aquéllas en las plantas cultivadas.

Cuadro 3.2. Presiones ambientales y posibles respuestas del agricultor

Factor ambiental	Posible respuesta del agricultor para alterar el ambiente
Frío extremo	Cultivo bajo coberturas, prácticas contra heladas
Calor extremo	Cultivo bajo sombra
Alto contenido de arcilla o drenaje bajo	Remover sedimentos, hacer líneas de drenaje
Alto contenido de arena o drenaje rápido	Hacer líneas de retención de agua
Alto pedregosidad	Remover el material rocoso
pH alto o bajo	Fertilizantes, p. e., adición de materia orgánica
Bajo contenido de nutrientes	Fertilizantes, cultivos múltiples, rotación de cultivos con leguminosas
Alto contenido de aluminio o sales	Fertilizantes, adición de insumos aniónicos, riego y drenaje de los suelos
Alta precipitación, suelos inundados	Hacer líneas de drenaje
Baja precipitación anual	Sistemas de riego y captación del agua de lluvia
Baja precipitación estacional	Sistemas de riego temporales o estacionales
Desertificación	Barreras de arena o vegetación que requiera poca agua
Alto potencial de erosión	Barreras de contra-erosión, desarrollo de terrazas, cultivos en curvas de nivel
Baja intensidad de la luz	Reducir posibles sombras
Fotoperíodos largos o cortos	Agroforestería, rotación de cultivos
Vientos locales fuertes	Plantar o construir barreras rompevientos
Plagas	Pesticidas, barreras físicas, cultivos múltiples, rotación de cultivos
Enfermedades	Evitar las condiciones favorables para la enfermedad, fungicidas, rotación de cultivos
Competencia	Desyerbar, ajustar el espacio entre plantas (policultivos), herbicidas

Ejemplo: Manejo que dan los agricultores a los sistemas de riego para controlar la temperatura en Jumla, Nepal

En Jumla, el ecositio más elevado del componente Nepal del proyecto mundial de conservación *in situ* del IPGRI, la manipulación del sistema de riego que hace el agricultor sirve también para elevar la temperatura del agua de riego y acelerar así la floración de variedades precoces de arroz. Los agricultores reorientan el agua fría del río para que el sol la caliente antes de usarla para regar el arroz; el agua ligeramente tibia induce la floración en el momento apropiado de la estación, para que la maduración y la cosecha del cultivo se logren oportunamente.



Las diversas opciones consideradas permiten que el *tiempo* exacto y el *tipo* de manipulaciones del agricultor varíen considerablemente; también variará, por tanto, el impacto que hacen en sus cultivos. Una alteración del agroecosistema puede ser permanente, como las terrazas que reducen la erosión; o de corto plazo, como el control de malezas que elimina plantas competidoras. Las intervenciones ocurren en diferentes etapas del desarrollo del cultivo a lo largo de la estación de cultivo, y el impacto que hacen varía según el estado de desarrollo de las plantas. Las intervenciones temporales, como el control de malezas, se presentan varias veces durante la estación de cultivo. Asimismo, el tipo preciso de respuesta del agricultor puede variar en intensidad o en calidad. Por ejemplo, un número mayor o menor de desyerbas o de rotación de los cultivos tiene diversos efectos en las especies cultivadas. Los insumos aplicados, como pesticidas, fertilizantes y herbicidas, pueden ser naturales o sintéticos, y cada uno de ellos tiene un efecto diferente.

3.2.2 Uso de la diversidad genética cultivada como recurso natural para medir el estrés

Una estrategia importante en el manejo del agroecosistema es usar la diversidad inter e intraespecífica para controlar los posibles eventos de estrés ambiental. Si hay diversidad en la condición genética de una población cultivada, se reduce entonces el riesgo de que ella sea totalmente erosionada a causa de presiones específicas, como temperatura extrema, sequía, inundaciones, parásitos y otras variables ambientales. Las diversas especies y variedades cultivadas difieren en su vulnerabilidad a amenazas específicas; p.e., en la diferente resistencia que oponen a una enfermedad determinada. Además, la vulnerabilidad al estrés modifica el estado de madurez del cultivo, en especial desde la maduración hasta la post-cosecha; es el caso de las plagas que causan daño aun después de la cosecha y siguen siendo un riesgo. Los cultivos cuya fecha de siembra y cuyo tiempo hasta la madurez son diferentes permiten al agricultor sembrar y cosechar en diferentes momentos de la estación agrícola; de este modo, el agricultor se protege de la pérdida total del cultivo por una amenaza ambiental.

3.3 Análisis de los factores del agroecosistema que afectan la diversidad cultivada

El sitio para la conservación en fincas puede presentar diversos factores del agroecosistema, como suelos, incidencia de malezas, enfermedades y prácticas de manejo, con sus diferencias. La diversidad **alfa** se refiere a la diversidad dentro del ecositio. La diversidad **beta** se refiere al cambio en la composición de una especie de un sitio a otro, por

ejemplo del campo de un agricultor al campo de otro o a lo largo de un gradiente ambiental. La diversidad **gama** se refiere a la diversidad de una región, de una zona o de un paisaje.

3.3.1 Caracterización de la diversidad del agroecosistema

De un conjunto de datos típico de un agroecosistema podrían documentarse docenas de factores (bióticos, abióticos y de manejo) que, dadas sus dimensiones, no pueden ser retenidos en la mente simultáneamente. Por ello, uno de los primeros pasos de cualquier análisis es simplificar el conjunto de datos; así, se determinan las dimensiones más importantes para poder describir la variación total dentro de ellas.

Ordenación y clasificación son dos técnicas estadísticas comunes que reducen la dimensionalidad de un conjunto de datos complejo. Estos métodos multivariados se emplean para explorar las relaciones que existen entre sitios de estudio o entre fincas, y se basan en las múltiples características bióticas, abióticas y de manejo de dichos sitios, así como en las relaciones entre muestras del cultivo que se refieran a caracteres morfológicos o a marcadores genéticos (Capítulos 4 y 5), y entre unidades de producción pero con base en características sociales y económicas (Capítulo 2).

Los **métodos de clasificación** agrupan en categorías a entidades de características similares. Estos métodos pueden ser jerárquicos, dando como resultado un dendrograma, o no jerárquicos, que dan lugar simplemente a grupos de muestras similares. Para cada uno de éstos hay diversos algoritmos de agrupamiento que conducen, muchas veces, a resultados muy diversos empleando el mismo conjunto de datos. La clasificación no jerárquica es significativamente más rápida y, con frecuencia, más apropiada para conjuntos grandes de datos (Gauch, 1982).

Los **métodos de ordenación** hacen un arreglo espacial de muestras en una gráfica de dos o tres dimensiones, de tal manera que las posiciones de las muestras reflejan su similitud. Las muestras similares, –por ejemplo los campos de agricultores de características similares– se localizan cerca unas de otras, mientras que la disimilitud se manifiesta cuando las muestras están muy alejadas unas de otras. Cuando hay dos variables altamente correlacionadas con alguna otra, cualquiera de ellas puede utilizarse en representación de las otras, lo que indica una **redundancia** en los datos (Custon, 1988). Las técnicas de ordenación se emplean para identificar esas correlaciones a fin de reducir el número de variables que se va a considerar.

Además del análisis de regresión múltiple, discutido en el Capítulo 2, se aplican otros métodos para relacionar un grupo de variables dependientes con un grupo de variables independientes. Estas técnicas pueden emplearse para vincular la distribución de las variedades con cierto conjunto de factores agroecológicos, con un tipo de hogar, con un grupo étnico o con uno de género. Algunos de los métodos más comunes que vinculan las variables dependientes e independientes son el **Análisis de Correlación Canónica**, que es un tipo especial de regresión múltiple, el **Análisis Discriminante Binario** y los **Análisis de Discriminante Múltiple**.

Relación entre variables dependientes y un grupo de variables independientes

La regresión múltiple se emplea para conocer las relaciones entre diversas variables independientes o predictores y una variable dependiente o criterio. La regresión múltiple se discute en el Capítulo 2 en la sección en que se trataran los modelos econométricos. Esta técnica le permite al investigador hacer una pregunta general “¿Cuál es el mejor predictor de....?” y también responderla.

El **Análisis de Correlación Canónica (ACC)** se usa para relacionar un grupo de variables dependientes con un grupo de variables independientes.

El **Análisis Discriminante Binario (ADB)** se utiliza para establecer los patrones de relación de las especies con los datos ambientales. Los datos ambientales sólo necesitan expresarse en escalas de multiestado, y los datos de las plantas en forma de presencia o ausencia. El ADB es útil para los datos que cubren una escala geográfica grande o cuando solamente se dispone de datos de presencia o ausencia.

El **Análisis de Discriminante Múltiple (ADM)** se emplea en grupos predeterminados, que son especificados por un método de clasificación o de ordenación previo. El ADM se usa para caracterizar las diferencias o superposiciones entre estos grupos predeterminados, así como el diagnóstico de su taxa o diagnóstico de pertenencia.

Métodos de ordenación

Basados en distancia:

Ordenación polar (OP) y escalamiento multidimensional o Análisis de Coordenadas Principales (ACoP). Estos métodos comunes de ordenación se basan en la distancia, es decir, confían en una distancia cuadrada, simétrica o de matriz de similitud.

Basados en la correlación:

Análisis de Componentes Principales (ACP), Promedios recíprocos (PR) y Análisis de Correspondencia (ACO). Estos son métodos de ordenación basados en las matrices de varianzas-covarianzas o en las de correlación más que en las matrices de distancia o de similitud.

Ver también:

<http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate/motivate.htm> . En este sitio hay una excelente revisión de las definiciones y de los paquetes estadísticos de las técnicas de ordenación y clasificación, así como de su uso orientado hacia la exploración y la prueba de hipótesis de los análisis de datos.

3.3.2 Sistemas de información geográfica: relaciones para desarrollar mapas

Varios fenómenos de la naturaleza muestran alguna forma de autocorrelación espacial, es decir que, el valor de un factor ambiental en una localidad particular está fuertemente asociado con el valor de este factor en las localidades vecinas. Estas relaciones espaciales dentro de los factores y entre ellos pueden explorarse empleando sistemas de información geográfica (SIG). Un SIG es un sistema para manejar bases de datos que, en forma simultánea, manipulan datos espaciales en forma gráfica (mapas, o el “dónde”) y relaciona, lógicamente anexados, datos de atributos no espaciales (la identificación y descripción de las diferentes áreas o puntos del mapa, o el “qué”). Howard (1996) señala que la información espacial sobre la riqueza en especies, la distribución y abundancia de las especies

amenazadas, la perturbación y la distribución de las fuentes maderables dentro de un bosque se pueden utilizar para desarrollar un plan de zonificación de una reserva forestal, que incluya diferentes áreas utilizadas, zonas de amortiguamiento y una zona núcleo.

La aplicación de los SIG a la conservación en fincas representa el desafío de integrar los datos demográficos, socioeconómicos, culturales y de otro tipo pertenecientes a una población humana con los datos del ambiente biofísico y con el taxón escogido. Harmsworth (1998) describe un primer intento de manejar, dentro de los SIG, la información acerca del valor cultural de diferentes características de paisaje, flora y fauna, con el fin de desarrollar recursos y hacer planes de manejo ambiental de común acuerdo con los requerimientos de las comunidades.

3.3.3 Reducción de las variables mediante los conocimientos del agricultor sobre los factores limitantes

Los agricultores son una guía excelente para decidir que variables conviene coleccionar para obtener datos agroecológicos. Su experiencia proporciona ideas incomparables acerca de los factores ambientales que afectan la producción de los cultivos y sobre las medidas que se deben tomar para minimizar su impacto. A estos factores de estrés se han adaptado las variedades locales y son los factores limitantes de la futura producción. El interés, esencialmente, recae en tres cosas:

- Identificar los gradientes clave, bióticos o abióticos, que influyen en la diversidad genética cultivada
- Caracterizar los factores bióticos y abióticos que son percibidos por los agricultores como restrictivos o limitantes
- Entender de que manera los agricultores manipulan el agroecosistema para minimizar el impacto de esos factores.

En general conviene, recolectar información sobre la variable que tiene el efecto más directo en la respuesta de adaptación de una planta. Los agricultores pueden guiar a los investigadores para que conozcan los principales factores limitantes de sus agroecosistemas. Hay que tratar de comprender no solamente los factores que influyen más en la supervivencia o en la productividad de la planta, sino también las etapas del ciclo de vida de las plantas (p.e., desde el estado de plántula hasta la floración o el almacenamiento). Algunos de estos problemas ocurren durante largos períodos.

El proyecto mundial del IPGRI sobre conservación *in situ* (Jarvis *et al.*, 2000) recomienda limitar las variables que serán analizadas a no más de cinco factores *bióticos* y *abióticos* – que el agricultor y el investigador ha identificado como limitantes y como factores favorables para la adaptación de las plantas (p.e., pendiente/aspecto, inicio de la precipitación, época de crecimiento, enfermedades)– y a cinco factores clave *del manejo* que caractericen tanto a los factores limitantes como a los favorables a la adaptación de las plantas (p.e., alta adición de N, tipo de riego, terrazas, prácticas culturales). Es importante evaluar estos problemas clave que el agricultor ha identificado. Por ejemplo, cuando se ha identificado la deficiencia de nutrientes como una limitante clave, es preciso confirmar mediante el análisis de suelos que se trata de una simple pérdida de nutrientes y no de una deficiencia de nutrientes del suelo combinada con una plaga específica que afecta la productividad de las plantas.

3.3.4 Determinación del impacto que hacen las prácticas de manejo del agricultor

Medir el impacto de la manipulación que el agricultor hace del agroecosistema es un reto en sí, porque la medida del impacto debe incluir dos conjuntos de datos: uno con la intervención del agricultor y otro sin ella; la diferencia entre los dos es el impacto de las manipulaciones del hombre. Lo ideal es tomar los datos en un punto antes de la intervención y en un punto

después de ella (los puntos deben estar tan cerca como sea posible para controlar mejor la variación espacial). En el Capítulo 4 hay más detalles sobre ensayos hechos en fincas y en estaciones experimentales, para probar el efecto de las prácticas de manejo en la diversidad cultivada.

3.4 Referencias

- Allard, R.W. 1990. The genetics of host-pathogen coevolution: Implications for genetic resource conservation. *Journal of Heredity* 81(1):1-6.
- Arias, L., J. Chávez, V. Cob, L. Burgos y J. Canul. 2000. Agromorphological characters and farmer perceptions: data collection and analysis. Mexico. Pp. 95-100 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*. A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Blum, A. y C.Y. Sullivan. 1986. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. *Annals of Botany* 57:835-846.
- Brush, S.B. y E. Meng. 1998. Farmers' valuation and conservation of crop genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 45:139-150.
- Causton, David R. 1988. An introduction to vegetation analysis. Unwin Hyman, Londres.
- FAO. 1990. Guidelines for soil profile description. 3rd Edition, Revised. FAO, Roma, Italia.
- Finckh, M. y M. Wolfe. 1997. The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. Pp. 203-237 *in* Ecology in Agriculture (L.E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Gauch, Hugh G. Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bear Press, Chelsea, Michigan.
- Harmsworth, G. 1998. Indigenous values and GIS: a method and a framework. *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 6:3-7.
- Howard, P.C. 1996. Guidelines for the selection of forest nature reserves, with special reference to Uganda. Pp. 245-262 *in* Conservation of Biodiversity in Africa. Local Initiatives and Institutional Roles (L.A. Bennun, R. Aman y S. Crafter, eds.). Centre for Biodiversity, Nairobi, Kenia.
- Jafari-Shabestari, J., H. Corke y C.O. Qualset. 1995. Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:147-156.
- Jarvis, D. y T. Hodgkin. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: linking multidisciplinary research to implementation on-farm. Pp. 261-278 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Jarvis, D., B. Sthapit y L. Sears, editors. 2000. Conserving agricultural biodiversity *in situ*. A scientific basis for sustainable agriculture. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Le Boulc'h, V.L., J.L., David, P., Brabant, y C. de Vallavieille-Pope. 1994. Dynamic conservation of variability: responses of wheat populations to different selective forces including powdery mildew. *Genetic Selection Evolution* 26:221-240.
- Liebman, Matt y Eric R. Gallandt. 1997. Many little hammers: Ecological management of crop-weed interactions. Pp. 291-343 *in* Ecology in Agriculture (L.E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Martin, G. J. 1995. Ethnobotany. 'People and Plants' Conservation Manuals Series. Chapman and Hall, Londres.
- Mutsaers, H.J.W., G.K. Weber, P. Walker y N.M. Fisher. 1997. A field guide for on-farm experimentation. IITA/CTA/ISNAR, Ibadan, Nigeria.
- Pakniyat, H., W. Powell, E. Baird, L.L. Handley, D. Robinson, C.M. Serimgeour, E. Nevo, C.A. Hackett, P.D.S. Caligari y E.P. Forster. 1997. AFLP variation in wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) with reference to salt tolerance and associated ecogeography. *Genome* 40:332-341.

- Sadiki, M. 1990. Germplasm development and breeding of improved biological nitrogen fixation of faba bean in Morocco. PhD Dissertation, University of Minnesota, USA.
- Silvertown, J., D.A. Wells, M. Gillman, M.E. Dodd, H. Robertson y K.H. Lakhani. 1994. Short-term and long-term after effects of fertilizer application on the flowering population of green winged orchid, *Orchis morio*. *Biological Conservation* 69:191-197.
- Singh, K.B. y S. Jana. 1993. Diversity for responses to some biotic and abiotic stresses and multivariate associations in Kabuli chickpeas (*Cicer arietinum* L.) *Euphytica* 68:1-10.
- Snaydon, R.W. 1984. Plant demography in an agricultural context. Perspectives on plant population ecology. Sinauer Associates, Boston.
- Tilman, D. y S. Pacala. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. Pp. 13-25 *in* Species Diversity in Ecological Communities (R. Ricklefs y D. Schluter, eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Weltzien, E. y G. Fischbeck 1990. Performance and variability of local barley landraces in near-eastern environments. *Plant Breeding* 104(1):58-67.

3.5 Lectura recomendada

- Anikster, Y., M. Feldman y A. Horovitz. 1997. The ammiad experiment. Pp. 239-253 *in* Plant Genetic Conservation (B.V. Ford-Lloyd, J.G. Hawkes y N. Maxted, eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Benz, B.F., L.R. Santana Miche y F.J. Sanchez-Velasquez. 1990. Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis*: Preliminary investigations. *Maydica* 35:85-98.
- Burdon, J.J., A.H.D., Brown y A.M. Jarosz. 1990. The spatial scale of genetic interactions in host-pathogen coevolved systems. Pp. 233-247 *in* Pests, Pathogens and Plant Communities (J.J. Burdon y S.R. Leather, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Demissie, A. y A. Bjornstad. 1996. Phenotypic diversity of Ethiopian barleys in relation to geographical regions, altitudinal range, and agroecological zones: as an aid to germplasm collection and conservation strategy. *Hereditas* 124:17-29.
- Demissie, A. y A. Bjornstad. 1997. Geographical, altitude and agroecological differentiation of isozyme and hordein genotypes of landrace barleys from Ethiopia: implications to germplasm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:43-55.
- Finckh, M. y M. Wolfe. 1997. The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. Pp. 203-237 *in* Ecology in Agriculture (Louise E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Guarino, L. 1995. Geographic information systems and remote sensing for plant germplasm collectors. Pp. 315-328 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bear Press, Chelsea, Michigan.
- Henry, J.P., C. Pontis, J. David y P.H. Gouyon. 1991 An experiment on dynamic conservation of genetic resources with metapopulations. Pp. 185-198 *in* Species Conservation: A Population-Biological Approach (A. Seitz y V. Loeschcke, eds.). Birkhauser Verlag, Basel.
- Huenneke, L.F. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant populations. Pp. 31-44 *in* Genetics and Conservation of Rare Plants (D.A. Falk y K.E. Holsinger, eds.). Oxford University Press, New York.
- Jodha, N.S. 1989. Agronomic adjustments to climatic variation. Pp. 405-413 *in* Climate and Food Security. International Symposium on Climate Variability and Food Security in Developing Countries. 5-9 February 1987, Manila. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.
- Liebman, M. y E. R. Gallandt. 1997. Many little hammers: Ecological management of crop-weed interactions. Pp. 291-343 *in* Ecology in Agriculture (L E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.

- Linhart, Y.B. y M.C. Grant. 1996. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:237-277.
- Martin, G. J. 1995. Ethnobotany. 'People and Plants' Conservation Manuals Series. Chapman and Hall, Londres.
- Mithen, R., A.F. Giamoustairs y A. Raybould. 1995. Divergent selection for secondary metabolites between wild populations of *Brassica oleracea* and its implications for plant-herbivore interactions. *Heredity* 75:472-484.
- Nevo, E., T. Beiles y A. Krugman. 1994. Edaphic natural selection of allozyme polymorphisms in *Aegilops peregrine* at a Galilee microsite in Israel. *Heredity* 72:101-112.
- Polaszek, A., C. Riches y J.M. Lenné. 1999. The effects of pest management strategies on biodiversity in agroecosystems. Pp. 273-303 *in* *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management* (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Thurston, H.D., J. Salick, M.E. Smith, P. Trutmann, J.L. Pham y R. McDowell. 1999. Traditional management of agrobiodiversity. Pp. 211-243 *in* *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management* (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Walter, H. 1973. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere*. Springer Verlag, Berlin.

Capítulo 4 Los caracteres agromorfológicos, y la selección y el mantenimiento que da el agricultor

Con la colaboración de:

A. Amri, L.M. Arias-Reyes, Z. Asfaw, J. Bajracharya, A. Birouk, A. Bouzigaren, L. Burgos-May, J. Canu-Ku, J.L. Chávez-Servía, V. Cob-Vicab, E. Ellis, M. Ibnou Ali, D. Louette, N.K. Motiramani, J.L. Pham, K. R'hrib, D.K. Rijal, E. Sauri-Duch, M. Taghouti, A. Teshome, H.Q. Tin y R. Zangre ¹

4.0	Objetivos de este capítulo	58
4.1	Manejo de los criterios agromorfológicos por el agricultor	58
4.2.1	Consistencia entre nombres de variedades e identidades diferenciables	60
4.2.2	Diferenciación en la diversidad de variedades nombradas por el agricultor	62
4.3	Características preferidas o valoradas por el agricultor	62
4.4	Caracteres agromorfológicos seleccionados por el agricultor para la siguiente siembra	64
4.4.1	Prácticas de selección de semilla	64
4.4.2	Consenso entre agricultores sobre métodos y criterios de selección	65
4.5	Ponderación de caracteres	65
4.6	Medición de los datos agromorfológicos	66
4.7	Mediciones y evaluaciones en campo	66
4.7.1	Medición de descriptores agromorfológicos	68
4.7.2	Evaluaciones en las estaciones experimentales	70
4.7.3	Evaluaciones en los campos del agricultor	72
4.8	Experimentos en laboratorio	74
4.9	Medición de la diversidad mediante datos agromorfológicos	75
4.9.1	Análisis univariados	76
4.9.2	Análisis bivariado	79
4.9.3	Análisis multivariado: distinción genética y nomenclatura dada por el agricultor	79
4.10	Referencias	81
4.11	Lectura recomendada	82

¹Créditos para las fotografías: Pp. 58, 65, 68, 69: D. Jarvis; p. 62: E. Ellis.

4.0 Objetivos de este capítulo

Al finalizar este capítulo, el lector podrá entender mejor:

- Los diferentes criterios agromorfológicos empleados para distinguir las variedades
- Las formas en que los agricultores seleccionan las variedades y el efecto que éstas tienen en la diversidad genética del cultivo en cuestión
- La relación entre variedades del agricultor y unidades genéticas.

4.1 Manejo de los criterios agromorfológicos por el agricultor

Los agricultores emplean varios de caracteres **fenotípicos** de las plantas para identificar y seleccionar variedades. Estos **criterios agromorfológicos** pueden abarcar una gran diversidad de formas usualmente ligadas a la diversidad genética de una especie cultivada. El agricultor aplica ese criterio para distinguir y nombrar las variedades de un cultivo, y lo usamos como base para **seleccionar** semilla. Por esta razón, podemos decir que los caracteres agromorfológicos de las especies son el eslabón entre el agricultor y la diversidad genética en su ámbito de producción.

Es importante comprender las tres formas en que los agricultores hacen uso de los caracteres agromorfológicos de sus cultivos:

1. Los agricultores emplean los caracteres agromorfológicos para **identificar** o distinguir las variedades; los caracteres que sirven para la identificación frecuentemente constituyen la base de la nomenclatura del agricultor.
2. Algunos de estos caracteres son **preferidos** o valorados por el agricultor, es decir, el agricultor decide sembrar una determinada variedad porque algunas de sus características son las deseadas.
3. Los agricultores **seleccionan** las plantas de una población para mantener estas características deseables, así como para incrementar la presencia de otros caracteres valorados en la población con el paso del tiempo.

Por todo esto, un agricultor puede identificar una variedad según el color y la forma de la hoja, la región de origen, etc.; puede valorar la variedad según su calidad de cocimiento y seleccionarla para obtener plantas de mayor rendimiento que, a su vez, incrementan el potencial de rendimiento de la variedad.



Un agricultor de Burkina Faso selecciona semillas de sorgo en el campo según las características que él prefiere.

4.2 Nomenclatura que el agricultor da a las variedades

Reconocer el nombre que el agricultor le da a una variedad es importante, porque este nombre representa la unidad que el agricultor selecciona y maneja en el tiempo. El nombre o la descripción que el agricultor da a la variedad puede estar relacionado con el origen o la **fuentes** del material y con la **morfología** de la planta (color, forma, altura, hábito de crecimiento, etc.). Ambos nombres y los caracteres que los definen estarían también relacionados con el **comportamiento agronómico** de la variedad (p.e., con el tiempo hasta la floración, la precocidad y el rendimiento con insumos o sin ellos) o con la **adaptación** de las variedades a **factores ambientales** particulares (tipo de suelo, resistencia a ciertas enfermedades). Los nombres y los caracteres pueden estar relacionados también con el uso del material (p.e., tiempo de cocción, sabor, función en ceremonias religiosas, y usos de otras partes de la planta). Los agricultores perciben estos factores en varias etapas del desarrollo de la planta que ocurren de la siembra a la floración y de la floración a la madurez del fruto. Por tanto, los factores utilizados para identificar y representar las variedades de los agricultores son complejos, y se relacionan entre sí como conjuntos de criterios agromorfológicos que se combinan para definir una variedad local.

Cuando se ha colectado información entre los agricultores, es importante documentar el nombre exacto de cada variedad que proporciona el agricultor, sin modificaciones y, si es posible, utilizando el lenguaje y la terminología locales.

Categoría	Posible criterio agromorfológico
Origen o fuente del material	comunidad, región, condado, poblado, mercado local
Morfología	<ul style="list-style-type: none"> - color de tallos, hojas o semillas - forma de hojas, frutos o semillas, disposición de las hojas y los frutos en el tallo - altura de la planta - longitud o anchura de vainas, mazorcas, espigas o rizomas
Rendimiento agronómico	<ul style="list-style-type: none"> - rendimiento y estabilidad del rendimiento - tiempo de floración - precocidad - vigor de la plántula - hábito de crecimiento
Adaptación ambiental o ecológica favorables	<ul style="list-style-type: none"> - resistencia a enfermedades y plagas - tolerancia a la escasez de agua y de condiciones poco favorables - tolerancia a la salinidad - tolerancia al frío y de altas temperaturas
Uso	<ul style="list-style-type: none"> - sabor - tiempo de cocción - valor nutricional - forraje - tipo de preparación - asociación con ceremonias religiosas

Ejemplo: Caracterización de variedades de sorgo por agricultores de Mkulula, Tanzania. Los agricultores ponderaron el comportamiento de las variedades; los datos fueron recolectados durante una serie de entrevistas hechas en la comunidad de Mkulula.

Característica	Variedad						
	PN3	Msabe	Kasao	Sanyagi	Kilezilezi	Tegemeo	Mihenduno
Rendimiento de grano	Bueno	Regular	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Regular
Tamaño del grano	Regular	Regular	Bueno	Regular	Regular	Grande	Bueno
Tamaño de la espiga	Bueno	Regular	Suelta, Grande	Bueno	Grande	Suelta, Grande	Regular
Tolerancia a la sequía	Buena	Buena	Muy buena	Buena	Muy buena	Muy buena	Buena
Tiempo de maduración	Muy precoz	Mediano	Mediano	Mediano	Precoz	Precoz	Mediano
Rendimiento al procesar	Escaso	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	Escaso	Regular
Uso del tallo	Escaso	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	Bueno
Resistencia al ataque de aves	Baja	Buena	Buena	Buena	Buena	Baja	Buena
Resistencia a enfermedades	Baja	Baja	Bueno	Baja	Buena	Buena	Buena
Resistencia al ataque de insectos	Poca	Baja	Buena	Baja	Buena	Buena	Baja
Facilidad de molienda	Buena	Regular	Buena	Regular	Regular	Buena	Regular
Facilidad para desvainar	Buena	Mala	Buena	Mala	Regular	Buena	Mala
Color del grano	Blanco	Rojo oscuro	Blanco, negro	Rojo	Rojo oscuro	Crema	Rosa
Sabor del grano	Muy bueno	Malo	Bueno	Bueno	Regular	Bueno	Regular
Comportamiento en el almacén	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Calidad en su procesamiento	Muy buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena

Fuente: Friis-Hansen, 2000

4.2.1 Consistencia entre los nombres de variedades e identidades diferenciables

Los agricultores pueden ser coherentes o no en la forma en que nombran y describen las variedades. El nombre que un agricultor le da a una variedad local puede coincidir con el que le da otro agricultor aunque esta coincidencia sólo ocurre en una comunidad o también puede suceder, que aun en una comunidad, los agricultores le den diferentes nombres a una misma variedad.

El nombre puede variar según el género, la edad o el grupo étnico del agricultor. Es importante investigar el área de estudio del agricultor A que nombra una variedad como X, la cual es genéticamente la misma que el agricultor B denominó como variedad X. Igualmente, dos agricultores pueden utilizar diferentes nombres para sus variedades a pesar de que, genéticamente, ambas sean muy similares. Por esta razón, es importante conocer los

caracteres agromorfológicos específicos que emplea el agricultor para nombrar una variedad, para poder responder la pregunta clave: ¿reconocen todos los agricultores una variedad local con el mismo nombre y con los mismos caracteres? Es necesario revisar toda la información disponible para relacionar las características de las plantas con el nombre de una variedad; esto requiere, una investigación intensa con los agricultores y visitas a las parcelas durante todas las etapas de desarrollo del cultivo en cuestión. Hay que aclarar la constitución de una variedad, en cada nivel (localidad, comunidad y región) como primer paso para definir la distribución de la diversidad genética de las especies cultivadas que mantienen los agricultores.

Ejemplo: Nombres mayas de variedades de maíz en Yaxcabá, México

En Yaxcabá, Yucatán, México, la terminología maya empleada en el sistema de clasificación de los agricultores se refiere al color del grano y al tiempo de maduración del maíz.

Tipo racial	Variedad (nombre maya; color del grano)	Ciclo	Prueba de campo ¹
Nal-tel	Kan-nal; amarillo	7 semanas	Nal-tel
	Sac-nal; blanco		Nal-tel
Xmejen-nal (nal-tel x tuxpeño)	Kan-nal; amarillo	2.0 meses	Xtup-nal
	Sac-nal; blanco		Xtup-nal
	Kan-nal; amarillo	2.5 meses	Xmejen-nal
	Sac-nal; blanco		Xmejen-nal
Tsiit-bacal (dzit-bacal)	Kan-nal; amarillo	3.5 meses	Dzit-bacal
	Sac-nal; blanco		Dzit-bacal
	Sac-nal; blanco (colmillos) ²		Dzit-bacal; colmillos
Xnuc-nal (tuxpeño)	Kan-nal; amarillo	4.0 meses	Xnuc-nal
	Sac-nal; blanco		Xnuc-nal
	Pix-cristo; amarillo-rojizo		Pix-cristo
	Xhe-ub; morado-blanco		Xhe-ub
	Chac-chob; rojo vivo		Chac-chob
	Xgranada-nal; como granada		Xgranada-nal
	Xwob-nal ³		No se incluye

¹Relación de variedades de maíz usada para elaborar el dendrograma y el ACP.

²Este material se incluye como una variante de Dzit-bacal. La característica principal es que los granos tienen la forma de un "colmillo".

³Esta variedad no fue sembrada en la prueba porque no había suficiente semilla. La característica de éste material es que en el campo del agricultor las mazorcas llegan a tener, a veces, tres o cuatro ramificaciones.

Fuente: Arias *et al.*, 2000

Una vez precisados los caracteres que usan los agricultores para identificar una variedad, se debe elaborar un listado de los criterios que utilizan para nombrar cada variedad. Algunos de estos criterios deben ser **hereditarios**; por ejemplo, algunos caracteres son heredados por los hijos y otros pudieron haber recibido la influencia del ambiente donde se cultivó la variedad. Por tanto, cuando la variedad se cultiva en otro ambiente, como en un tipo de suelo diferente, puede no expresar los mismos caracteres que un agricultor usó para denominarla.

Los caracteres agromorfológicos suelen evaluarse en el campo, en el invernadero y en pruebas de laboratorio, temas que serán tratados más adelante en este capítulo. Estas evaluaciones sirven para medir las diferencias entre los nombres de las variedades impuestos por los agricultores y para identificar la existencia de una diversidad mayor, ya sea *entre* las variedades o *dentro* de ellas. Si la diversidad es mayor *entre* las variedades, se puede distinguir a éstas como unidades desde el punto de vista genético. Si la diversidad es mayor *dentro* de las variedades, es necesario entender mejor los caracteres que el agricultor emplea para distinguir estas variedades y explicar la razón de que no correspondan a las mediciones empíricas. Para obtener esta información hay que investigar y discutir, contando con la participación de los agricultores, las diferencias durante el período de crecimiento de la

plantas y en diferentes etapas del desarrollo. De este modo, la lista de criterios podrá afinarse progresivamente.

Ejemplo: Variabilidad morfológica de la cebada en una parcela de la parte alta del condado Wujin, en la provincia de Jiangsu, China

En un estudio de campo sobre la ecología de una comunidad de rápido desarrollo en la región del Lago Tai, en China (Ellis y Wang 1997; Ellis *et al.* 2000), algunas variedades aún muestran gran homogeneidad genética. Estas tres espigas de cebada fueron tomadas de una misma parcela de menos de 0.05 ha. Aunque se cree que esta región adoptó anteriormente variedades de la Revolución Verde, los agricultores aún seleccionan sus propias semillas, especialmente las de cultivos de autoconsumo.



4.2.2 Diferenciación en la diversidad de variedades nombradas por el agricultor

Después de que las variedades nombradas por el agricultor han sido definidas y aceptadas como coherentes en algún nivel, es necesario conocer la naturaleza de las diferencias que hay entre ellas. ¿Contienen todas las variedades la misma cantidad de diversidad ó sólo algunas representan la mayor parte de la diversidad de una comunidad o región? En Yaxcabá, una pequeña comunidad del Estado de Yucatán, en México, se encontró que 15 variedades de maíz contienen casi toda la diversidad existente en esa península, con base en mediciones de caracteres agromorfológicos (Arias *et al.*, 2000; ver ejemplo).

Puede darse el caso de que algunas *variedades raras* de una comunidad o región sean el resultado de la selección de algunas *variedades comunes*, y que esas variedades comunes contengan toda la diversidad genética encontrada en las variedades raras (tema discutido en el Capítulo 5). El análisis de este problema implicaría el examen de un conjunto de variedades raras y su comparación con las variedades comunes. Plantear estas situaciones ayudará a comprender la relación entre la variedad reconocida por el agricultor – quien le ha dado el nombre que lleva– y la cantidad de diversidad genética que hay en el sistema que él (o ella) maneja.

4.3 Características preferidas o valoradas por el agricultor

Las características preferidas o valoradas por el agricultor para denominar determinada variedad pueden ser diferentes de las empleadas para distinguirse. Las características que los agricultores valoran en sus variedades pueden estar relacionadas con caracteres agronómicos (rendimiento, resistencia a la sequía, etc.), con el uso (calidad de cocimiento, forraje, etc.) o con caracteres estéticos (color, forma, etc.). Entender que los agricultores, en diferentes situaciones, valoren estas características es importante para diseñar estrategias de apoyo de la labor de conservación en el campo del agricultor. Los caracteres valorados por los agricultores en una variedad particular, pueden variar en la comunidad o aun dentro de la misma unidad de producción según el género o la edad. Un método para estudiar el valor que los agricultores le dan a sus variedades se discutió en la sección 2.4.2. Estas características preferidas deben ser también la base del agricultor para orientar el cambio en las poblaciones de una variedad a través del tiempo, tal como los agricultores practican la selección para incrementar, en la población, la predominancia de los caracteres deseados.

Ejemplo: Características preferidas en el maíz por hombres y mujeres de Oaxaca, México

En los valles centrales de Oaxaca, México, se les pidió a hombres y mujeres de 240 unidades de producción que calificaran un conjunto de 25 características del maíz en términos de importancia (no es importante, algo importante, muy importante). Esta tabla muestra el porcentaje de hombres y mujeres que calificaron cada característica de maíz como “muy importante”. Para todos los encuestados, las cinco características más importantes, en orden decreciente fueron: (1) tolerancia a la sequía, (2) resistencia al ataque de insectos en almacenamiento, (3) para casos de emergencia (guardar “algo” en caso de un año malo), (4) rendimiento por peso y (5) el sabor de las tortillas. Sin embargo, la importancia relativa para algunas de las características difiera entre hombres y mujeres. Por ejemplo: el rendimiento del grano fue más importante para los hombres y el sabor de la tortilla para las mujeres. Otra etapa de éste análisis que aquí no se muestra, consistió en preguntar tanto a hombres como a mujeres hasta qué punto los diferentes tipos de maíz cubren estas necesidades. El análisis reveló notables diferencias en la percepción del comportamiento de ciertas variedades locales y modernas de acuerdo a sus características – los tipos modernos de maíz resultaron particularmente débiles en características de consumo pero superiores para forraje y rendimiento del grano bajo condiciones de crecimiento favorables.

Percepciones de hombres y mujeres sobre las características más importantes de las variedades de maíz

Características	Porcentaje de personas que calificaron las características como “muy importante”	
	Hombres	Mujeres
Agronómicas		
Peso del grano (kg/almud)+	76.3	76.6
Rendimiento del grano (kg/ha)	52.8	66.1
Duración del período de crecimiento	46.5	46.9
Produce “algo” en caso de un año malo	* 63.8	89.8
Tolerancia a la sequía	91.1	89.9
Tolerancia a arvenses	26.7	39.8
Resistencia a enfermedades	* 31.5	61.4
Resistencia a insectos en almacenamiento	79.7	75.5
Relacionadas con consumo		
Sabor de las tortillas	* 50.8	78.4
Bueno para atole	* 34	60.2
Bueno para tamales	* 14.9	38.4
Bueno para pozole	* 8.3	25.4
Bueno para “tlayudas” (tipo de tortillas)	27.5	50.7
Bueno para forraje	30.9	51.4
Bueno como alimento de animales	37.1	50
Manejo		
Bueno para venta	32.4	53.6
Producido con poca mano de obra	37.4	43.5
Producido con pocos insumos	48.2	57.5

* la prueba de la Ji-cuadrada para homogeneidad muestra diferencias significativas entre hombres y mujeres al nivel 0.1 de significancia.

Fuente: Bellon *et al.*, Identifying maize landraces for participatory breeding: a case study from the central valleys of Oaxaca, Mexico. Manuscrito inédito. CIMMYT.

4.4 Caracteres agromorfológicos seleccionados por el agricultor para la siguiente siembra

Los caracteres empleados para distinguir una variedad en particular pueden ser diferentes de los que el agricultor selecciona activamente para la siguiente generación de cultivo. El estudio de los criterios o de las prácticas de manejo que los agricultores emplean para seleccionar características para la siguiente generación, como por ejemplo, la cantidad de semilla seleccionada para la siguiente generación, limita el flujo genético entre las variedades. Este proceso de selección es una de las fuerzas más importantes que dirige o mantiene las características de una población a través del tiempo.

Cuando se introduce nueva diversidad genética en una población, ya sea desde su interior (por hibridación, introgresión o mutación) o afuera de ella (por migración, si el agricultor introduce nuevas variedades), los agricultores pueden seleccionar a favor o en contra de las nuevas características, según el interés que tengan. La selección que hace el agricultor puede llegar a confundirse con la selección ambiental a través del tiempo. Puesto que las plantas cuyas características están mejor adaptadas a ambientes específicos tienen más oportunidades de sobrevivir, la semilla para el siguiente ciclo tendrá una mayor proporción de estos caracteres preferidos y adaptados que la semilla utilizada en el ciclo anterior.

4.4.1 Prácticas de selección de semilla

En el proceso de selección de variedades basado en caracteres agromorfológicos, las prácticas del agricultor pueden influir en el mantenimiento de la diversidad genética en su campo. Entre las prácticas asociadas con la selección de semillas que pueden influir en la estructura genética de las variedades a través del tiempo, tenemos las siguientes:

- Selección en el campo en lugar de hacerlo durante el almacenamiento post-cosecha
- Seleccionar de una parcela determinada o una área particular dentro de una parcela
- Tomar todos los granos de la mazorca o una parte de ellos,
- Emplear como semilla la panícula o la vaina.

En México por ejemplo, los granos de la punta de la mazorca no se usan como semilla. Actúan también como fuerzas de selección algunas técnicas de cultivo, como la alta densidad de plantas, la eliminación de las partes no deseadas de las plantas durante su crecimiento, y la eliminación de la floración masculina no deseada. Los agricultores pueden seleccionar en la mazorca, en la panícula o de la semilla recolectada. El momento oportuno para la selección puede depender del desarrollo de los órganos reproductivos o de algunas características vegetativas, si éstas se consideran importantes. Se practican también rituales asociados con la selección de semillas o con la preparación de las semillas antes de la siembra.

Estas prácticas ejercen una fuerza selectiva en los lotes de semilla o en la población de un cultivo porque influyen en la supervivencia de las semillas para la siguiente generación y afectan, por tanto, las bases genéticas de la variedad a través del tiempo. Tal como lo discutieron Bellon y Brush (1994) en su estudio sobre el maíz, en Chiapas, México, Louette y Smale (2000) mostraron que las prácticas tradicionales de selección de semilla de los agricultores mexicanos conservaban íntegramente las características de la mazorca que definen las variedades de los agricultores, aun en presencia de un flujo genético importante que provenga de la polinización cruzada. Las prácticas de almacenamiento de semillas, descritas en el Capítulo 6, pueden afectar la diversidad genética mantenida en el campo del agricultor, por las mismas razones. Como ocurre con otras decisiones y acciones de los agricultores relacionadas con la conservación en fincas, estas prácticas pueden variar según el género y otras categorías socioeconómicas; la información debe recolectarse, por tanto, en diferentes grupos para conocer a los que intervienen en el mantenimiento de la diversidad genética a través del tiempo.



Agricultora vietnamita seleccionando arroz; los recipientes para almacenar el grano están a la izquierda de ella.

4.4.2 Consenso entre agricultores sobre métodos y criterios de selección

Además de la coherencia en nombres de variedades, es importante encontrar el grado de consenso que hay entre los agricultores respecto al criterio de selección para la siguiente generación. ¿Están todos los agricultores aplicando el mismo criterio de selección en las mismas variedades, dentro de la comunidad y a través de las comunidades?

4.5 Ponderación de caracteres

Para entender el uso que los agricultores dan a los caracteres de las plantas, las entrevistas con ellos deberán proporcionar criterios para identificar, valorar y seleccionar sus variedades. En cada una de estas categorías, el criterio puede ser ponderado por los agricultores según un orden de importancia. Los ejercicios para ponderar caracteres según su importancia deben ser **desagregados** por categorías tales como edad, género y condición socioeconómica. De este modo se podrá hacer énfasis en las diferencias sobre la forma en que estos grupos identifican, valoran y seleccionan sus variedades.

La ponderación de criterios agromorfológicos debe proporcionar también ideas sobre el modo en que los agricultores reconocen la diversidad genética nueva, ya sea en el interior de una población (por hibridización ó mutación) o fuera de ella (por migración, cuando los agricultores introducen nuevas variedades). En cualquier caso, los agricultores se inclinan a colocar la nueva diversidad en categorías empleando criterios agromorfológicos relevantes; si los caracteres se consideran valiosos, se le da una orientación a la diversidad. Las técnicas conocidas como de Acción Participativa presentan diferentes métodos para lograr que los agricultores hagan sus ponderaciones (ver Capítulo 8).

4.6 Medición de los datos agromorfológicos

Investigar los caracteres agronómicos y morfológicos de las variedades es un tema central de conservación en fincas y se hace, de dos maneras:

1. Midiendo sistemáticamente y analizando caracteres agromorfológicos específicos (estas son una forma corriente de calibrar la diversidad fitogenética).
2. Aplicando criterios agromorfológicos para identificar y seleccionar las variedades que cultivará el agricultor, haciendo de estos caracteres una conexión directa entre su conducta y la diversidad genética.

Una característica agromorfológica es el fenotipo, el cual resulta de la interacción entre el genotipo y el ambiente, por ello, sólo se puede usar como medida indirecta de diversidad genética. Hay poblaciones genéticamente homogéneas de variedades locales que, cuando se cultivan en nichos agroecológicos ligeramente diferentes, pueden tener características fenotípicas muy diferentes; además, algunas de las características morfológicas pueden resultar más afectadas por el ambiente que otras (Newbury y Ford-Lloyd 1997). De igual manera, las variedades locales distintas pueden parecer semejantes cuando se cultivan en diferentes ambientes.

Medir y analizar los caracteres agromorfológicos es también una forma de entender la percepción que tiene el agricultor de los caracteres empleados por él para reconocer y distinguir las variedades de un cultivo. Es importante entender la forma en que el agricultor maneja y selecciona los caracteres individuales y los grupos de caracteres empleados para identificar las variedades. Esta comprensión proporciona un valor adicional, porque la caracterización agronómica y morfológica de las variedades tiene mucha importancia para el uso del germoplasma que hacen tanto los agricultores como los mejoradores. Aunque puede consumir mucho tiempo el trabajo de recolectar y analizar los caracteres agromorfológicos, es sin embargo un proceso de bajo costo y relativamente simple si lo comparamos con otras técnicas de medición de la diversidad genética.

4.7 Mediciones y evaluaciones en campo

Los procedimientos con que se recolectan los datos agromorfológicos en el campo están estandarizados, ya sea para medir la diversidad genética o los caracteres usados por el agricultor. Hay que hacer entonces mediciones físicas de varios aspectos morfológicos ó agronómicos de la planta, bajo diferentes condiciones experimentales o **tratamientos**. Un ejemplo de un carácter morfológico de la planta que se puede medir es el tamaño o el color de la semilla. Los caracteres agronómicos se refieren a características relacionadas con el crecimiento de la planta y con su comportamiento, tales como los días hasta la floración o el rendimiento.

Cada cultivo requiere dos conjuntos diferentes de datos agromorfológicos. Uno son las mediciones de las variedades cultivadas, que se toman en el campo del agricultor. Otro son las muestras de semilla de cada variedad que deben tomarse en el campo del agricultor y sembrarse y cultivarse en parcelas experimentales en condiciones ambientales controladas. El primer conjunto de muestras comprende las mediciones de los caracteres fenotípicos, o sea, los que el agricultor emplea para seleccionar las variedades que cultiva, en tanto estos caracteres experimentan el influjo de los factores ambientales en el campo del agricultor. Estas medidas se clasifican como pruebas manejadas por el agricultor, y en ella el cultivo se maneja según las prácticas acostumbradas por el agricultor. El segundo conjunto de muestras, que proviene de las estaciones experimentales, permite a los investigadores conocer los caracteres agromorfológicos que dependen de las condiciones ambientales y los que representan la diversidad genética real. Si los caracteres reconocidos por el agricultor se

deben principalmente a las condiciones ambientales, hay que examinar lo que esto implica para el manejo de la diversidad genética en fincas.

Ejemplo: Caracterización de la diversidad local de cebada en fincas y en estaciones experimentales, en Marruecos

Caracteres	Campo del agricultor	Estación experimental	Caracteres usados por el agricultor
Crecimiento y características de la planta			
Hábito de crecimiento (1 = erecta; 2 = semierecta; 3 = semiprostrada; 4 = heterogénea)	X	X	
Vigor de la planta (1 = muy bajo; 2 = bajo; 3 = intermedio; 4 = alto; 5 = muy alto)	X	X	
Altura de la planta (1: <75 cm; 2: 75-95 cm; 3: 95-110 cm; 4: >110 cm)	X	X	X
Características del tallo	X	X	
Ancho de la hoja: (1: ancho; 2: intermedio; 3: angosto)	X	X	
Color de la hoja (1: oscuro; 2: intermedio; 3: claro)	X	X	
Susceptibilidad a enfermedades: (roya de la hoja; virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC); ahogamiento; cenicilla polvorienta)	X	X	X
Ciclo de la planta			
Días a la maduración	X	X	X
Días a la cosecha	X	X	
Rendimiento (semilla y componentes)			
Características de la espiga (largo de la espiga; densidad de la espiga; color uniforme; longitud uniforme)	X	X	X
Número de semillas/espiga	X	X	X
Peso de 1000 semillas	X	X	X
Características de la semilla	X	X	X

Fuente: Sadiki *et al.*, 2000

Ejemplo: Medias y rangos de variación de algunos caracteres de 13 variedades locales de haba, medidos en en Rabat, Marruecos, durante el ciclo 1998/99 (Sadiki *et al.*, 2000).

Caracteres	Media	Mínimo	Máximo
Altura de la planta en estado de floración (cm)	44.00	30.00	50.00
Número de vainas por planta	21.00	11.00	40.00
Número de semillas por planta	72.00	24.00	120.50
Peso promedio del grano (g)	1.15	0.65	1.66
Número de granos por vaina	5.47	2.20	6.51
Rendimiento por planta (g)	80.00	44.00	130.00



Caracterización de variedades locales de haba en una estación experimental de Marruecos.

Los caracteres que se deben analizar en el ensayo se conocen como **variantes** o **variables**, porque pueden variar ampliamente de un cultivo a otro. Por ejemplo, al considerar las características agronómicas del maíz, la longitud de la espiga puede ser importante; este carácter es, obviamente, inaplicable en el arroz, donde lo importante es el tamaño de la panícula.

El rango de caracteres que se pueden medir como caracteres agromorfológicos se encuentra resumido en las listas de descriptores, ya han sido publicadas para los cultivos más importantes.

4.7.1 Medición de descriptores agromorfológicos

En las listas de descriptores suelen encontrarse caracteres agromorfológicos potencialmente relevantes para una especie, y ésta puede tener cientos de ellos. Estas listas contienen caracteres heredados en su mayoría, apreciables a simple vista y expresados igualmente en todos los ambientes, lo cual permite diferenciar fenotipos. Los descriptores para evaluación se refieren a caracteres de la planta como el rendimiento, el comportamiento agronómico, la susceptibilidad al estrés biótico o abiótico, y también a algunos caracteres bioquímicos y citológicos. La expresión de estos descriptores puede verse también afectada por factores ambientales. Colectar toda esta información es prácticamente imposible en las condiciones en que opera la conservación *in situ*. Es posible que esos caracteres estén directamente relacionados con la diversidad genética, en su expresión más amplia, aunque es posible que no lo estén, dado que los caracteres morfológicos son una resultante de la interacción entre influencias genéticas y ambientales.

Los agricultores son, en realidad, la guía más práctica para arribar al rango de caracteres agromorfológicos en que se debe centrar el estudio. Hay que prestar particular interés a los caracteres que más frecuentemente emplean los agricultores para identificar y seleccionar las variedades, así no sean éstos los caracteres preferidos.

Una prueba de identificación para entender el criterio que aplican los agricultores para describir sus variedades consiste en sembrar, junto con los agricultores, varias hileras en una parcela, de modo que ellos no sepan el nombre de las variedades que se siembran y pedirles luego que identifiquen las variedades durante diferentes etapas del desarrollo como planta joven, etapa de floración, etapa de maduración del fruto (mazorca o espiga), y estado de madurez después de la cosecha (sin la planta).

Ejemplo: Comparación de valores que los agricultores dan a los descriptores del taro (*Colocasia spp.*)

Como parte del componente Nepal del proyecto de conservación *in situ* del IPGRI, se investigaron los descriptores de taro en el ecositio Begnas. En 18 muestras de taro, los agricultores usaron con más frecuencia (9 casos) el tamaño del cormo como descriptor, y usaron con menos frecuencia (2 casos) la cubierta del cormo. En comparación con los hombres, las mujeres examinaron sus muestras con más detenimiento y utilizaron sus propios descriptores. Los descriptores que más emplearon ellas fueron el color del brote, el número de brotes, el número de cormos y el tamaño del cormo. Los descriptores más importantes para los hombres fueron el número de brotes, el color del brote, el número de cormillos y la forma del cormo. Fuente: Rijal *et al.*, sin publicar.

Valores comparativos para los descriptores del agricultor, desagregados por género (n=24), en Begnas, Nepal

Descriptor	Caracteres	Mujeres		Hombres	
		Veces que lo usaron	%	Veces que lo usaron	%
Cormo	Forma redonda	8	23.9	8	18.2
	Tamaño grande	4	27.0	6	15.3
	Tamaño pequeño	8	12.5	7	15.4
	Brote blanco	10	35.0	8	17.2
	Brote rojo	8	45.3	8	24.4
	Brotos por cormos	7	41.7	7	29.2
	Brotos deprimidos	5	26.7	6	22.2
Cormillo	Mayor número	7	20.8	8	23.4
	Menor número	6	31.9	8	13.0
	Grande	6	29.2	5	15.3
	Alargado	6	19.4	9	14.2
Cubierta	Pesada o gruesa	2	12.5	2	16.8
Crecimiento de la raíz	Agrupado	3	19.4	3	26.4

Nota: El porcentaje fue calculado partiendo del total acumulado para cada descriptor, dividido por el descriptor empleado a través de las variedades, multiplicado por un potencial de respuesta del número total de agricultores (n = 24), y expresado en porcentaje.



Caracterización de variedades locales de arroz en fincas de Kaski, Nepal.



Caracterización y evaluación, en estación experimental, de variedades de alfalfa, usando variedades modernas como testigos, en el Oasis Errachidia, en Marruecos.

Los investigadores pueden identificar otros criterios de evaluación con base en observaciones que hagan a nivel local; además, se pueden elegir caracteres potencialmente útiles según la especie del cultivo, su herencia y su potencial de alta diversidad dentro del carácter (Brown, 2000). El número de caracteres agromorfológicos de los que se recolectarán datos se debe reducir empleando métodos estadísticos como los de ordenación (ver Capítulo 3). En México, por ejemplo se usó el análisis de componentes principales (ACP) para establecer que siete caracteres agromorfológicos conformaban el 85% de la variabilidad encontrada en 15 variedades de maíz (Sánchez *et al.* 1993; Arias *et al.* 2000). Dependiendo de las variables (caracteres) que se midan, se decide si los datos se colectan en las plantas, en la parcela, en la estación experimental o en el laboratorio.

Valores y vectores propios de los componentes principales y de las variables descriptivas de 15 variedades de maíz (Arias *et al.* 2000)

	CP1	CP2	CP3
Valores propios			
Valores propios	3.450	1.725	0.775
Proporción de la varianza explicada (%)	49.3	24.6	11.0
Proporción de la varianza acumulada (%)	49.3	73.9	85.0
Vectores propios			
Largo de la mazorca (cm)	0.365	-0.470	0.250
Diámetro de la mazorca (cm)	0.200	0.415	0.762
Pesos de la mazorca por parcela (kg)	0.335	0.461	-0.443
Rendimiento por parcela experimental (kg)	0.452	0.056	-0.379
Altura de la planta	0.476	-0.180	0.070
Altura de la mazorca	0.477	-0.274	0.042
Peso del grano en la parcela (kg)	0.235	0.532	0.096

4.7.2 Evaluaciones en las estaciones experimentales

En las evaluaciones que se hacen en las estaciones experimentales, el factor **tratamiento(s)** es la única variable de medición. Todos los demás factores se mantienen tan uniformes como sea posible. Por ejemplo, en una prueba de comparación de poblaciones, todas las técnicas de cultivo se estandarizan y aplican uniformemente a todas las variedades y a sus repeticiones. Los demás factores (meteorológico, edáfico e hidrológico, entre otros) que influyen en el crecimiento de las plantas en un campo experimental, quedan controlados, mediante el agrupamiento de los tratamientos en bloques homogéneos. El principio en que se basan las pruebas de campo controladas es mantener los factores ajenos al tratamiento tan uniformes como sea posible, lo cual permite que las diferencias entre tratamientos, si las hay, se expresen mejor. Este principio no se puede aplicar de igual manera a las evaluaciones manejadas por el agricultor, en cuyo campo no se puede controlar la heterogeneidad de los suelos.

Las poblaciones se evalúan normalmente bajo diferentes **variantes** de las condiciones, en un diseño **factorial**. Estas variantes se denominan **tratamientos**. La diversidad de los tratamientos dependerá de las preguntas que se haga el investigador. Por ejemplo, un experimento en el que se evalúan 4 poblaciones, en 2 niveles de espaciamiento, y 3 fechas de siembra tiene 3 **factores** (las **poblaciones**, los **niveles de espacio** y las **fechas de siembra**), y hace, en total, 24 **tratamientos**, en un diseño factorial de 4 x 2 x 3.

Los tratamientos se escogen una vez que el objetivo de la prueba se ha formulado. Cada tratamiento debe estar claramente definido y hay que precisar el papel que tendrá en el logro de los objetivos.

Las evaluaciones experimentales comúnmente incluyen, tratamientos de control (o testigos) con los cuales se comparan los tratamientos evaluados. Por ejemplo, se pueden usar variedades **mejoradas** en ensayos de rendimiento de las poblaciones locales para evaluar, por referencia a ellas, las ventajas adaptativas de variedades locales. Dichos tratamientos de **control** también se usan para evaluar la resistencia de una población a ciertas enfermedades.

La elección del sitio en que se hacen las evaluaciones o ensayos de campo es crucial en algunos casos y depende de los objetivos de la evaluación en cuestión. Por ejemplo, la elección del sitio es importante para evaluar la tolerancia de la sequía, en cuyo caso, los experimentos tendrían que repetirse en varios sitios durante varios años. En cambio, en algunos estudios de enfermedades, los experimentos se manejan mejor en macetas grandes y los resultados son relativamente independientes del sitio, con tal que se asegure la presencia permanente de la enfermedad evaluada. Puede ser útil emplear sistemas de información geográfica para determinar los sitios más apropiados para una prueba de campo y las áreas en que podrían aplicarse los resultados obtenidos en la prueba.

Componentes de un ensayo de campo

Parcela: la unidad experimental más pequeña o unidad de evaluación en campo

Tratamiento (o variante): factor que comprende todas las parcelas que reciben el mismo tratamiento

Repetición (o réplica): establecimiento de dos ó más parcelas con el mismo tratamiento

Bloque: se refiere tanto a un conjunto completo (repetición de todos los tratamientos) como a uno incompleto (repetición de algunos tratamientos)

Aleatoriedad: distribución al azar (aleatoria) dentro de un bloque, de parcelas que tienen diferentes tratamientos. La aleatoriedad es esencial para calcular la influencia del suelo y los efectos de los tratamientos adyacentes

Factor: cualquier sustancia presente no identificada, el agente que la causa, ó una reacción ó proceso específico

Los resultados de las evaluaciones o ensayos se pueden ver afectados no sólo por los tratamientos sino por otros factores no deseados (como diferencias en las propiedades del suelo dentro del campo experimental). Estas variaciones se denominan **errores experimentales**, y se pueden reducir agrupando los tratamientos en bloques uniformes. El propósito de estos bloques es permitir que las poblaciones sean evaluadas con precisión y exactitud en caso de que se detecten diferencias entre los efectos de los tratamientos. La precisión que se requiere determina el **diseño experimental** que se trazará en el campo. La dificultad para ejecutar un diseño aumenta cuando es mayor la exactitud del diseño adoptado. El diseño experimental se relaciona directamente con la combinación de los tratamientos, con la forma en que estos se asignan a las unidades experimentales, y con el número de repeticiones que se hagan de un mismo tratamiento.

No existe un número definido de tratamientos para incluir en las evaluaciones. Es frecuente enfrentar la opción de juntar todos los factores en una sola evaluación o de dividirlos en más pequeño; estos últimos pueden ser más prácticos, ya que es difícil contar con una parcela que sea a la vez muy extensa y de suelo homogéneo. Ahora bien, se recomienda hacer evaluaciones grandes si todos los tratamientos tienen que ser comparados

entre sí. Estas evaluaciones son más difíciles de manejar y, además, la tarea de recolectar una enorme cantidad de datos puede superar la capacidad del personal técnico disponible.

4.7.3 Evaluaciones en los campos del agricultor

En las pruebas que se hacen **en campos del agricultor** es imposible realizar prácticas similares a las que se hacen en campos experimentales, donde se impone uniformidad y se siembra en una fecha determinada y con una densidad prescrita. Mutsaers *et al.* (1997) recomiendan, en este caso, descartar todo intento de uniformidad y establecer la prueba en un terreno elegido por el agricultor, sembrar cuando éste suele sembrar y hacer también las prácticas de cultivo que le son propias. En este caso no se controlan las variables distintas del tratamiento, sino que se registran las prácticas reales del agricultor. Para analizar esta información, se necesitan diferentes tipos de análisis estadístico. Asimismo, se requiere contar con un alto número de agricultores para cubrir todo el rango de variación de las prácticas de manejo (Mutsaers *et al.*, 1997). Una excelente guía para diseñar evaluaciones en campos del agricultor y para hacer análisis estadísticos de la variación no controlada, en donde se estudia el manejo que hace el agricultor, se encuentra en Mutsaers *et al.* (1997), *A Field Guide for On-Farm Experimentation*; recomendamos especialmente los Capítulos 6 y 7 como material complementario de esta guía de entrenamiento.

Diseños experimentales

Diseño de bloques completos al azar (BCA)

En este diseño, cada bloque (o sea, una repetición de todos los tratamientos) está completo, es decir, contiene todos los tratamientos a la vez. El diseño es aplicable tanto a pruebas simples como a pruebas multifactoriales. Los tratamientos se distribuyen aleatoriamente en cada bloque. El número de repeticiones varía casi siempre de 4 a 6, lo que depende de la heterogeneidad del suelo. Este diseño tiene muchas ventajas: es el más exacto para la mayoría de los trabajos experimentales, es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones, y el tratamiento control o testigo se puede introducir más de una vez. Sin embargo, cuando hay más de 15 tratamientos, las repeticiones deben dividirse en series parciales cuando los tratamientos no van a ser comparados entre sí. Los análisis estadísticos de este diseño son simples y rápidos. La principal desventaja del diseño es que, cuando el ensayo incluye un número grande de tratamientos, los bloques llegan a ser muy grandes y, por ello, son heterogéneos.

Diseño del cuadrado latino (CL)

En este diseño, los tratamientos se sitúan de dos maneras. El área experimental se divide en hileras y en columnas, y cada tratamiento aparece una vez por columna y por hilera. Así, los tratamientos se distribuyen aleatoriamente. El número de repeticiones es igual al número de tratamientos. La estratificación de dos vías, propia de este diseño, permite tener un buen nivel de control sobre la variación del campo se puede aplicar también a pruebas simples y multifactoriales que tengan menos de 10 tratamientos.

Diseño de bloques incompletos (BI)

El número de tratamientos que se van a evaluar juntos en un solo diseño experimental puede ser tan grande que se dificulte tener repeticiones homogéneas. La variación tiende a aumentar con el tamaño de la repetición, ya que aumenta el número de errores experimentales, sin embargo, es difícil, poder mantener el bloque pequeño. Por tanto, en evaluaciones grandes (con alto número de tratamientos) sólo una porción de los tratamientos se puede incluir en un bloque pequeño, y éste resulta ser un bloque incompleto. La repetición completa se divide entonces en bloques pequeños. El tamaño óptimo de cada bloque dependerá de la naturaleza del área experimental y del material. La variación entre bloques incompletos se elimina de manera que permita la presencia de pequeños errores experimentales si la prueba fue diseñada como BCA. La mayoría de las veces se incluyen tratamientos control o testigo en cada bloque incompleto. El BI ofrece gran flexibilidad a los científicos que diseñan ensayos para situaciones específicas. Este diseño es de uso común en el análisis de variabilidad entre materiales de germoplasma local.

Diseños de látice y alfa

El diseño de látice se usa en casos especiales de bloques incompletos. Se pueden incluir muchos tratamientos en una misma prueba, con pocas repeticiones y tan precisos como un BCA. El número de tratamientos es siempre un cuadrado perfecto (9, 16, 25, etc.). Las repeticiones (látices) y los bloques son distintos. El número de tratamientos de cada bloque incompleto es igual a la raíz cuadrada del número total de tratamientos. Ningún par de tratamientos debe aparecer más de una vez en un bloque. Para evaluar las diferencias entre tratamientos con igual grado de precisión, el látice debe estar equilibrado, es decir, todos los tratamientos se compararán unos con otros un número igual de veces en bloques incompletos.

Diseños aumentados

Estos diseños constan de una sola repetición. Son apropiados para pruebas en que hay muchas poblaciones pero con una cantidad de semilla tan limitada que sólo alcanza para una repetición. Los grupos de control se repiten sistemáticamente en el experimento para controlar la heterogeneidad del ambiente. Los experimentos que aplican este diseño son, por ejemplo, el seguimiento que se hace a la resistencia a las enfermedades, en el cual los controles o testigos consisten en repeticiones de genotipos resistentes y susceptibles bajo un patrón sistemático. Estas repeticiones miden la variación a través del ensayo y las variables (o caracteres) de las unidades sin repetición se evalúan tomando los testigos adyacentes como base.

4.8 Experimentos en laboratorio

Además de las evaluaciones de campo, las evaluaciones hechas en laboratorio y en invernadero pueden ser muy útiles para identificar los gradientes de adaptabilidad y de calidad de los caracteres que los agricultores han identificado. Factores tales como la elasticidad de las tortillas (de maíz) y el tiempo de cocción (del haba, del frijol, etc.) pueden analizarse en el laboratorio empleando técnicas que cuantifiquen diferencias entre las variedades que el agricultor ha nombrado. Algunos caracteres agronómicos, como la resistencia a las enfermedades y la tolerancia del estrés abiótico (deficiencia de agua, salinidad, etc.) se pueden evaluar fácilmente mediante observaciones en laboratorios para lograr caracterizar mejor diferencias de genotipo entre variedades. La resistencia del sorgo a plagas de post-cosecha también se puede analizar en laboratorio (Teshome *et al.*, 1999). La estructura de la variabilidad genética entre las variedades nombradas por el agricultor y dentro de ellas también se puede describir por medio del análisis bioquímico de marcadores moleculares (Capítulo 5).

Ejemplo: Confirmación de los conocimientos del agricultor sobre el almacenamiento del sorgo, en Etiopía

Este estudio evaluó el conocimiento que tienen los agricultores de las variedades de sorgo con respecto a su resistencia al ataque de insectos durante el almacenamiento. Los agricultores primero colocaron sus variedades en categorías según su nivel de resistencia al ataque del gorgojo *Sitophilus oryzae* (L.). La resistencia de estas variedades se midió luego haciendo una evaluación de su susceptibilidad; en esta prueba se colocaron 25 gorgojos de 7 días de edad en 25 g de material de cada variedad. Después de 7 días se retiraron los insectos pero no sus huevecillos. Desde el final de la cuarta semana después de la infestación original, se comenzó a contar la emergencia de insectos cada segundo día durante tres semanas, y así se calculó el índice de Dobie. Una vez registrada la emergencia de los insectos, las muestras se pesaron para determinar la cantidad de material que se perdió por la infestación. El índice de Dobie, la emergencia F_1 , la mediana del período de desarrollo de los huevos en la oviposición, y la pérdida de peso, se usaron como medidas de la susceptibilidad en todas las variedades de sorgo. Según estas mediciones, el grado de susceptibilidad de las variedades al gorgojo se correlaciona altamente con las categorías de susceptibilidad de las variedades establecidas por el agricultor.

Fuente: Teshome *et al.*, 1999

El contenido nutricional es otro criterio que, basándose en una característica potencialmente útil, sirve para hacer distinciones entre las variedades. Los análisis del contenido nutricional ó análisis bromatológicos estudian el contenido de macronutrientes (carbohidratos, proteínas y lípidos) o de micronutrientes (vitaminas y minerales) específicos de los alimentos. Estos análisis podrán ayudar a validar el conocimiento del agricultor sobre las propiedades y los beneficios nutricionales de determinadas variedades, y también para identificar otras propiedades desconocidas por él. La información obtenida se puede usar además, para implementar actividades de fitomejoramiento participativo y para agregar un valor cualitativo a alguna variedad, dependiendo de los intereses del agricultor.

Ejemplo: Análisis bromatológicos de algunas variedades de maíz

En México se hicieron algunos análisis bromatológicos para medir la diversidad de variedades locales de maíz en una comunidad de Yucatán. El Instituto Tecnológico de Mérida hizo el análisis nutricional de 13 muestras de maíz, en las que ya se habían realizado previamente otros dos análisis: el agromorfológico y el isoenzimático. Se examinaron las diferencias en contenido de humedad, de lípidos, de minerales y de proteínas entre las poblaciones analizadas. Según los resultados obtenidos, el contenido de nutrientes no corresponde claramente al tipo racial en estas poblaciones. Más aún, las diferencias en el contenido de nutrientes entre una población y otra no son significativas para ajustarse a los requerimientos nutricionales humanos. En un futuro cercano, se harán análisis más detallados sobre aminoácidos, que podrían mostrar una variación notable. Los promedios de la composición nutricional de las 13 variedades de maíz analizadas se presentan en la siguiente tabla:

Población analizada	Humedad (%)	Minerales (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)
Xhe ub	11.00	0.993	4.485	9.98
Tsiit bacal (amarillo)	10.06	1.092	4.755	9.06
Xnux nal, chac chob (morado-amarillo)	12.05	1.068	4.640	9.02
Chac Chob (rojo)	10.74	0.918	4.980	9.82
Xnuc nal (amarillo)	9.28	0.979	4.950	10.56
Nal tel (blanco)	10.70	1.279	4.840	11.55
Pix cristo (amarillo)	11.22	1.053	5.080	10.82
Xmejen nal (blanco)	11.35	1.278	4.745	12.08
Xmejen nal (amarillo-rojo)	10.37	1.285	4.980	13.11
Nal tel (amarillo)	10.22	1.411	4.985	10.89
Xtup nal (amarillo)	11.46	1.409	3.529	11.31
Tsiit bacal (blanco)	11.27	1.173	4.506	11.13
Xnuc nal (blanco)	11.34	1.310	4.874	10.17

Fuente : E. Sauri-Duch

4.9 Medición de la diversidad mediante datos agromorfológicos

El primer paso para analizar datos agromorfológicos es llenar una matriz con ellos. Esta consiste básicamente en una tabla en la que los datos sobre un individuo, una variedad o una población se introducen en las hileras, mientras que las diferentes categorías de observación (por ejemplo, caracteres agromorfológicos) se colocan en las columnas:

	Caracteres			
Muestras				

Una vez colocados los datos, se pueden hacer análisis univariados para describir las diferentes variables. Más aún, se pueden hacer análisis bivariados y multivariados para identificar los patrones y las asociaciones que hay en las variables, dentro de los datos tomados en conjunto. Nos interesan especialmente los siguientes:

- Análisis de variación en cada carácter
- Análisis de la relación entre caracteres
- Partición de la variación dentro de las poblaciones, sitios y fechas de muestreo y entre ellos
- Análisis de la relación entre resultados provenientes de diferentes conjuntos de caracteres
- Análisis de la relación entre individuos, poblaciones, sitios y fechas de muestreo.

4.9.1 Análisis univariados

Los análisis univariados se usan para describir el rango total de variación de un carácter agromorfológico específico; es una etapa **exploratoria** del análisis. Los caracteres pueden ser continuos (o sea, caracteres cuantitativos como la altura de la planta) o discontinuos (o sea, caracteres cualitativos como el color de las flores, la presencia o ausencia de resistencia a enfermedades). La mayoría de los caracteres cualitativos son variables discretas.

Los cálculos más comunes son los siguientes:

- **distribución de frecuencias**, es decir, ordenamiento de valores según el número de observaciones;
- **moda**, o sea, el valor más repetido;
- **media aritmética**, es el promedio de todos los valores de la variable **a**;
- **mediana**, es la observación ubicada en la mitad, entre el valor más bajo y el más alto;
- **rango**, o sea, la diferencia entre el valor más alto y el más bajo en un conjunto de datos;
- **desviación estándar**, es decir, el promedio de la diferencia entre la media aritmética y el valor de cada observación en un conjunto de datos.

Cuando los datos univariados provienen de un conjunto de variedades locales analizadas con el mismo diseño experimental (ver 4.8.2), se usa el **análisis de varianza** para calcular la diversidad genética entre las entidades (variedades, poblaciones, regiones, sitios, etc.).

Los **índices de diversidad** son medidas de la diversidad, que son, entre otras, la **riqueza** –o sea, el número de variables o caracteres de una determinada variedad– y la **equidad** –es decir, la frecuencia con que ocurren; por ejemplo, las observaciones que se distribuyen normalmente entre las categorías conducen a una alta diversidad. Los índices de diversidad permiten hacer comparaciones dentro de las diferentes poblaciones que pueden correlacionarse con otros factores y entre ellas. Existe un gran número de índices de diversidad. Para los datos agromorfológicos cuantitativos el más común es el **coeficiente de variación** (CV). Para datos cualitativos o en una escala nominal el **índice de Shannon Weaver** es el más común.

Ejemplo del análisis univariados

La variación en la altura de las plantas de una variedad de trigo duro se puede describir, en relación con un ambiente determinado, empleando la media, la mediana, la moda, el rango y la desviación estándar de los datos. La resistencia al patógeno que causa la mancha chocolate en las habas se puede describir empleando la frecuencia relativa de la clase de reacción a la enfermedad, definida ésta por una calificación visual en una escala de 0 a 5, donde

0= muy resistente,

1= resistente,

2= moderadamente resistente,

3= moderadamente susceptible,

4= susceptible,

5= muy susceptible.

Descriptorios cualitativos y cuantitativos

Descriptorios cualitativos

Los descriptorios cualitativos se miden con escalas nominales. Esto significa que cada descriptor representa una clase, por lo cual no puede ser ponderado (por ejemplo: ponderar blanco < rojo < verde no significa nada).

Ejemplo: Escalas de descriptorios cualitativos

Color del cotiledón:

- 1 Marfil (grupo blanco 155A)
- 2 Crema (grupo amarillo-blanco 158B)
- 3 Amarillo (grupo amarillo-naranja 20B)
- 4 Rosa (grupo rojo 38B)
- 99 Otro (s)

Descriptorios cuantitativos

Los descriptorios cuantitativos no se miden con escalas nominales; esto significa que sus valores pueden compararse entre sí y ser ponderados de manera significativa. La escala puede ser continua ó discontinua.

Descriptorios cuantitativos de escala continua

Son los que registran las cantidades en unidades exactas como las establecidas en el sistema internacional de medidas.

Descriptorios cuantitativos de escala discontinua

En éstos se aplica cierto rango de valores (que son continuos) agrupados en clases conforme a valores discretos. Estos descriptorios proporcionarían una medida para describir la diversidad de un cultivo o de una base genética.

Para algunos de estos descriptorios es suficiente que los valores se codifiquen, por ejemplo, como "muy bajo", "intermedio" y "muy alto", sin que sea necesario definir las distancias exactas entre las clases. Una forma común de codificación es aquélla en que el valor 1 representa la expresión más débil y el valor 9 la más fuerte, como se indica a continuación:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 = Muy bajo | 6 = Intermedio a alto |
| 2 = Muy bajo a bajo | 7 = Alto |
| 3 = Bajo | 8 = Alto a muy alto |
| 4 = Bajo a intermedio | 9 = Muy alto |
| 5 = Intermedio | |

Ejemplo: Descriptorios cuantitativos en los que se emplean escalas discretas:

Floración femenina (porcentaje de fertilidad):

- Bajo [= ó < 40%]
- Intermedio [> 40% y < 80%]
- Alto [> ó = 80%]

Descriptorios que emplean una escala binaria

Tanto los descriptorios cualitativos como los cuantitativos pueden medirse en una escala binaria (si/no, ausente/presente). La siguiente codificación estándar se usa con frecuencia:

Ejemplo: carácter cualitativo, escala binaria: **Ejemplo:** Carácter cuantitativo, escala binaria:

Apéndice en la lámina de la hoja:

- 0 = Ausente
- 1 = Presente

Presencia de plantas cortas (< 25 cm)

- 0 = Ausente
- 1 = Presente

4.9.2 *Análisis bivariado*

El análisis bivariado se vale de pruebas en que se comparan dos conjuntos de datos, como dos variedades o dos poblaciones, según la clase de resistencia a una enfermedad, o las clases fenotípicas de una población según las series esperadas. La técnica que más se emplea es la prueba de **Ji-cuadrada**, que es muy útil para hacer ajustes de bondad entre frecuencias observadas y frecuencias esperadas.

Ejemplo de análisis bivariado:

Comparación entre una población local y una variedad bien establecida (un testigo), respecto a caracteres cualitativos distribuidos en clases, como el color de la flor.

4.9.3 *Análisis multivariado: distinción genética y nomenclatura dada por el agricultor*

Los análisis multivariados permiten usar simultáneamente toda la información disponible (análisis de múltiples caracteres). Las técnicas del análisis multivariado se encuentran en el Capítulo 3. Estas técnicas permiten obtener **índices de similitud**, que miden el grado en que difieren las muestras tomadas de las poblaciones, o coeficientes de disimilitud que miden el grado en que dos poblaciones o dos individuos difieren en su composición. Tratándose de caracteres agromorfológicos, estas técnicas se emplean para lo siguiente:

- Caracterizar la variación entre las variedades de la especie cultivada y dentro de ellas
- Comparar la variación genética con la nomenclatura dada por el agricultor
- Comparar la variación entre sitios.

El primer paso en un análisis multivariado consiste en derivar de la matriz de datos ya sea una matriz de correlación entre variables (por ejemplo ACP), o una matriz de similitudes o de distancias entre las muestras (p.e., ACoP). Hay varias formas de calcular las similitudes y las distancias, algunas de las cuales se mencionan en los siguientes apartados:

Ejemplo: Caracterización de la diversidad de arroz en India empleando caracteres agromorfológicos

En comunidades seleccionadas de Madhya Pradesh, en India. Se empleó el análisis multivariado para caracterizar la diversidad en arroz mediante caracteres agromorfológicos y se encontró que los nombres dados por el agricultor a las variedades reflejaban el patrón general de variación. Este patrón y las diferencias entre las variedades modernas y las tradicionales se examinaron mediante el ACP. Este análisis reveló que tres caracteres (días al 50% de la floración, altura de la planta y número de granos por panícula) contenían el 35.7% de la variación. La anchura y la forma del grano reflejaban el 17.2% de la variación, mientras que el peso del grano y el rendimiento por planta aportaban el restante 13.1%. El ACP también reveló la presencia de un continuo de diversidad más que grupos bien definidos.

Fuente: Motiramani *et al.*, 2000

Ejemplo: Análisis de la consistencia de identidad y la distinción entre las variedades de sorgo nombradas por el agricultor en Etiopía

En Shewa del Norte y en Welo del Sur, en Etiopía, se analizaron algunas variedades de sorgo respecto a su variación en ciertas características morfológicas, mediante el análisis de conglomerados y el análisis multivariado. El análisis discriminante canónico (ADC) y un método de conglomerados determinaron que las muestras podían agruparse según las características agromorfológicas consideradas. El ADC se empleó también para evaluar la coherencia de la nomenclatura dada por el agricultor. Estos análisis confirmaron que las variedades de sorgo son poblaciones variables que pueden agruparse en tres categorías, y que los nombres dados por los agricultores en las áreas de estudio son congruentes y definen fenotípicamente las distintas unidades.

Fuente: Teshome *et al.*, 1997

Similitud, disimilitud y otras medidas

Medidas de similitud para caracteres binarios

Coeficiente simple de apareamiento

Coeficiente de Jaccard

Otras medidas de similitud, disimilitud y distancia

Distancias euclidianas

Distancia generalizada de Mahalanobis

Coeficiente de similitud de Gower (medida útil cuando se describe una mezcla de caracteres cualitativos con más de dos estados y de caracteres cuantitativos)

Cuantificación de la diversidad con datos cuantitativos

Coeficiente de variación (CV)

Análisis de varianza

(1) CV para una sola categoría

El coeficiente de variación (CV o V) expresa la variabilidad relativa simple de la media de la muestra; se denomina por ello la medida de la variación relativa o de la dispersión relativa.

$$V = s / X, \quad \text{o:} \quad V (\%) = (s / X) 100$$

donde s = desviación estándar, X = media; como s/X es generalmente un valor pequeño, se multiplica por 100 (%) para expresar el valor de V en porcentaje.

Dado que s y X se expresan en unidades idénticas, V no tiene unidad alguna, lo que destaca el hecho de que es una medida relativa, apartada de la magnitud real o de las unidades de medida de los datos.

(2) Índice de Shannon Weaver para más de una categoría

Si un conjunto de datos constituidos en escala nominal se considera una muestra aleatoria, el valor de Shannon (1948) se considera una expresión cuantitativa apropiada de la medida de su diversidad:

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

donde k es el número de categorías y p_i es la proporción de observaciones realizadas en la categoría i .

Dado que el valor n representa el tamaño de la muestra y f_i es el número de observaciones en la categoría i , se obtiene $p_i = f_i / n$, relación que elimina la necesidad de calcular relaciones proporcionales.

Desafortunadamente, se ha sabido que H' es un valor que subestima la diversidad en la muestra de población (Bowman *et al.* 1971), aunque este error disminuye cuando aumenta el tamaño de la muestra.

Cuantificación de la diversidad con datos cualitativos

Índice de Simpson

Índice de diversidad de Shannon-Weaver

4.10 Referencias

- Arias, L., J. Chávez, V. Cob, L. Burgos y J. Canul. 2000. Agromorphological characters and farmer perceptions: data collection and analysis. Mexico. Pp. 95-100 *in* Conserving Agricultural Biodiversity *In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Bellon, M.R. y S.B. Brush. 1994. Keepers of the maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48:196-209.
- Bowman, K.O., K. Hutcheson, E.P. Odum y L.R. Shenton. 1971. Comments on the distribution of indices of diversity. Pp. 315-366 *in* *Statistical Ecology, Vol. 3. Many Species Population, Ecosystems, and Systems Analysis* (G.P. Patil, E.C. Pielou y W.E. Waters, eds.). Pennsylvania State University Press, University Park.
- Brown, A.H.D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them *in situ* on farms. Pp. 29-48 *in* *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Ellis, E.C. y S. M. Wang. 1997. Sustainable traditional agriculture in the Tai Lake Region of China. *Agriculture Ecosystems & Environment* 61:177-193.
- Ellis, E.C., R.G. Li, L.Z. Yang y X. Cheng. 2000. Long-term change in village-scale ecosystems in China using landscape and statistical methods. *Ecological Applications* 10(4):1057-1073.
- Friis-Hansen, E. 2000. Participatory approaches to a study of plant genetic resources management in Tanzania. Pp.127-130 *in* *Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources* (E. Friis-Hansen y B. Sthapit, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Louette, D. y M. Smale. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113(1):25-41.
- Motirimani, N.K., J.L. Pham y N. Dixit. 2000. Agromorphological characteristics. India. Pp. 92-94 *in* *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Mutsaers, H.J.W., G.K. Weber, P. Walker y N.M. Fisher. 1997. A field guide for on-farm experimentation. IITA/CTA/ISNAR, Ibadan, Nigeria.
- Newbury, H.J. y B.V. Ford-Lloyd. 1997. Estimation of Genetic Diversity. Pp. 192-206 *in* *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, London.
- Sadiki, M., A. Birouk, A. Bouzzigaren, M. Taghouti y K. R'hrib. 2000. Agromorphological characteristics. Morocco. Pp. 101-107 *in* *Conserving Agricultural Biodiversity In Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Sanchez, G.J.J., M.M. Goodman y J.O. Rawlings. 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany* 47(1):44-59.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technology Journal* 27:379-423, 623-656.
- Teshome, A., B.R. Baum, L. Fahrig, J.K. Torrance, T.J. Arnason y J.D. Lambert. 1997. Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica* 97: 255-263.
- Teshome, A., J.K. Torrance, B. Baum, L. Fahrig, J.D. Lambert y J.T. Arnason. 1999. Traditional farmers' knowledge of sorghum (*Sorghum bicolor* [Poaceae]) landrace storability in Ethiopia. *Economic Botany* 53 (1):69-78.

4.11 Lectura recomendada

- Boster, J.S. 1985. Selection for perceptual distinctiveness: evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. *Economic Botany* 39:310-325.
- Casas, A. y J. Caballero. 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec Region of Guerrero, Mexico. *Economic Botany* 50(2):167-181.
- Hancock, J.F. 1992. *Plant Evolution and the Origin of Crop Species*. Prentice Hall, New Jersey.
- Johns, T. y S.L. Keen. 1986. Ongoing evolution of the potato on the altiplano of Western Bolivia. *Economic Botany* 40 (4):402-425.
- Longley, C. y P. Richards. 1993. Selection strategies of rice farmers in Sierra Leone. Pp. 51-57 in *Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research* (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Louette, D. 2000. Traditional management of seed and genetic diversity: what is a landrace? Pp. 109-142 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Mutsaers, H.J.W., G.K. Weber, P. Walker y N.M. Fisher. 1997. *A field guide for on-farm experimentation*. IITA/CTA/ISNAR, Ibadan, Nigeria.
- Statistical Services Centre. *The design and analysis of evaluation trials. A guide for genebank managers*. Statistical Services Centre, The University of Reading, Reading, UK. [Email: statistics-courses@reading.ac.uk]
- Teshome, A., J.K. Torrance, B. Baum, L. Fahrig, J.D. Lambert y J.T. Arnason. 1999. Traditional farmers' knowledge of sorghum (*Sorghum bicolor* [Poaceae]) landrace storability in Ethiopia. *Economic Botany* 53 (1):69-78.
- Zencirici, N. y E. Kun. 1996. Variation in landraces of durum wheat (*T. turgidum* L. conv. *durum* (Desf.)). *Euphytica* 92:333-339.
- Zimmerer, K.S. y D.S. Douches. 1991. Geographical approaches to native crop research and conservation: the partitioning of allelic diversity in Andean potatoes. *Economic Botany* 45:176-189.

Capítulo 5 Genética de las poblaciones cultivadas y sistemas de reproducción (o apareamiento)

Con la colaboración de:

A. Amri, J. Bajracharya, B.K. Baniya, A. Birouk, F. Castillo-González, J.L. Chávez-Servia, N. Dudnik, N.N. Hue, S.P. Khatiwada, D. Louette, J.L. Pham, V. Ramanatha Rao, D.K. Rijal, A. Tan y J.-D. Zongo)¹

5.0	Objetivos del capítulo	84
5.1	¿Qué es la genética de poblaciones vegetales?	84
5.2	Estructura de una población	85
5.2.1	Tamaño	85
5.2.2	Tamaño mínimo viable de una población	86
5.2.3	Madurez	86
5.2.4	Relaciones entre poblaciones: fragmentación y metapoblación	86
5.3	Estructura genética de la población	87
5.4	Factores clave que influyen en la diversidad	87
5.5	Biología reproductiva	89
5.5.1	Sistemas de reproducción (o apareamiento)	89
5.5.2	Polinización	89
5.5.3	Dispersión de las semillas	92
5.6	Flujo genético de parientes silvestres o de malezas y otras variedades	92
5.7	Manejo que da el agricultor a la estructura de la población	94
5.7.1	Tamaño y distribución de las parcelas o campos de los agricultores	94
5.7.2	Dispersión común, rara o escasa, amplia y local de las variedades	95
5.7.3	Manejo del flujo genético por los agricultores	95
5.8	Medición de la estructura genética de una población	96
5.8.1	Estimadores de la presencia de variedades criollas	96
5.8.2	Estructura genética de las poblaciones	99
5.8.3	Marcadores bioquímicos y moleculares	103
5.9	La dimensión tiempo	107
5.10	Mantener poblaciones suficientemente grandes para la conservación efectiva de las variedades	107
5.11	Referencias	108
5.12	Lecturas recomendadas	109

¹Créditos para las fotografías: Pp. 85, 96: D. Jarvis; p. 93: A. Tan.

5.0 Objetivos del capítulo

Al final del capítulo, el lector tendrá un conocimiento más amplio de:

- Los principios básicos de la genética de poblaciones que se emplean para describir la diversidad genética vegetal y su conservación
- Los elementos básicos de la biología reproductiva y su relevancia para la conservación en fincas
- Cómo el manejo del agricultor afecta la estructura de una población cultivada

5.1 ¿Qué es la genética de poblaciones vegetales?

La genética de poblaciones vegetales es una rama de la biología y tiene tres objetivos:

- Describir la diversidad genética existente entre y dentro de las poblaciones de una especie vegetal;
- Calcular la intensidad de las fuerzas evolutivas que determinan esos patrones de diversidad; y
- Desarrollar un modelo teórico que permita predecir la estabilidad de dichos patrones y los cambios que experimentan.

La genética de poblaciones es, por esto, una de las disciplinas básicas que apoyan los fundamentos científicos de la conservación en fincas, porque aporta el marco de trabajo y los procedimientos para hacerle seguimiento a la diversidad.

Una población se define como un grupo de plantas cultivadas de la misma especie, que crecen juntas en una localidad particular y comparten una base genética común. Cuando se hace referencia a una **población** en términos genéticos, puede tomarse como una variedad local particular o como un grupo de variedades criollas comprendidas dentro de una especie. Además, una población es la unidad de manejo establecida por el agricultor. Los procedimientos que emplean los agricultores para sembrar un campo, cosechar el producto agrícola, y adquirir o almacenar los propágulos para el siguiente ciclo de siembra definirán la base genética efectiva que se comparte. Por tanto, la definición que emplearemos, en este trabajo sobre conservación en fincas, para una población de plantas es la siguiente: unidad de manejo de un agricultor en que, normalmente, una sola variedad criolla crece en un solo campo de cultivo (Jarvis y Hodgkin, 2000).

La diversidad genética de las especies cultivadas en las fincas se presenta en dos niveles básicos: **dentro** de cada población o parcela y **entre** las diferentes poblaciones de la especie. Este capítulo trata del número de parámetros o características clave de las poblaciones vegetales, de los procesos que alteran la diversidad genética de la población, y de la manera en que ésta apoya la diversidad dentro de las poblaciones; en otras palabras, se enfoca en las siguientes áreas:

- Estructura de la población (tamaño, madurez y relaciones)
- Biología reproductiva y patrones de dispersión (apareamiento, polinización, dispersión de semilla)
- Selección, mutación, recombinación y deriva genética.

Todo esto se discute a lo largo de este capítulo, señalando la importancia que tiene en la conservación en fincas y el concepto de tamaño mínimo viable de una población. Diversos ejemplos de proyectos de conservación en fincas ayudarán a mostrar la forma en que estos principios operan en la práctica.

5.2 Estructura de una población

La estructura de una población se refiere a su variación en tamaño, en madurez y en la relación que tienen con varias poblaciones de la especie en una región. La estructura de una población tiene en cuenta el número de individuos, su rango de edad, y su presencia en las diferentes poblaciones a través del tiempo y del espacio.

5.2.1 Tamaño

El tamaño de una población es el número de individuos de una especie o variedad presentes en un área determinada. El tamaño de población de una variedad criolla puede medirse dentro de un campo o dentro de una comunidad o en unidades más grandes si es posible reunir el material genético en cada generación. Por ejemplo, si el campo de un agricultor proporciona toda la semilla o los tubérculos para la siembra de la siguiente generación de un cultivo en toda la comunidad, entonces todos los campos sembrados derivan de una sola población. No todos los integrantes de una población pueden intercambiar material genético. La autofecundación puede impedir el entrecruzamiento, algunos individuos pueden ser estériles, o los sistemas de dispersión del polen pueden limitar el número o el rango de los individuos que se produzcan. En especies en que predomina la autopolinización, como en la cebada, el acervo de genes de la población se fragmenta en líneas o familias separadas que estarían totalmente aisladas, a no ser por los cruzamientos raros que ocurran. El tamaño de una población podrá ser genéticamente grande si la semilla para la siembra de la siguiente generación proviene de todas las plantas adultas.



El tamaño y la fragmentación de los campos de los agricultores, como ocurre en parcelas de arroz de Nepal, pueden afectar la estructura genética del cultivo.

El tamaño de una población tiene implicaciones particulares para su composición genética. Las poblaciones se pueden reducir rápidamente por eventos estocásticos o catástrofes, un fenómeno conocido como cuellos de botella. Las poblaciones silvestres tienden a sufrir particularmente deriva genética y depresión endogámica. Las preguntas clave son: ¿Cuál es el tamaño del campo de cultivo? y ¿Cuál es el número de individuos de las diferentes poblaciones?. La etapa clave es la cosecha y la selección de semilla para la siguiente generación. En los cultivos de alfalfa, en Marruecos, una pequeña porción del campo de cultivo se deja sin cosechar forraje y entonces se extraen las plantas para obtener semilla. En este ejemplo, las muestras de semilla definen el tamaño genéticamente efectivo de una población, el cual puede ser muy pequeño en relación al número de plantas de una variedad que se siembran en la localidad.

Los genetistas de poblaciones vegetales tienen diferentes formas de calcular la abundancia de especies o variedades. La **frecuencia** se refiere a la relación proporcional de unidades espaciales de un área –por ejemplo, los campos de una comunidad– que contienen una variedad o una especie determinada. La **densidad** es el número de

individuos por unidad de área, tal como un campo de cultivo. Por ejemplo, si una variedad particular de árbol frutal se presenta una vez en cada una de las parcelas de los hogares de la comunidad, la densidad de la especie tiende a ser muy baja en tanto que su frecuencia es bastante alta.

El tamaño genéticamente efectivo de una población vegetal es, generalmente, más pequeño que su tamaño total, y depende de que tanto todos los individuos contribuyan a la progenie de la siguiente generación.

5.2.2 Tamaño mínimo viable de una población

El tamaño, la madurez, las relaciones y los sistemas de reproducción de una población crean el marco de referencia del concepto de **población mínima viable** (Frankel *et al.* 1995). La población mínima viable es el tamaño necesario para que la población tenga un nivel de diversidad que asegure su persistencia en un tiempo determinado (Frankel, 1974; Soulé, 1987; Nunney y Campell, 1993).

5.2.3 Madurez

¿Los individuos de un campo de cultivo difieren en madurez? El período de producción de polen de una población que se reproduce sexualmente tiene un gran impacto en la diseminación de la diversidad genética. Por ejemplo, dos variedades criollas de una especie que florecen en diferentes estaciones serán incapaces de cruzarse sin la asistencia del hombre, condición que favorece su aislamiento genético. Las diferencias en época de floración son un elemento importante del aislamiento de diferentes poblaciones de variedades criollas en especies cuya polinización es como la del maíz.

5.2.4 Relaciones entre poblaciones: fragmentación y metapoblación

Las relaciones inter-poblacionales o interconexiones se refieren a la distribución espacial dentro de las poblaciones vegetales y entre ellas. Esta idea incluye el concepto de **aislamiento** de las poblaciones y la **migración** de semilla o de polen entre y dentro de las poblaciones.

El término **metapoblación**, recientemente definido, describe la forma en que varias poblaciones pueden estar parcialmente aisladas una de otra, y la forma en que una de ellas puede extinguirse localmente y restituirse de nuevo como una colonia a partir de los individuos de las poblaciones vinculadas o cercanas. Brush ha señalado que este modelo puede aplicarse a poblaciones pequeñas de una variedad criolla reconocida dentro de un área extensa en donde se siembran variedades mejoradas o exóticas genéticamente uniformes. Los parámetros clave en la red que determinan generalmente el tamaño efectivo de una población son el tamaño de los parches, la frecuencia de **extinción** local, y la dinámica de la **recolonización**.

Un aspecto de la distribución espacial, a través del cual se afecta la diversidad de las variedades criollas, es el **aislamiento de las poblaciones cultivadas**. ¿El cultivo está realmente compuesto de poblaciones distintas que tienen un número limitado de pequeñas parcelas aisladas? En varias partes del mundo, los cambios en el patrón de tenencia de la tierra han conducido a la división de grandes espacios agrícolas en pequeñas y múltiples unidades de producción destinadas a pequeños agricultores. Entre tanto, la expansión del monocultivo de las variedades de alto rendimiento ha reducido el área cubierta por las variedades tradicionales a pequeñas y dispersas “porciones” de terreno. El efecto de ambos procesos es la restricción en tamaño de las poblaciones de las variedades criollas, lo que induce cada vez más a que se aislen unas de otras. Aunque este proceso de **fragmentación** es ampliamente reconocido, los científicos de la conservación debaten su posible impacto en la diversidad genética cultivada.

A diferencia del aislamiento que establece barreras entre las poblaciones, la migración mediante el polen o por el movimiento de las semillas (ver antes) facilita el flujo genético entre las poblaciones. La magnitud y la frecuencia de la migración están relacionadas con la biología reproductiva de la población, incluyendo aquí el tipo de apareamiento, la polinización y los sistemas de dispersión de la semilla.

5.3 Estructura genética de la población

Hasta ahora hemos discutido conceptos de la población refiriéndonos al número de individuos y dejando de lado su constitución genética. La estructura genética es el concepto paralelo al de estructura de la población, en el que nos referimos a los **genes** y a los **alelos** de estas poblaciones y a su variación. Los **genes** son secuencias de ADN que controlan una característica hereditaria particular, la cual corresponde generalmente a una sola proteína o a una unidad de ARN. Los alelos son las formas alternativas de un locus genético. Un **locus** es, esencialmente, el lugar de un cromosoma donde reside un alelo. En un organismo diploide, como la cebada, cada cromosoma llevará un alelo de un determinado gene, alelo que ocupará la misma posición (o locus) en dichos cromosomas. Si los dos alelos de un locus son iguales, entonces el individuo diploide es **homocigótico**. Si los dos alelos del mismo locus son diferentes, entonces el individuo es **heterocigótico**. En una población de plantas puede haber varios alelos diferentes, o sea, versiones del mismo gene. Un genotipo es la constitución genética total de un individuo, ya sea en el conjunto de alelos de un limitado número de loci o bien en todos los loci del genoma.

En las poblaciones o en las especies, cualquier alelo particular en un locus se presenta con cierta frecuencia. En los organismos de polinización cruzada, los genotipos de múltiples loci (multilocus) se consideran muy especiales; sin embargo, en especies de autofertilización o de reproducción asexual, los genotipos tendrían cualquier frecuencia. Las dos ideas clave de la diversidad son la **riqueza**, es decir, el número total de alelos diferentes o de genotipos presentes, y la **equidad** o **estabilidad** en la frecuencia de los alelos (Frankel *et al.* 1995).

Los alelos pueden dispersarse ampliamente (lo que ocurre en muchas poblaciones) o distribuirse a nivel local (y esto ocurre en una o dos poblaciones). La frecuencia de un alelo determinado es la proporción de todas las copias de los individuos de un locus genético que sean del mismo tipo alélico. Los alelos pueden ser comunes y presentarse con una frecuencia razonable, en una población o en una especie, de más de 0.1, o pueden ser raros y presentarse con frecuencias menores que 0.05. Un gen **polimórfico** ocurre cuando la mayoría de los alelos más comunes tienen una frecuencia menor que 0.95. La cantidad de polimorfismo dentro de las poblaciones, la **riqueza alélica** (o sea, el número total de alelos en una población), la **diversidad genética**, es decir, la probabilidad de que dos copias aleatorias de un gene tengan alelos similares, y la **heterocigosidad**, o sea, el porcentaje de genotipos heterocigóticos de una población son las medidas de la diversidad genética dentro de una población.

5.4 Factores clave que influyen en la diversidad

La diversidad se expresa como la diferencia genética en especies, subespecies, variedades, poblaciones o individuos. Como se discutió en el Capítulo 3, la diversidad se cuantifica en el plano morfológico (flores verdes vs. flores blancas) y en el fisiológico (tiempo a la floración, corto vs. largo; diversidad en la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades o en su grado de tolerancia de la sequía). La diversidad puede medirse también por las diferencias en las propiedades bioquímicas, proteicas y moleculares (ADN), dentro y entre las poblaciones de plantas. La diversidad genética está distribuida en el espacio y en el tiempo o de modo aleatorio o de modo uniforme. La cantidad de diversidad genética difiere entre las

especies y las poblaciones, o entre las regiones y las localidades, y varios factores clave determinan su distribución.

La **selección** es la primera fuerza que establece los niveles y patrones de diversidad genética dentro de las poblaciones de la finca y ente ellas. La selección actúa cuando algunos individuos de la población son capaces de superar la madurez y producir más progenie que otros. La selección regularmente cambia la frecuencia de los genotipos o alelos durante el curso de una generación (p.e., en las semillas, si las comparamos con los adultos), aunque no necesariamente. Es notorio también que la selección intensa actúa, a veces pero no necesariamente, cuando ocurre algún cambio generacional en esas frecuencias. La selección ocurre ya sea en forma deliberada, es decir, por los agricultores (Capítulo 3) o por las presiones debidas al ambiente agrícola, el ambiente biótico y el abiótico (Capítulo 4).

Además de la selección, hay otros factores que afectan la diversidad, como la **mutación**, la **recombinación**, la **migración** y la **deriva genética**.

La **mutación** es un cambio heredable en la secuencia de los nucleótidos de un cromosoma. La mutación es una fuente de nueva diversidad genética. Las tasas naturales de mutación son muy bajas (cerca de 10^{-5} por gene o de 10^{-9} por nucleótido) y son generalmente de menor nivel aunque de efecto deletéreo. Por efecto acumulativo puede tardar generaciones en desarrollarse como carácter significativo en términos agromorfológicos. Sin embargo, la acción humana ha desempeñado una función importante en la selección de mutaciones específicas que promueven la domesticación de los cultivos; esas mutaciones se vuelven dependientes de los humanos para sobrevivir (p.e., en muchos cereales, los complejos de genes que impiden el desprendimiento). En algunos casos, como en los sistemas de coloración del grano de maíz, el hombre pudo seleccionar (posiblemente para apoyar la identificación de las variedades locales) los sistemas más mutables, lo que trae implicaciones para la tasa de incremento de la evolución del genoma.

La **recombinación** es el proceso mediante el cual la meiosis genera combinaciones de alelos de diferente loci que difieren de las combinaciones encontradas en los padres. Los loci situados en diferentes cromosomas son recombinados libremente, mientras que aquellos que se encuentra en un mismo cromosoma recombinan mediante el entrecruzamiento de cromosomas homólogos. La polinización cruzada promueve la heterocigosidad y da una oportunidad a la recombinación, en tanto la autofecundación hace que disminuya la heterocigosidad y actúa para restringir la recombinación.

La **migración** es el movimiento de un organismo o grupo de organismos de una localidad a otra. En genética de poblaciones, el proceso de migración se refiere, generalmente, al movimiento de una población y a la asimilación de ésta, mediante la reproducción sexual, en otra población diferente.

La **deriva genética** es “la fluctuación aleatoria de frecuencias génicas en una población” (King y Stansfield, 1997). Aunque ocurre en todas las poblaciones, la deriva genética es más evidente en poblaciones vegetales pequeñas. Tal como lo hace la mutación, la deriva genética determina cambios pequeños que se acumulan a través del tiempo y tienden a incrementar la diferenciación genética (Barrett y Kohn, 1991).

La acción ejercida en las poblaciones de especies cultivadas por cada una de estas fuerzas depende de la forma en que el agricultor maneja la especie, de la **estructura de la población** que se describió en la sección anterior, y de la **biología reproductiva** de las especies o poblaciones, tema en el cual nos concentramos ahora.

5.5 Biología reproductiva

La biología reproductiva de una planta se refiere a los variados mecanismos que le permiten generar descendencia. Este tema es de importancia para la conservación en fincas porque influye en la forma en que la diversidad genética se divide y se distribuye entre las poblaciones y dentro de ellas.

5.5.1 Sistemas de reproducción (o apareamiento)

El sistema de apareamiento o de reproducción es el medio por el cual se generan nuevos individuos para constituir la siguiente generación. Incluye el tiempo requerido para llegar a la madurez, la diferenciación floral, la forma de polinizar, y el grado de la relación entre los progenitores; en otras palabras, comprende los niveles de **auto-fertilización**, de **auto-incompatibilidad**, y de **reproducción sexual** o **vegetativa**. Los sistemas de reproducción de las plantas cultivadas ayudan a determinar los patrones de diversidad genética entre sus poblaciones y dentro de ellas, así como el modo en que la nueva diversidad genética se incrementa en especies individuales.

Las plantas que presentan un alto grado de auto-fertilización por lo general se consideran plantas de **autofecundación** o **autógamas**. Entre las plantas auto-incompatibles predominan las de **polinización cruzada** o **alógamas**. Ahora bien, cuando se propagan asexualmente o en forma vegetativa, se consideran a veces como especies **clonales**. En realidad, las poblaciones vegetales despliegan un amplio rango de sistemas de reproducción. Estos sistemas son flexibles y varían de una población a otra y a través del tiempo.

Un ejemplo de estos sistemas se halla en el acervo génico del tomate (*Lycopersicon* spp.). El tomate cultivado (*L. esculentum*) y algunas especies son autógamas, mientras que otras son enteramente auto-incompatibles y, por tanto, alógamas (p.e., *L. chilense*). Sin embargo, para algunas especies esta situación es más dinámica. Así, *L. pinpinellifolium*, posiblemente un ancestro del tomate cultivado, es auto-incompatible, aunque presenta un 40 % de cruzamiento en el centro de su alargada distribución geográfica, en cuyos extremos decrece hasta 0%. En contraste, hay poblaciones marginales auto-compatibles y virtualmente monomórficas en sitios en que las especies, principalmente las auto-incompatibles (p.e., *L. hirsutum*), son auto-incompatibles y variables.

Puesto que la reproducción sexual implica el intercambio de material genético, el modo de reproducción de una especie es un factor importante en la comprensión del perfil de diversidad genética dentro de una población. Por ejemplo, una población en que predominan las plantas de polinización cruzada tiene, comúnmente, un alto grado de diversidad dentro de las poblaciones, en comparación con las plantas autógamas, cuyas diferencias son mayores entre las poblaciones que dentro de ellas. Hamrick y Godt (1997) resumen el efecto de los sistemas de reproducción como la variación entre las poblaciones cultivadas y dentro de ellas, basándose en los análisis isoenzimáticos; las plantas autógamas presentaron el doble de diferencia, entre poblaciones, que las alógamas.

5.5.2 Polinización

La polinización es la transferencia de los granos de polen de la antera al estilo. El polen acarreado por el viento viaja grandes distancias, pero el que depende solamente de la gravedad para su dispersión apenas viaja unos pocos metros (Hancock *et al.*, 1996). Se han reportado casos de polen transportado por el viento que viaja cientos de kilómetros (Ehrlich y Raven, 1969). Para algunas especies cultivadas, los insectos son un vector importante en la dispersión del polen y se ha reportado que pueden llevar polen viable hasta un kilómetro de su punto de origen (Devlin y Ellstrand, 1990).

Reproducción sexual vs. reproducción asexual

Una diferencia básica en la biología reproductiva de las plantas es la de tener reproducción sexual o asexual. Un alto número de plantas, en un estado de su ciclo de vida, pueden florecer y producir semillas. Sin embargo, muchas plantas también pueden reproducirse asexualmente. Este sistema se presenta, generalmente, en la reproducción vegetativa, en la que una o más plantas hijas son generadas por partes especializadas de una sola planta madre. Además, algunas plantas pueden reproducirse mediante semillas en casos en que no hubo ningún intercambio de material genético (agamospermia). Las plantas que son, esencialmente, de reproducción asexual tienen patrones de diversidad genética muy diferentes a los de las plantas reproducidas sexualmente, donde los progenitores y la progenie tienen un solo genotipo (aunque las mutaciones pueden dar lugar a nueva diversidad genética). Muchas veces, las plantas se reproducen sexualmente en un período y asexualmente en otro período diferente. En ciertas regiones de los Andes, los clones de papa y las semillas verdaderas de este cultivo son explotados por los agricultores y los mejoradores. En la palma datilera, la reproducción por hijuelos inhabilita a los agricultores para mantener los genotipos específicos que ellos desean, en tanto que la germinación espontánea de semillas desechadas proporciona una entrada constante de nuevos genotipos, a partir de los cuales el agricultor puede seleccionar cualquier fenotipo nuevo.

Propiedades genéticas y sistemas de reproducción

Hay varios elementos importantes en la descripción de la cantidad y distribución de la diversidad genética, que están relacionados con los sistemas reproductivos de las poblaciones; son los siguientes: La relación proporcional de polimorfismo dentro de las poblaciones, la riqueza alélica, la relación proporcional de heterocigosidad, el número de genotipos distintos, la cantidad de recombinación, las diferencias en polimorfismo y el índice de migración. El siguiente cuadro refleja los efectos generales de los diferentes sistemas de reproducción sobre algunos aspectos de la estructura genética.

Propiedad genética	En especies alógamas	En especies autógamas	En especies clonales
Polimorfismos dentro de las poblaciones	Alto	Bajo	Limitado
Riqueza alélica	Alta	Moderada	Limitada
Heterocigosidad	Alta	Baja	Alta
Genotipos distintos	Los individuos son genéticamente únicos	Número reducido de genotipos multilocus	Pocos o genotipos únicos
Recombinación	Alta	Limitada	Ninguna
Diferencias poblacionales en polimorfismo	Limitadas	Altas	De bajas a extremas
Divergencia poblacionales	Limitada	Notable	De baja a extrema
Respuesta a la selección materna	Conservadora, lenta	Purificadora, alta	Rígida, rápida o alta
Migración	Semilla y polen	Estructura multilocus	Estructura multilocus

Fuente: AH.D. Brown

El polen puede viajar grandes distancias en tanto que la fertilización ocurre localmente. La distancia de desplazamiento del polen dependerá, en parte, del sistema reproductivo del cultivo en cuestión. Las investigaciones sobre las distancias de aislamiento necesarias para

producir semillas de líneas puras ayudarían a establecer los límites espaciales de la polinización exitosa de los cultivos de diferentes sistemas de reproducción (Hancock *et al.*, 1996). El movimiento del polen de especies de polinización cruzada se traslada a mayor distancia que el de las especies de autofecundación. En cultivos de polinización cruzada, se acepta que 1000 m son una distancia segura de aislamiento (Ellstrand y Hoffman, 1990; George, 1985). En cambio, la distancia de aislamiento para las especies autógamias es, generalmente, de unos 200 m (Levlin y Kerster, 1974). En cereales, probablemente, una distancia de 20 m es suficiente.

Los mecanismos de dispersión del polen (gravedad, insectos, aves, viento) de que dispone una especie vegetal pueden haber tenido un importante impacto en la distribución potencial de la diversidad genética entre las poblaciones vegetales y dentro de ellas.

Ejemplo: Cálculo del porcentaje de cruzamientos en arroz, un cultivo de autopolinización

Este experimento fue diseñado para calcular la relación proporcional de cruzamiento en un cultivo de autopolinización, tomando como ejemplo el arroz (*Oryza sativa*). En los campos de los agricultores se sospechaba que había fecundación cruzada cuando diferentes variedades se sembraban una al lado de la otra, o la había cuando se sembraban mezclas varietales. Se evaluaron cuatro diseños de siembra en un experimento controlado (Figura 1). Se utilizan cinco diferentes pares de variedades ("macho" = planta polinizadora, "hembra" = planta polinizada) y un marcador morfológico para detectar los cruzamientos (las semillas híbridas mostraban una pigmentación de color púrpura). En la Figura 2 se presentan los resultados. En el ningún caso los cruzamientos pasaron del 1%. Las tres variedades más predispuestas al cruzamiento fueron incluidas en el ensayo por tener el estigma más largo y extendido. La proporción de cruzamiento estuvo relacionada con la proximidad de los machos y hembras. Los índices de cruzamiento mas altos se observaron en el diseño T_0 donde las panículas se colocaron unidas. Todas las variedades hembra presentaron cruzamientos en este diseño. La segunda frecuencia más alta de semillas híbridas se observó en el diseño T_1 donde las plantas hembra alternaban con plantas macho. Muy pocas semillas híbridas se cosecharon en el T_2 (hileras alternas). Ningún híbrido se registró en el T_3 (parcelas vecinas una al lado de la otra). Este experimento no demuestra que la polinización cruzada ocurre entre parcelas adyacentes, pero sugiere que las mezclas de variedades o de genotipos dentro de una parcela son la principal razón de los cruzamientos que ocurren en arroz.

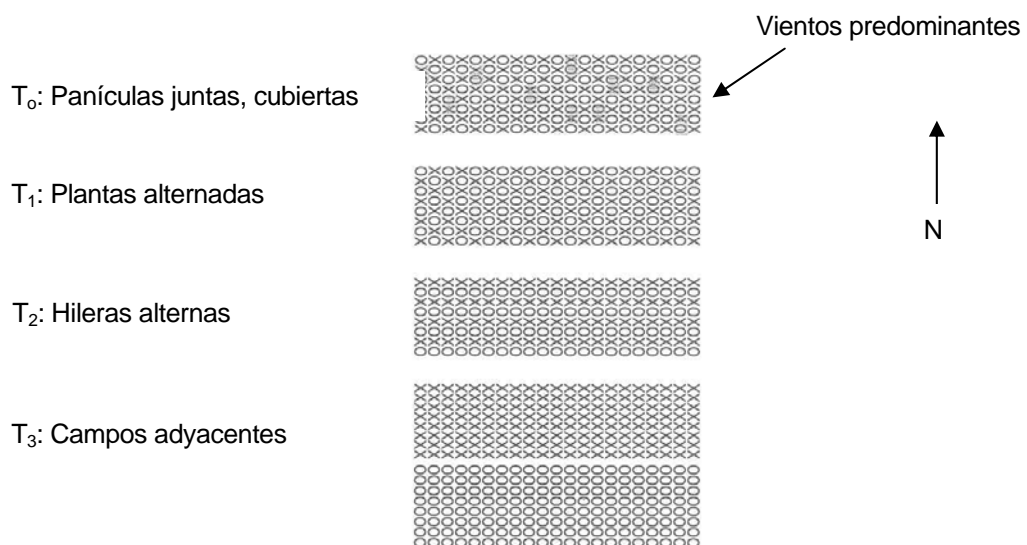


Figura 1. Diseños de siembra evaluados en el experimento (x: plantas macho, o: plantas hembra)

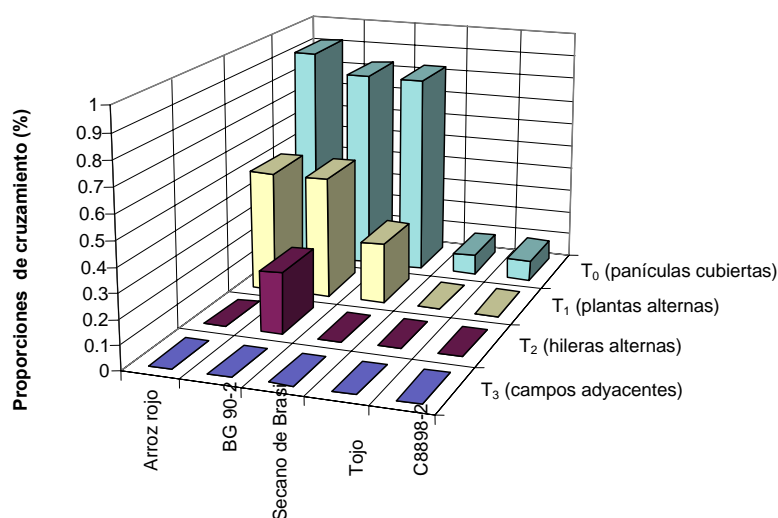


Figura 2. Proporciones de cruzamiento (%) observadas en las diferentes combinaciones de variedad x siembra.

5.5.3 Dispersión de las semillas

En las plantas que se reproducen sexualmente hay diversos mecanismos de dispersión de las semillas que ayudan a trasladarlas una vez que se han producido. Entre los posibles agentes de dispersión de las semillas están la gravedad, el viento, las corrientes de agua, varios animales, y los seres humanos. Algunos de estos agentes mueven las semillas a una distancia considerable desde su punto de origen, y son de particular importancia cuando se investiga el potencial de migración y el flujo genético entre las poblaciones.

En las especies silvestres, algunas de las cuales son parientes silvestres de las especies cultivadas, los mecanismos naturales de dispersión de las semillas tienen un gran impacto en la migración de los individuos y en la genética de poblaciones. En los sistemas de dispersión de semillas en que el polen depende solamente de su peso, las semillas se encuentran usualmente en el terreno que rodea a la planta madre y muy cerca de ella. Por su parte, las especies cuyo sistema de dispersión emplea mecanismos explosivos o plumosos, dependen con frecuencia del viento para incrementar su movilidad geográfica. Se obtiene la mayor movilidad de las semillas, en diferentes formas, mediante la dispersión por animales; la semilla que se adhiere a las aves o a los mamíferos, o es comida por ellos, viaja cientos de kilómetros antes de que se deposite de nuevo en el suelo.

En varias especies cultivadas, particularmente aquellas en que la semilla es la parte más útil de la planta, las formas naturales de dispersión de las semillas son menos importantes en comparación con las formas en que el hombre dispersa la semilla. En realidad, la capacidad de las semillas para desprenderse fácilmente de la mazorca o de la panícula, la cual se denomina dispersión, se ha perdido, en muchos casos, por la selección que hace el agricultor. Esto ocurre, en gran parte, porque los agricultores actúan como agentes de remoción de las semillas (durante la cosecha) y como dispersores (durante la siembra). El hombre es el agente de dispersión de la semilla para las especies cultivadas. Las diferentes formas de intercambio de semilla actúan, con frecuencia, como el mecanismo más importante de dispersión que permite a los individuos migrar del campo de un agricultor al de otro. En el Capítulo 6 se da información más específica sobre los sistemas de flujo de semillas.

5.6 Flujo genético de parientes silvestres o de malezas y otras variedades

Como indican los principios de la genética de poblaciones vegetales, los parientes silvestres de las especies cultivadas pueden ser una fuente importante de nueva diversidad para las variedades criollas. Este hecho es relevante en especial en los diversos centros de evolución de los cultivos, donde los cultivares domesticados se desarrollan muy próximos a sus parientes silvestres. Los cultivares pueden obtener material genético de sus parientes silvestres a través de los procesos de **hibridación** y de **introgresión**. La hibridación es la formación de una población a partir del cruzamiento de dos taxa distintos, como ocurre por ejemplo con la cebada y su progenitor silvestre *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*. La introgresión es el movimiento de genes de una especie a otra mediante repetidos retrocruzamientos de los híbridos hacia una de sus especies progenitoras (Anderson y Hubricht, 1938; Heiser, 1973).

La posibilidad de que la nueva diversidad se incremente por la introgresión es una parte esencial de la evolución que está en proceso en las plantas cultivadas, y un aspecto importante de un programa de conservación en fincas en ciertos sistemas. Un determinado número de casos de hibridación natural o de introgresión entre plantas cultivadas y sus parientes silvestres cercanos, se han documentado para sorgo, arroz, maíz, trigo, centeno, avena, cebada, mijo perla, mijo cola de zorra, *Chenopodium* spp., papa, frijol común, soya, cucurbitáceas, *Vigna* spp., zanahoria, tomate, rábano, lechuga, ají (chile), remolacha (betabel), coliflor, *Brassica* spp., pera, frambuesa y alfalfa.

Por otra parte, la domesticación es el proceso que genera las especies cultivadas y es el que permite al agricultor hacer la selección directa de los caracteres deseables, como la habilidad de que no se desprendan las semillas; este carácter no lo poseen los parientes silvestres no domesticados. Un flujo genético excesivo de parientes silvestres podría amenazar las ganancias obtenidas por los agricultores o, como en el caso del pasto Johnson, generar un problema de malezas.

Ejemplo: Flujo genético entre la remolacha (betabel) silvestre y la cultivada

En varias regiones de Turquía hay evidencias de la hibridación ocurrida entre variedades criollas del betabel cultivado y del silvestre marítimo. La evaluación de las colecciones de betabel en Turquía demostró que varios tipos cultivados y silvestres de esa especie formaban grupos distintos, aunque también se observaron tipos intermedios entre los grupos y dentro de ellos (Tan, 1992). Se observó, en particular, un alto porcentaje de tipos intermedios entre *Beta maritima* y el betabel de hoja. Ciertos caracteres raros son comunes tanto en lo tipos de betabel marítimo como en los cultivados, lo que indica una estrecha relación y similitud genética entre ambos.

Fuentes: Ford-Lloyd y Williams, 1975; Ford-Lloyd, 1986; Tan, 1992, 1993, 1994



5.7 Manejo que da el agricultor a la estructura de la población

Las decisiones de los agricultores relacionadas con el tamaño y la posición relativa de sus campos de cultivo tienen un impacto significativo en la diversidad local cultivada. Los campos pueden ser grandes o pequeños y estar juntos o muy separados. Según la biología reproductiva de los cultivos en cuestión, esta estructura puede tener diversos efectos en la diversidad genética de las especies cultivadas.

5.7.1 Tamaño y distribución de las parcelas o campos de los agricultores

La combinación del **tamaño** y la **distribución de las parcelas cultivadas** determina el tamaño de una población cultivada, así como su grado de aislamiento. Las poblaciones separadas estarán genéticamente más aisladas que las que están más cercanas. Es lógico pensar que los campos grandes contienen, probablemente, poblaciones más variadas; por tanto, la diversidad de las variedades de los agricultores está relacionada con el **tamaño de la población** y con las **condiciones heterogéneas** en el ambiente donde crecen. En un campo o parcela, la frecuencia y distribución de una población dependerá de los sistemas agrícolas empleados por los agricultores, así como de las especies en cuestión. Por ejemplo, los campos en donde crece un alto número de especies (como en los sistemas agroforestales), probablemente tienen poblaciones de especies de menor densidad que los monocultivos de cereales.

Habrán diferencias en la forma en que se **divide la diversidad**, lo que depende de las características biológicas del cultivo. Las diferencias entre variedades podrían ser menos evidentes en los cultivos de polinización cruzada que en los de plantas autóгамas. Por otro lado, las variedades nombradas por los agricultores pueden hallarse en una escala más pura u homocigótica para las autóгамas que para las alógamas. Para la alfalfa alógama, el nombre genérico de “variedad criolla” podría aplicarse a todo el material sembrado en el área de la comunidad o región, mientras que para el sorgo, varias variedades criollas pueden crecer en la misma parcela. Una vez que las variedades criollas de polinización cruzada, como el maíz, han sido nombradas y manejadas como unidades independientes, y están diferenciadas por caracteres morfológicos heredables, como el color de la semilla y la variación en la época de floración, pueden desarrollar evolutivamente una divergencia genética significativa entre ellas.

Los patrones aquí descritos coinciden ampliamente con los de Hamrick y Godt (1990) en su compendio de análisis isoenzimáticos. Vale la pena hacer algunas preguntas específicas a los productores sobre los diferentes tipos de manejo, con el fin de probar la importancia de los factores biológicos en el ámbito de la unidad de producción o de la comunidad o región. Una o dos variedades, o bien dos o tres muestras escogidas de los cultivos (auto-polinización, cruzamiento y clonación) en diferentes sitios pueden aportar suficiente información preliminar sobre este aspecto. Esta información ayudará a los investigadores a identificar la forma de maximizar la diversidad mantenida: con más variedades o con más sitios de la misma variedad.

Qualset *et al.* (1997) sugirieron que las pequeñas unidades de producción aíslan las poblaciones de las variedades criollas; es decir, reducen la generación de nuevo material genético por recombinación natural. De conformidad con la teoría de la biogeografía (MacArthur y Wilson, 1967), sin manejo del hombre la diversidad contenida en pequeños “parches” de cultivos sufriría deriva genética o depresión endodgámica. Todos ellos sugieren que el manejo del hombre puede equilibrar estos procesos, cuando las poblaciones aisladas dependen del intercambio de semilla y de la selección del agricultor para la introducción de nuevo material genético (ver Louette *et al.*, 1997). Sin embargo, si dos poblaciones están aisladas, entonces la diversidad genética se incrementará y, por lo tanto, también lo hará la diversidad inter-poblacional.

5.7.2 *Dispersión común, rara o escasa, amplia y local de las variedades*

Se sabe que las **variedades de uso común** en la comunidad o en la región tienden a ser más variables que las menos comunes. Podría decirse que las diferencias están muy relacionadas con las diferencias de caracteres –y posiblemente con la distribución de la diversidad– y que todas las variedades tienen aproximadamente la misma riqueza alélica. Tampoco se sabe si están positivamente correlacionados el incremento de la riqueza de variedades del agricultor o **número de variedades del agricultor** y el incremento de la diversidad genética (**riqueza alélica**). Otro aspecto es que la diversidad genética contenida o estimada en pocas variedades de ciertas comunidades es similar a la cantidad de diversidad genética presente en comunidades donde hay muchas variedades. Para realizar un plan racional de conservación, es importante comprobar si las comunidades o unidades administrativas locales que tienen unas cuantas variedades conservan tanta diversidad como aquellas en que hay muchas variedades.

Las **variedades comunes en la localidad** son las que, al parecer, se consideran particularmente importantes para los agricultores para ciertos objetivos. Podría esperarse que estas variedades tuvieran una alta proporción de **alelos comunes en la localidad** y de importancia adaptativa, y que sean, por tanto, muy importantes para la conservación e interesantes para los usuarios.

5.7.3 *Manejo del flujo genético por los agricultores*

Los agricultores reconocen que se puede introducir nueva diversidad de caracteres en sus variedades mediante los procesos de hibridación e introgresión, y que ellos pueden actuar como promotores o desaceleradores de estos procesos. La variedad criolla puede hibridarse con sus parientes silvestres, con otras variedades locales y con variedades modernas. Los agricultores separan sus campos en el espacio (aislamiento geográfico), lo que se discutió en la sección 5.7.1. El manejo que dan los agricultores a las poblaciones cultivadas respecto a sus fechas de floración es otra acción de gran importancia para el flujo genético entre variedades, aislamiento por fechas de siembra. Si hay suficiente diferencia entre las fechas de floración de las variedades situadas en parcelas adyacentes, se puede asegurar el aislamiento reproductivo. Los agricultores o las comunidades pueden tomar decisiones de manejo sobre las fechas en que se sembrarán determinadas variedades, para aislar así deliberadamente esas variedades (o para no hacerlo).

Cuando surgen nuevas combinaciones genéticas como efecto de la introgresión, los agricultores seleccionan y mantienen las nuevas variedades en una de tres instancias. Como se indicó en el Capítulo 3, los agricultores hacen experimentos deliberados con las nuevas variedades cultivadas en un intento por desarrollar cualidades específicas en sus variedades criollas, o bien los hacen de manera accidental. Los agricultores también adoptan nuevas variedades por necesidad en tiempos de guerra o de hambruna, cuando adquiere mayor valor la diversidad que normalmente se desecha (Jarvis y Hodgkin, 1999). Cuando las plantas cultivadas y sus parientes silvestres se combinan, los resultados de las nuevas combinaciones genéticas enfrentan las mismas fuerzas de selección natural que las otras variedades criollas. Para la conservación en fincas, la función exacta de la introgresión entre parientes silvestres o malezas y plantas cultivadas es aún desconocida. La pregunta gira en torno a la idea de que los agricultores introducen y mantienen nuevos caracteres en sus variedades.

Los agricultores pueden o no mantener sus variedades en forma separada de las variedades modernas. La introgresión de nuevos caracteres de las variedades modernas puede ser deseable desde el punto de vista agronómico, pero despierta preocupaciones en los conservacionistas.



Flujo genético de teosinte (un pariente silvestre del maíz) hacia el maíz cultivado, en México

Existe evidencia de que los agricultores pueden reconocer, mantener y emplear las nuevas combinaciones genéticas que surgen de la introgresión o de la hibridación natural; el hecho se ha observado en México (maíz, calabaza, ají o chile), en Burkina Faso (mijo perla), en Uganda (sorgo), en los Andes (papa), en Etiopía (especies de *Brassica*) y en Sierra Leona (arroz). Estos ejemplos conducen a importantes conclusiones acerca de la nueva diversidad genética, las cuales son de singular importancia si se planea el establecimiento y el diseño de un programa de conservación en fincas (de Jarvis y Hodgkin, 1999).

1. La introgresión natural ocurre, probablemente, cuando las siembras de cultivares locales se coinciden en áreas donde crecen sus parientes silvestres o malezas afines.
2. La introgresión es más común en cultivos de polinización cruzada y no ocurre en plantas autógamas.
3. Eventos raros ocurridos en largos períodos de tiempo –a veces de tal magnitud que sobrepasan el tiempo que dura una iniciativa de conservación– pueden influir fuertemente en la evolución del cultivo y en los caracteres adaptativos.
4. En algunos cultivos, los tipos cultivados tienen menor diversidad genética si se comparan con sus parientes silvestres.
5. El impacto que hacen los nuevos tipos puede estar relacionado con el tamaño y a estructura genética de la población receptora.
6. Pueden haber fuertes presiones tanto de la selección natural como la acción humana a favor o en contra de las nuevas combinaciones genéticas.

5.8 Medición de la estructura genética de una población

5.8.1 Estimadores de la presencia de variedades criollas

La base más elemental para medir la estructura genética de una población, en la conservación *in situ*, es la variedad criolla o la unidad de diversidad dentro de la especie que maneja el agricultor:

1. El número de variedades criollas diferentes en una muestra, área o campo de cultivo
2. El índice de diversidad genotípica (análogo al índice de Simpson o el índice de Nei de diversidad génica), es la probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en la muestra pertenezcan a variedades criollas diferentes.

Otras dos medidas del patrón de ocurrencia en la región se aplican a cada variedad criolla específica del estudio:

3. La población promedio o tamaño promedio del campo de una variedad criolla específica y, de ahí, la distribución de los tamaños de los campos de cultivo (media y varianza) entre las variedades criollas y dentro de ellas.

4. El número de campos en la región de estudio en donde la variedad criolla se desarrolla.

Estas dos apreciaciones clasifican a cada variedad criolla según su **amplia dispersión** (se presenta en más de un campo de cultivo) o su **localización** (está restringido a pocos campos) y, de modo secundario, según sea **común** (definido aquí como cultivado en algunas unidades de producción, en gran número, y en campos de tamaño superior al promedio) o sea **raro o escaso** (cultivado únicamente en pequeños campos).

Ejemplo: Caracterización de la dinámica varietal del arroz en Nepal

La investigación sobre la estructura genética de las variedades criollas de arroz en el proyecto IPGRI de conservación en fincas, en Nepal, se inició con la caracterización de la dinámica varietal basada en los promedios de área y de número de hogares en que se siembra cada variedad. Las variedades criollas de arroz se caracterizaron en grupos de áreas grandes y pequeñas (según el área sembrada promedio) y en varios o pocos (según el número de hogares), lo que generó un total de cuatro clasificaciones (áreas grandes y varios hogares, grandes y pocos, áreas pequeñas y varios hogares, pequeñas y pocos).

Dinámica varietal basada en los promedios de área y de hogares donde crecen las variedades criollas

Categoría	Bara	Kaski	Jumla
Área promedio/ variedad criolla (ha)	1.62 (Bhaidaiya) 0.57 (Agahani)	1.17	0.91
Promedio de hogares (núm.) que sembraron la variedad	7.5 (Bhadaiya) 3.19(Agahani)	10.9	9.76
Clases varietales:			
Áreas grandes y varios hogares	Sotwa, Maturi, Nakhi Saroo, Nakhi, Matmur, Jiri (Bhadaiya rice), Basmati, Lal farm, Madhumala (Agahani rice)	Ekle, Rato Anadi, Madhise, Kathe Gurdi, Mansara, Jethobudho, Thulogurdi, Panhele, Jhinwa Ghaiya	Kalo Marshi, Seto Marshi, Rato Marshi
Áreas grandes y pocos hogares	None (Bhadaiya), Asahani, Mansara (Agahani)	Gurdi, Lahare Gurdi, Sano Madhise	Ninguno
Áreas pequeñas y varios hogares	Sathi (Bhaidaiya), Lajhi, Rato Basmati (Agahani)	Seto Anadi, Jerneli, Bayarni	Mahele, Rato y Seto
Áreas pequeñas y pocos hogares	Rango, Dudhi Saroo, Guthani, Sokan, Saroo (Bhadaiya), Anga, Karma, Anadi, Gajagaul, Khera, LalTengar, Bhathi, Chhatraj, Mansari, Kataush, Batsar, Dudhraj, Ratrani, Lalka Katika (Agahani)	Anga, Tunde, Basmati, Thulo Madhise, Sano gurdi, Seto ghaiya, Rato ghaiya, Bichare ghaiya, Gurdi ghaiya, Ramani, kande Anadi, Naulo madhise, Ghaiya, Jire ghaiya, Naltume, Dhabe Jerneli, kalo Jhinwa, kalo Gurdi, Jhauri, Manamuri, Pakhe Jerneli, Biramphool, Jhinuwa, Thapachini, Seto gurdi, Gauriya, Kaude, Jhyali rato ghaiya, Mala, Kunchali ghaiya, Lame, Kanajire ghaiya, Katuse Ghaiya, Lahare Ghaiya, masino ghaiya, Masino Jhinwa, Seto Jhinwa, Tunde Jhinwa, Barmeli, Chobo, Jhinwa basmati, kalo Bayarni, kalo Tunde Jhinwa, Rate, Pakhe Ramani, Seto bayarni, Bayarni Jhinwa	Ratanpuri, Darime, Sijalaya, Seto local, Marshi Jumli (1), Kalo dhan, Rato dhan, Rato y Kalo, Patle dhan, Majhule marshi, Jadan dhan, Dhan, Mahele dhan, Seto biu, Lahare (Rato),Pakhe

Fuente: Khatiwada *et al.*, 2000

Ejemplo: Distribución de la diversidad de arroz en Vietnam Central

Una investigación sobre la diversidad del arroz en 16 cantones de Vietnam Central evaluó la distribución de variedades de arroz en cantones y regiones. En cada cantón se entrevistaron diez agricultores. La distribución de las variedades se basó en la estación de cultivo y en el agroecosistema. Las variedades modernas eran más comunes en los agroecosistemas alejados de la costa y en la época de verano, mientras que las variedades criollas de los agricultores se concentraron en los agroecosistemas costeros y en la estación de invierno. Un gran número de variedades de los sitios de estudio se distribuyeron en un área muy limitada, donde el 27% de ellas habían sido sembradas por un agricultor y el 67% eran cultivadas por 5 agricultores o menos. Todas las variedades de mayor dispersión (o sea, cultivadas en más de dos regiones) fueron variedades modernas. Los investigadores concluyeron que la distribución limitada de las variedades del agricultor representa un fuerte estímulo para el empleo de una estrategia de conservación en fincas, ya que sería improbable que un programa *ex situ* fuera capaz de recolectar toda la diversidad contenida en los sitios de estudio.

Fuente: Le Dinh Huong *et al.*, 1999

5.8.2 Estructura genética de las poblaciones

La forma ideal de medir la diversidad genética es evaluar una muestra de individuos, respecto a sus diferencias genéticas (por alelos diferentes), en función de loci de marcadores. Las variables más importantes son:

- La riqueza alélica o el número de variantes alélicas por locus en la muestra.
- La frecuencia de variantes alélicas.
- El número de genotipos de multi-locus. Los genotipos multilocus pueden valorarse en diferentes niveles.
- El grado en que se diferencia una población de otra (**carácter distintivo o diferenciación**).

Estos datos miden la **diversidad promedio de un campo de cultivo**, las diferencias de **frecuencias alélicas** entre diferentes poblaciones, y las diferencias en niveles de polimorfismo dentro de las poblaciones.

Medidas de la diversidad promedio de un campo de cultivo

- Las medidas de la diversidad genética, junto con las del tamaño de los campos de cultivo, pueden determinar si la diversidad se incrementa con el tamaño, y pueden probarse en diferentes sistemas de reproducción.
- La información recolectada sobre el número de variedades por hogar o por comunidad, junto con las medidas de su diversidad genética, podrán determinar si la alta riqueza varietal y diversidad genética están positivamente correlacionadas.

Diferencias entre poblaciones en las frecuencias alélicas y en el nivel de polimorfismo

- El análisis de la diversidad dará información sobre la diferenciación genética de las variedades nombradas por los agricultores. En el Capítulo 4 se discutió la importancia de determinar estas relaciones.
- Las medidas de diversidad pueden determinar si las variedades raras o escasas son seleccionadas de las comunes y si las variedades comunes a nivel local tienen el mayor número de alelos comunes, respecto a los diferentes sistemas de reproducción.
- El análisis de diversidad a diferentes escalas espaciales permitirá la comparación a nivel de la comunidad o de las regiones como, si la población cultivada de una comunidad representa toda la diversidad genética de la región (ver Recuadro: grafica de dispersión).

- La medición de las distancias entre los campos de cultivo junto con las diferencias en las fechas de floración determinan el probable flujo genético entre los campos.
- Las medidas de diversidad de diferentes especies que los agricultores cultivan juntas pueden ayudar también a indicar si la variación registrada en diferentes cultivos está correlacionada.

Diferentes análisis de la diversidad genética

- *La riqueza alélica en un locus.* Es el número total (**A**) de alelos distintos en ese locus de la población o muestra.
- *Porcentaje de loci que fueron polimórficos.* La relación proporcional de loci que son polimórficos es un parámetro relativamente poco sensible, que está determinado esencialmente por los genes que son analizados en el estudio.
- *Coefficiente de diversidad génica (h).* Es la probabilidad de que dos gametos elegidos al azar en una población o muestra sean diferentes en un locus (Nei, 1973). Este cálculo contempla dos ecuaciones: $h = 1 - \sum p^2$, donde p es la frecuencia alélica del locus en cuestión. La diversidad génica (**h**) es alta cuando el número de alelos (**A**) es grande, y es mucho más alta cuando hay igualdad o baja varianza en las frecuencias de éstos.
- *Nivel observado de heterocigosidad.* Mide la forma en que los alelos se arreglan o acomodan en genotipos (**H**).
- *Índice de fijación (F).* Es una medida de la desviación de las frecuencias genotípicas de la predicción o expectativa panmíctica (del desequilibrio de Hardy-Weinberg): $F = 1 - H/h$.
- *Grado de desequilibrio del vínculo (D).* Mide el arreglo de los alelos en varios loci ligados como desviación de la asociación aleatoria de los alelos en los gametos o cigotos.
- *El grado de divergencia de la población F(st) o G(st).* Calcula el arreglo de los alelos en la población empleando la variación de la frecuencia que tiene, en las diferentes poblaciones, cada alelo específico [**G** = cantidad relativa del total de diversidad genética que excede de la que se encuentra en la población promedio: $G(st) = 1 - h(p) / h(s)$].

Ejemplo: Conservación de la riqueza alélica

Se analizó la contribución que hacían a la riqueza alélica 24 variedades tradicionales y 47 modernas en la región de Huê, Vietnam Central. Las variedades fueron catalogadas como variedades de época lluviosa (principal estación de cultivo) y de época seca. En 16 aldeas o comunidades se recolectaron 111 accesiones que representaban 71 nombres de variedades, las cuales fueron analizadas mediante 13 cebadores o iniciadores de microsatélite.

La Figura 1 muestra que las variedades modernas de época seca contribuyen con la mayor cantidad de alelos (67), en tanto que las otras tres categorías contribuyen con el mismo número de alelos, aproximadamente. Se hizo una simulación para ver lo que pasaría en el caso de presentarse una erosión genética que afectara las variedades menos frecuentes. Se calculó el número de alelos con que contribuyen las 10 y las 5 variedades más frecuentes en cada categoría. En otras palabras, ¿vale la pena “proteger” las variedades más raras y, por ello, menos frecuentes?

En la Figura 1 se muestra claramente que varios alelos se perderían si las variedades tradicionales de la época primaveral (lluvia) y las variedades modernas de la época seca llegan a desaparecer (Pham *et al.*, 1999).

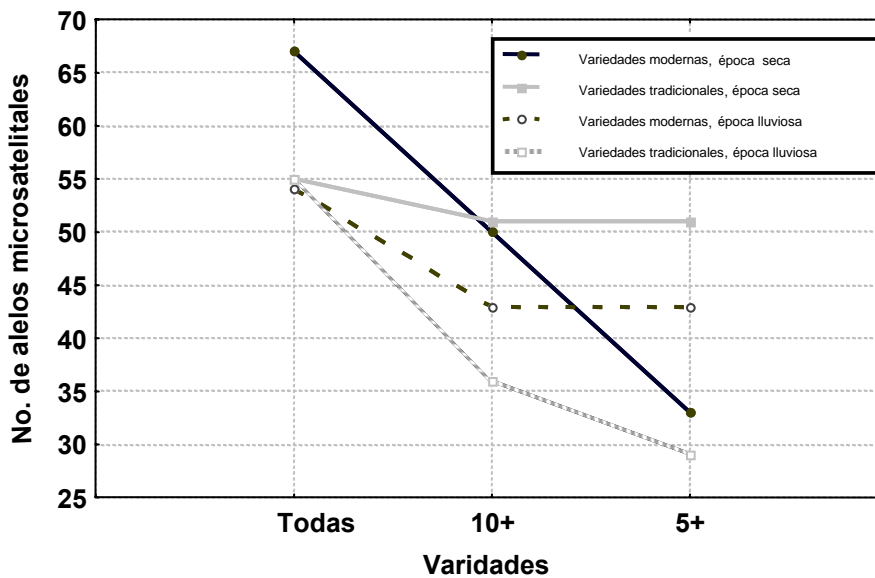
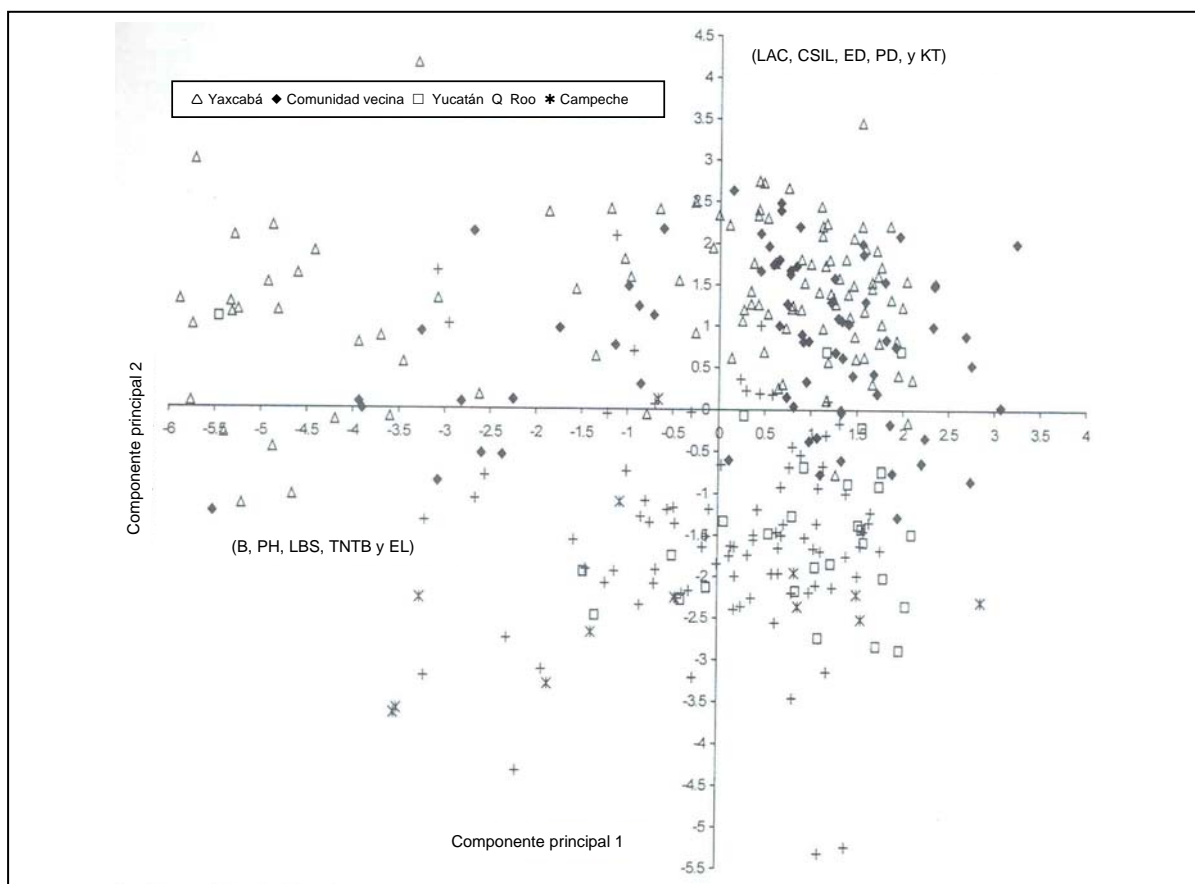


Figura 1. Número de alelos microsatelitales aportados por cuatro categorías de variedades en tres situaciones: todas las variedades, las diez (10+) variedades más frecuentes, y las cinco (5+) variedades más frecuentes.



Gráfica de dispersión de los primeros dos componentes principales, en la que se muestra el arreglo de 314 poblaciones de maíz de la Península de Yucatán, México. Yaxcabá es la comunidad objetivo de investigación, *Comunidad vecina* se refiere a las comunidades circunvecinas pero del mismo municipio de Yaxcabá, *Yucatán* se refiere a otras comunidades del estado de Yucatán diferentes de la región de Yaxcabá, *Quintana Roo* y *Campeche* señala los otros estados que, junto con Yucatán, forman la Península de Yucatán.

En 1999 se colectaron 314 poblaciones de maíz en los tres estados de la Península de Yucatán; Campeche, Quintana Roo y Yucatán. De éstas, 182 corresponden a las recolectadas en la región de Yaxcabá y en las comunidades circunvecinas, las cuales se localizan, geográficamente y culturalmente, en el corazón de la península. Las poblaciones fueron caracterizadas mediante 34 caracteres morfológicos y fisiológicos.

El eje 1 (horizontal, Componente principal 1) estuvo determinado básicamente por la floración masculina (B), la altura de la planta (PH), la longitud de la sección ramificada de la espiga (LBS), el total de ramificaciones de la espiga (TNTB), y la longitud de la mazorca (EL). De modo similar, el eje 2 (vertical, Componente Principal 2) fue influido, según sus vectores propios, por el número de hojas situadas arriba de la mazorca (LAC), la longitud del entrenudo de la espiga central (CSIL), el diámetro de la mazorca (ED), el diámetro del raquis de la mazorca (PD), y la textura del grano (KT).

Los principales caracteres morfológicos que describen las diferencias entre las poblaciones de maíz de la Península de Yucatán están relacionados con las estructuras reproductivas, entre ellas la espiga (longitud, ramificaciones e internudos), la mazorca (forma, longitud, diámetro y raquis), y los granos (grosor y textura). Como se muestra en la gráfica, las poblaciones de maíz de Yaxcabá y de las comunidades circunvecinas contienen casi toda la diversidad morfológica a lo largo del Componente Principal 2, el cual está determinado por el número de hojas situadas arriba de la mazorca (LAC) y por CSIL, ED, PD y KT. Los días hasta la floración masculina (B), y los caracteres PH, LBS, TNTB y EL del Componente Principal 1 establecen las diferencias entre las variedades locales de Quintana Roo y Campeche y las variedades del estado de Yucatán.

Fuente: J.L. Chávez-Servia, C. Camacho y L.A. Burgos-May, datos no publicados

5.8.3 Marcadores bioquímicos y moleculares

Los **marcadores bioquímicos** y **moleculares** pueden ser utilizados para evaluar las diferencias genéticas entre las plantas. Estas diferencias se miden como la variación en las secuencias de aminoácidos de las proteínas y en la secuencia de las bases de los nucleótidos en la cadena del ADN. Mediante la observación directa de esa variación, los marcadores moleculares ayudan a resolver las complicaciones del efecto ambiental sobre los caracteres, principalmente cuando se estudian caracteres morfológicos como los discutidos en el Capítulo 4.

El uso de los marcadores moleculares permite hacer mediciones más apropiada y directas de los siguientes aspectos:

- La diversidad génica (Nei, 1973) y la riqueza alélica
- La subdivisión de las poblaciones (Wright, 1951)
- La heterocigosidad, el tamaño efectivo de una población y la frecuencia de los alelos
- Las distancias (distancia genética) y similitudes dentro de individuos y poblaciones
- Los mapas de genes, que se emplean en la selección de germoplasma que se hace en los programas de mejoramiento.

Una vez más se establece, una matriz de datos básicos (ver Capítulo 4) en la cual las columnas son los diferentes marcadores y no tanto los caracteres agromorfológicos. Ahora bien, como ocurrió con los caracteres morfológicos, este enfoque permite calcular la diversidad y las distancias y similitudes entre las muestras (Capítulo 4).

Ningún marcador molecular es perfecto. Es decir, los diferentes procesos tienen diferentes fortalezas y debilidades. La utilidad de un marcador se determina por la forma en que éste es utilizado en una determinada situación. Para trabajar bien, los marcadores moleculares deben satisfacer algunos de los siguientes criterios:

- Deben ser *polimórficos* (el nivel exacto de polimorfismo puede variar)
- Con *herencia codominante*, para permitir la discriminación entre homocigotos y heterocigotos
- De *comportamiento selectivamente neutral*, para eliminar los problemas asociados con la pleiotropía
- Deben estar distribuidos uniformemente a lo largo del genoma
- Los resultados y análisis deben ser reproducibles en diversos laboratorios
- Su tecnología debe ser razonablemente simple y sus análisis deben requerir un tiempo corto
- Su costo debe ser manejable.

Términos importantes sobre marcadores moleculares

ADN: Es la base molecular de la herencia. Está formado por dos bandas compuestas de bases nitrogenadas (A, T, C, G) unidas entre sí por bases complementarias (A con T, C con G). El tamaño de la molécula de ADN se mide en pares de bases (pb).

Proteína: Es una macromolécula constituida por una o más cadenas de aminoácidos. Las proteínas tienen diversas funciones, entre ellas la de enzimas que catalizan reacciones químicas, la de elementos estructurales y la de proteína de almacenamiento en las semillas.

Electroforesis: Es la separación de una mezcla de fragmentos de ADN, de ARN o de proteínas, empleando un campo eléctrico que mueve los fragmentos a través de un gel. El resultado es la separación de los fragmentos por su tamaño.

Sonda de ADN: Es un fragmento de banda simple de ADN, que puede unirse a una secuencia complementaria perteneciente a una molécula más grande de ADN. Las sondas se marcan bioquímicamente o con elementos radiactivos para poder detectar y aislarlas de la molécula de ADN a la que se han unido.

Cebador o iniciador (primer): Es un fragmento corto de una sola banda de ADN, que se usa en la reacción en cadena de la polimerasa (RCP, conocida en inglés como PCR). Este fragmento se une a un sitio de una molécula grande de ADN, y entonces inicia la síntesis de un ADN nuevo copiado a partir de las moléculas de ADN, que se usan como patrón.

Alelo: Un tipo en una serie de diferentes formas de un locus genético particular.

Polimorfismo: Es la existencia de dos o más clases genéticamente diferentes en las mismas poblaciones endogámicas (King y Stanfield, 1997). En el plano molecular, los polimorfismos consisten en cambios en la estructura o en la secuencia de algunas macromoléculas (de ADN o de proteínas).

Homocigoto: Es el individuo que tiene idénticos alelos en los loci correspondientes de los cromosomas homólogos (King y Stanfield, 1997).

Heterocigoto: Es el individuo que tiene diferentes alelos heredados en los loci correspondientes de los cromosomas homólogos.

Marcadores basados en los diferentes tipos de proteínas

Proteínas almacenadas en la semilla. Las proteínas que se encuentran en las semillas de varias especies pueden estudiarse empleando el método convencional de la electroforesis en gel o, para mayor resolución, en un campo isoelectrónico. La detección de las bandas después de la electroforesis se hace mediante la tinción de las proteínas (p.e., Azul Coomassie). Las proteínas almacenadas proporcionan perfiles genéticos útiles para la identificación del genotipo de las variedades y, en algunos casos, de caracteres más prácticos. En trigo, por ejemplo, las proteínas son marcadores útiles para controlar las cualidades de la panificación. Puesto que varias bandas se identifican en un locus genético de la proteína almacenada, la que proviene, probablemente, del ligamiento durante la duplicación de genes, las proteínas de almacenamiento no pueden proporcionar información de toda la gama de marcadores genéticos que se obtiene de los polimorfismos enzimáticos.

Enzimas. Las aloenzimas (también conocidas como isoenzimas) son diferentes alelos de una misma enzima en un mismo locus. La electroforesis aloenzimática revela un polimorfismo genético que permite el estudio directo de la variación genética. Una enzima activa es separada en bandas separadas cuando se colocan extractos de tejido (p.e., de hojas jóvenes) en un gel electroforético de almidón o de poliacrilamida. Después de la electroforesis, la posición de las bandas es visible gracias a la acción que ejerce la enzima sobre un sustrato enzimático específico, generando un producto coloreado. Las isoenzimas están controladas, generalmente, por alelos codominantes y se heredan en forma monogénica según las relaciones mendelianas. El número de bandas observadas en un gel dependerá esencialmente del número de loci, del número de alelos por locus, y de la estructura cuaternaria de la enzima.

Los polimorfismos isoenzimáticos han sido muy útiles para caracterizar e identificar genotipos y variedades de plantas cultivadas, para estudiar la genética de poblaciones, y para establecer patrones geográficos de variación. Hay un límite en el número de enzimas disponibles para el estudio (a consecuencia de los requerimientos de su detección) y, por tanto, hay un límite a la parte de cualquier genoma vegetal a la que puede accederse.

Técnicas basadas en la hibridación, sin relación con la técnica de RCP

Polimorfismo en longitud de los fragmentos de restricción (RFLP, su sigla en inglés). La técnica de los RFLP detecta mutaciones que alteran el patrón obtenido por el corte del genoma con una enzima de restricción. Esas mutaciones pueden ser cambios en los pares de bases, pueden eliminar un sitio de restricción existente o insertar otro donde no ha existido ninguno, o pueden hacer inserciones o eliminaciones que cambien el tamaño de los fragmentos producidos en una digestión. Cualquier alteración de los fragmentos que se unen a la sonda aparecerá en el gel como un cambio en el tamaño de la banda o bien como la presencia o ausencia de una banda. Estos marcadores son codominantes, segregan en las poblaciones, y pueden representarse en mapas y ligarse a genes o a caracteres de interés. Sin embargo, no permite estudiar más de un locus a la vez.

Repeticiones sucesivas (en tándem) de número variable (VNTR, su sigla en inglés). Esta técnica, conocida también como la huella de ADN, emplea básicamente los mismos métodos de los RFLP. Las dos técnicas difieren en el tipo de secuencias que se analizan y, por ende, en el origen de la sonda utilizada y en la clase de datos producidos. Los análisis de VNTR emplean un núcleo "promotor" (o secuencia conocida de ADN) de aproximadamente 10 a 60 bases y una sonda multilocus para producir patrones complejos de bandas. Las sondas de RFLP están frecuentemente orientadas a un locus específico y dan lugar a bandas de marcadores codominantes fácilmente identificables. Las huellas de ADN pueden usar sondas que no tan específicas de una especie; en cambio, las sondas de los RFLP son, en general, específicas de una especie.

Las bases de los protocolos de los RFLP y los VNTR son las siguientes:

- El ADN genómico es digerido por una enzima o por una combinación de enzimas de restricción, las cuales cortan al ADN en sitios específicos, lo que genera una mezcla compleja de fragmentos.
- El ADN digerido es separado mediante la electroforesis en gel de agarosa.
- El ADN es transferido del gel a una membrana (capa absorbente) y allí es incubado con una sonda radiactivamente marcada que proviene de un locus específico. La sonda se hibrida, sobre la membrana, con cualquier fragmento que le sea complementario, y estos fragmentos son detectados porque se exponen en una película de rayos X (auto-radiografía).

Información sobre la secuenciación del ADN

La secuenciación del ADN es muy común en los estudios de relaciones filogenéticas, en los que sólo son de interés ciertas regiones del genoma. La determinación precisa de las secuencias de los nucleótidos de una región genómica definida es el medio más directo para estudiar el polimorfismo del ADN. Se emplea una modificación de la RCP usando un cebador (o iniciador) y varios nucleótidos terminales. Esta técnica es altamente reproducible y muy informativa; sin embargo, es costosa, presenta algunas dificultades y consume mucho tiempo si no se cuenta con secuenciadores automatizados.

Marcadores de ADN basados en la RCP

Reacción en cadena de la polimerasa (RCP, conocida en inglés como PCR). Es un procedimiento que amplifica una secuencia específica de ADN. Un par de cebadores o iniciadores (primers) diseñados para ser complementarios de las secuencias que flanquean la región de ADN que interesa, se añaden al patrón (o molde) de ADN, y se inicia entonces la función de la polimerasa del ADN para extender los iniciadores, copiando la secuencia de bases de la banda patrón. Los productos de esa reacción se separan mediante electroforesis en gel, y luego pueden observarse mediante tinción directa, tratando de evitar el uso de la radioactividad y de la auto-radiografía.

Polimorfismo del ADN amplificado al azar (conocido en inglés como RAPD). Esta técnica observa la variación en regiones no específicas de todo el genoma. Se emplea un cebador corto (10 pb) de una secuencia elegida aleatoriamente, el cual tiene el potencial para hibridar cientos de sitios a lo largo de todo el ADN objetivo. Cuando el cebador se fija (al patrón) en dos sitios de bandas opuestas que están a 2 kilobases una de otra, la secuencia que interviene es aumentada (o amplificada). La secuencia de mutaciones, inserciones y eliminaciones produce los polimorfismos en el patrón que resulta de los fragmentos amplificados. Generalmente se detectan entre 1 y 20 bandas mediante los RAPDs.

En algunas variaciones de la técnica se usan diferentes concentraciones y longitudes de los iniciadores o cebadores y ciertos pasos del protocolo se modifican. Un fragmento clonado de RAPD se puede utilizar para diseñar cebadores más grandes los cuales, cuando se usan en la RCP, amplifican loci específicos llamados SCARs (regiones amplificadas de secuencias caracterizadas). En este caso, el sistema es más confiable que en los RAPDs porque se usan cebadores de mayor longitud.

Microsatélites y microsatélites de secuencia marcada (conocidos en inglés como STMS). Los microsatélites o secuencias simples repetidas (SSR en inglés) son unidades de 2 a 10 pares de bases repetidas en secuencia, que están dispersas en todos los genomas eucarióticos. El polimorfismo de los microsatélites aumenta cuando el número de secuencias repetidas en sucesión (tándem) aumenta o decrece. Cuando un locus microsatelital es clonado y secuenciado, las secuencias particulares que flanquean las SSR pueden usarse para diseñar cebadores de RCP. Éstos son utilizados luego para amplificar loci de SSR específicos, es decir, microsatélites de secuencias marcadas o STMS.

Polimorfismo en longitud de fragmentos amplificados (AFLP, su sigla en inglés). El principio en que se apoya esta técnica es la amplificación de la RCP de un subconjunto selecto de todos los fragmentos producidos en la digestión del ADN genómico. El ADN genómico es digerido por una enzima de restricción y ligado a moléculas adaptadoras. Los cebadores de la RCP que constan de una secuencia de ADN específico (que es parte del adaptador), de la secuencia específica de una enzima de restricción, y de 1 a 3 nucleótidos selectivos que amplifican solamente a los fragmentos con secuencias complementarias completas. Esta acción genera fragmentos de varios sitios genómicos (generalmente de 50 a 100 fragmentos por reacción), que son luego separados mediante la electroforesis en gel y se describen, en general, como un marcador codominante.

5.9 La dimensión tiempo

La información disponible sobre la naturaleza, la causa y la dinámica de los cambios genéticos a corto plazo es importante para entender la conservación en fincas. ¿La diversidad genética está cambiando a través del tiempo? Si es así, ¿qué tan rápido cambian las frecuencias alélicas? ¿Los genotipos o los alelos se están perdiendo? Mirando el fenómeno en una escala mayor, ¿todas las poblaciones van a extinguirse? ¿Hay cambios evidentes en la heterocigosidad o en el grado de endogamia? ¿Hay cambios en el número de combinación de genes o en los sistemas de apareamiento?

La mayoría de las preguntas son comparativas. Para las que requieran más de una muestra en el tiempo, se aplican las mismas medidas de diversidad genética basadas en los mismos loci marcados, y se procede así a hacer una comparación estricta. Con esas medidas puede calcularse la relación proporcional de cambio por generación, la cual se usará como indicador de erosión genética. Los **análisis por series de tiempo** (discutidos en el Capítulo 9) se emplean para predecir los patrones de cambio futuros, que corresponden a datos clasificados en el tiempo, es decir, por años o por estaciones.

Las poblaciones de las variedades de los agricultores son susceptibles también a eventos aleatorios, lo que se discutió en el Capítulo 3. Estos acontecimientos tienen poder para causar pérdidas de diversidad en diferentes niveles, desde el hogar hasta la comunidad o aldea y aún en el ámbito regional. Es importante tener información de muchos años sobre la frecuencia y la intensidad de acontecimientos como sequías, inundaciones, erupciones volcánicas y hasta guerras, y conocer la fuente a la que los agricultores han acudido para reemplazar sus variedades después de tales eventos, determinar los efectos de estos eventos en la diversidad genética cultivada a través del tiempo.

5.10 Mantener poblaciones suficientemente grandes para la conservación efectiva de las variedades

El tamaño efectivo de los acervos de genes es una preocupación clave en la comprensión y en el manejo de la estructura de poblaciones de una especie cultivada en particular. La estructura y la dinámica de las poblaciones son relativamente simples de estudiar cuando se limitan a un sólo campo de cultivo, o a un grupo de campos dentro de una comunidad. Ahora bien, el potencial de la migración y la introducción que ocurre con el intercambio de semilla extendería el acervo de genes de una especie cultivada a toda una región. Es probable que un determinado agricultor no mantenga una población suficientemente grande para poder conservarla efectivamente a través del tiempo. Algunas preguntas que surgen son: ¿en qué escala se mantienen suficientemente grandes las poblaciones para asegurar su capacidad continua para adaptarse y evolucionar con su ambiente?, esto es en el ámbito de la comunidad, el distrito, la provincia o la región. Cuando un agricultor, una comunidad o la unidad administrativa de referencia pierden las semillas, ¿los agricultores tienen acceso a otras poblaciones para renovar su fuente de semillas? En el Capítulo 6 se discute más detalladamente lo relacionado con los sistemas de semillas.

5.11 Referencias

- Anderson, E. y L. Hubricht. 1938. Hybridization in *Tradescantia* III. The evidence for introgressive hybridization. *American Journal of Botany* 25:396-402.
- Barrett, S.C.H. y J.R. Kohn. 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation. Pp. 3-30 *in* Genetics and Conservation of Rare Plants (D.A. Falk y K.E. Holsinger, eds.). Oxford University Press, Oxford.
- Devlin, B. y N.C. Ellstrand. 1990. The development and application of a refined method for estimating geneflow from angiosperm paternity analysis. *American Journal of Botany* 79:1311-1319.
- Ehrlich, P.R. y P.H. Raven. 1969. Differentiation of populations. *Science* 165:1228-1232.
- Ellstrand, N.C. y C.A. Hoffman. 1990. Hybridization as an avenue for escape for engineered genes. *BioScience* 40:438-442.
- Ford-Lloyd, V.B. 1986. Intraspecific variation in wild and cultivated beets and its effects upon infraspecific classification. Pp. 331-344 *in* Intraspecific Classification of Wild and Cultivated Plants (B.T. Styles, ed.). Clarendon Press, Oxford.
- Ford-Lloyd, V.B. y J.T. Williams. 1975. A revision of *Beta* section *Vulgares* (Chenopodiaceae), with new light on the origin of cultivated beets. *Botanical Journal of the Linnean Society* 17:89-102.
- Frankel, O.H. 1974. Genetic conservation: our evolutionary responsibility. *Genetics* 78:53-65.
- Frankel, O.H., A.H.D. Brown y J.J. Burdon. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press.
- George, R.A.T. 1985. Vegetable seed production. Longman, New York.
- Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1990. Allozyme diversity in plant species. Pp. 43-63 *in* Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources (A.H.D. Brown, M. Clegg, A. Kahler y B. Weir, eds.). Sinauer Associates Inc., MA, USA.
- Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1997. Allozyme diversity in cultivated crops. *Crop Science* 37:26-30.
- Hancock, J.F, R. Grumet y S.C. Hokanson. 1996. The opportunity for escape of engineered genes for transgenic crops. *Hortscience* 31:1080-1085.
- Heiser, C. 1973. Introgression re-examined. *The Botanical Review* 39 (4):347-366.
- Jarvis, D.I. y T., Hodgkin. 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology* 8:S159-S173.
- King, R.C. y W.D. Stansfield. 1997. A dictionary of genetics (Fifth Edition). Oxford University Press, New York.
- Le Dinh Huong, J.L. Pham, Truong Van Tuyen, Le Thieu Ky, Le Tien Dung, Nguyen Thi Cach, Tran Van Minh y S. Morin. 1999. Distribution of rice diversity in Central Vietnam. Workshop of the participants of the project «Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II: On-farm Conservation», 17-22 May 1999. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas.
- Levin, D.A. y H.W. Kerster. 1974. Geneflow in seed plants. Pp. 139-220 *in* Evolutionary Biology. Volume 7 (Th. Dobzhansky, M. Hecht y W. Steere, eds.). Plenum Press, New York.
- Louette, D., A. Charrier y J. Berthaud. 1997. *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51(1):20-38.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- Nei, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 70:3321-3323.
- Nunney, L. y K.A. Campbell. 1993. Assessing minimum viable population size: demography meets population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 8:234-239.
- Pham, J.L., S. Quilloy, Le Dinh Huong, Truong Van Tuyen, Tran Van Minh y S. Morin. 1999. Molecular diversity of rice varieties in Central Vietnam. Paper presented at the Workshop of the participants of the project «Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II:

- On-farm Conservation". International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, May 17-22, 1999.
- Qualset, C.O., A.B. Damania, A.C.A Zanatta y S.B. Brush. 1997. Locally-based crop plant conservation. Pp. 160-175 *in* Plant Genetic Conservation: The *In Situ* Approach (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.
- Soulé, Michael E. (ed.). 1987. Viable populations for conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tan, A. 1992. The classification of wild beets in Turkey. PhD Thesis. Ege University, Bornova.
- Tan, A. 1993. A numerical taxonomic study on wild beets (*Beta vulgaris* L. s. *lat.*) in the Mediterranean. *Anadolou* 1:1-12.
- Tan, A. 1994. The morphometric analysis of wild beets, *Beta* L. section *Beta*, from Turkey. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 nisan 1994, Bornova.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15:323-354.

5.12 Lectura recomendada

- Allard, R.W. 1988. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. The Wilhelmine E. Key 1987 Invitational Lecture.
- Auricht, G.C., R. Redid y L. Guarino. 1995. Published information of the natural and human environment. Pp. 131-151 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Briggs, D. y S.M. Walters. 1997. Plant variation and evolution. Cambridge University Press.
- Brown, A.H.D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them *in situ* on farms. Pp. 29-48 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Brown, A.H.D. y D.R. Marshall. 1996. A basic sampling strategy: theory and practice. Pp. 75-91 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73:657-79.
- Crossa, J. 1989. Methodologies for estimating the sample size required for genetic conservation of outbreeding crops. *Theoretical and Applied Genetics* 77:153-161.
- Crossa, J. y R. Vencovsky. 1994. Implications of the variance effective population size on the genetic conservation of monoecious species. *Theoretical and Applied Genetics* 89:936-42.
- Epperson, B.K. 1990. Spatial autocorrelation of genotypes under directional selection. *Genetics* 124:757-71.
- Gillespie, J.H. 1998. Population genetics: A concise guide. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Guarino, L. 1995. Geographic information systems and remote sensing for plant germplasm collectors. Pp. 315-328 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Hartl, D.L. y A.G. Clark. 1997. Principles of population genetics. Third edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, USA.
- Hedrick, Philip W. 2000. Genetics of populations. Second edition. Jones & Bartlett Publishers.
- Heywood, J.S. 1991. Spatial analysis of genetic variations in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:335-355.
- Hillis, D.M. 1987. Molecular versus morphological approaches to systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:23-42.
- Kephart, S.R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: A comparative analysis of techniques. *American Journal of Botany* 5:693-712.
- Khatiwada, S.P., B.K. Baniya, D.K. Rijal, C.L. Paudel, R.B. Rana, P. Chaudhary, P.R. Tiwari, M.P. Upadhyay, Y.R. Pandey y A. Mudwari. 2000. Population genetic structure. Nepal. Pp. 134-138 *in*

- Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Linhart, Y.B. y M.C. Grant. 1996. Evolutionary significance of local genetic Differentiation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:237-277.
- Milligan, B.G., J. Leebens-Mack y A.E. Strand. 1994. Conservation genetics: beyond the maintenance of marker diversity. *Molecular Ecology* 3:423-435.
- Reaño, R. y J.L. Pham. 1998. Does cross-pollination between accessions occur during seed regeneration at the International Rice Genebank? *International Rice Research Notes* 23:5-6.
- Russel, J.S. y M.B. Dale. 1987. Statistical and numerical methods for estimating production/environment relations. Pp. 159-69 *in* *Agricultural Environments* (A.H. Bunting, eds.). CAB International, Oxon UK.
- Slatkin, M. 1987. Gene flow and the geographic structures of natural populations. *Science* 236:787-792.
- Slatkin, M. 1993. Isolation by distance in equilibrium and non-equilibrium populations. *Evolution* 47(1):264-279.
- Soltis, D.E. y P.S. Soltis, eds. 1989. *Isozymes in plant biology*. Chapman y Hall, Londres.
- Soulé, Michael E., ed. 1987. *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Weir, B.S. 1990. Sampling properties of gene diversity. Pp. 23-42 *in* *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources* (A.H.D. Brown, M. Clegg y A.L. Kahler, eds.). Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts.

Capítulo 6 Los sistemas de semillas

Con la colaboración de:

D. Balma, B. K. Banilla, P. Branel-Cox, N. N. De, Djimadoun, E. Ellis, N. P. Ha, T. Dondgkin, D. Louette, H. Mellas, F. Nassif, J. Nding'u-Skilton, R. Ortega-Paczka, R. B. Rana, M. Sawasogo, R. Tripp y R. Valdivia-F.)¹

6.0	Objetivos de esta sección	112
6.1	Flujo de semillas	112
6.2	Componentes clave de un sistema de semillas	113
6.2.1	Demanda del agricultor por semilla externa a la finca	114
6.2.2	Sistema informal (tradicional) de suministro de semillas	114
6.2.2.1	Semilla de la cosecha anterior conservada en la finca	115
6.2.2.2	Sistema de abastecimiento comunitario de semillas	115
6.2.3	Sistema formal de suministro de semillas	116
6.2.3.1	Semillas y variedades modernas	116
6.3	Los sistemas de semillas y la diversidad	117
6.3.1	Almacenamiento de semillas en la finca	117
6.4	Medidas que vinculan a los sistemas de semillas con otros factores	119
6.4.1	Sistemas de semillas y conjunto de datos para la afiliación parcial	120
6.5	El sistema de semillas y el tamaño efectivo de una población	121
6.6	El sistema de suministro de semillas y las iniciativas políticas	121
6.7	Referencias	122
6.8	Lectura recomendada	124

¹Créditos para las fotografías: Pp. 112, 119: D. Jarvis; p. 116: E. Ellis; p. 118: M. Djimadoun.

6.0 Objetivos de esta sección

Al finalizar este capítulo, los lectores estarán en capacidad de:

- Entender el sistema de semillas a través del cual entra nuevo germoplasma a las poblaciones de especies cultivadas de una unidad familiar y de una comunidad.
- Entender la dinámica de los sistemas de suministro, almacenamiento e intercambio de semillas, y la forma en que ellos pueden afectar la diversidad genética cultivada.

6.1 Flujo de semillas

Cada año, los agricultores toman decisiones sobre la cantidad de semilla que sembrarán y el sitio en que la conseguirán. Además de la semilla que seleccionan de su propia cosecha y que luego almacenan, los agricultores pueden conseguir nuevas semillas en los mercados o con otros agricultores. Cuando siembran semillas provenientes de fuera de sus propios campos, los agricultores son conscientes de que introducen nuevo germoplasma en el agroecosistema. Estas prácticas, con las cuales el agricultor afecta el nivel de diversidad genética en la población de una especie cultivada, se denominan flujos de semilla (Bellon *et al.*, 1997). Los flujos de semilla describen “el proceso por el cual los agricultores obtienen la unidad física de semilla de una determinada variedad”. La semilla que un agricultor siembra puede haber sido seleccionada de su propio cultivo en la estación anterior, intercambiada o comprada a otros agricultores o instituciones, o bien un ser una mezcla proveniente de diferentes fuentes” (Bellon y Smale, 1998:3). Un lote de semilla se identifica como la unidad física de semilla de una determinada variedad, que el agricultor selecciona y siembra en una época de cultivo con el fin de reproducir esa variedad (Louette *et al.*, 1997). Estudiar el flujo de semilla permite entender mejor el proceso por el cual la semilla se almacena e intercambia, así como el impacto que esto tendrá en la distribución de la diversidad genética.

Un **sistema de semillas** está compuesto por organizaciones, individuos e instituciones, dedicados a la selección o desarrollo, la multiplicación, el procesamiento, el almacenamiento, la distribución y la comercialización de las semillas (Maredia y Howard, 1998). En las fincas, el concepto de “sistema de semillas” puede ser inadecuado; no hay una vía sistemática por donde los agricultores adquieran y manejen su semilla; antes bien, hay numerosas técnicas y oportunidades que los agricultores emplean, en diferentes circunstancias, para acceder a las semillas y conservarlas. En el contexto de esta guía, un “sistema de semillas” se refiere a las diferentes formas en que los agricultores, desde sus fincas, tienen acceso a las semillas.

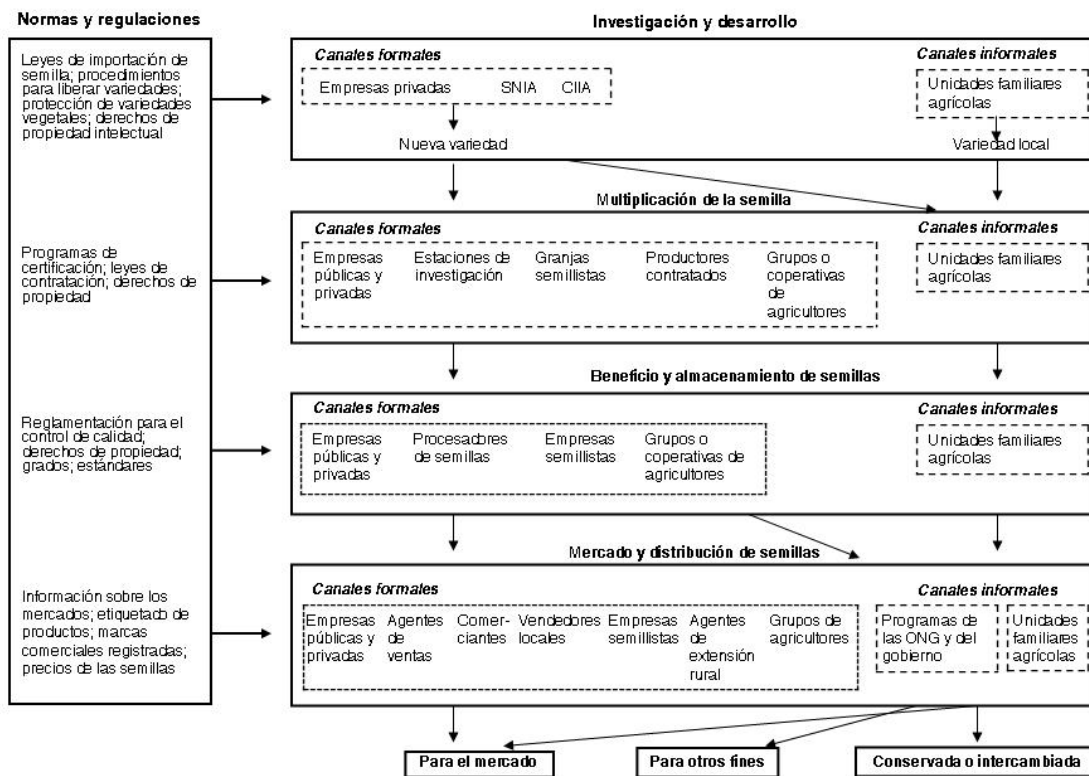


Semillas de haba almacenadas por un agricultor de Marruecos.

6.2 Componentes clave de un sistema de semillas

El sistema por el cual los agricultores adquieren nuevas semillas puede ser clasificado, en sentido amplio, como un sistema formal o uno informal (o tradicional) de suministro de semillas. Los sistemas informales de semillas son aquellos en los cuales las semillas provienen de los pequeños agricultores y son diseminadas por ellos, en tanto que los sistemas formales se caracterizan porque suministran variedades modernas desarrolladas por los fitomejoradores y distribuidas por instituciones que no son de la localidad, tales como programas nacionales de investigación y extensión, compañías de semillas, organizaciones internacionales y ONG. Estas categorías no deben tomarse de manera estricta, ya que las prácticas comunes caen entre los dos extremos, adquirir semilla en los mercados de granos y con agricultores locales especializados en producir grano adecuado para semilla.

FUNCIONES Y ORGANIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE SEMILLAS



SNIA: Sistemas nacionales de investigación agrícola
 CIIA: Centros internacionales de investigación en agricultura
 Fuente: Mareid y Howard, 1998

6.2.1 Demanda del agricultor por semilla externa a la finca

La demanda del agricultor por semilla externa se puede catalogar en cuatro tipos que, en la práctica, no se pueden separar estrictamente:

- Emergencia, que se refiere a la escasez de semilla por una situación de desastre.
- Pobreza, que significa escasez de semilla por el bajo rendimiento o porque la reserva de semilla se consumió o se vendió.
- Calidad de la semilla, que se puede referir a la habilidad de almacenar la semilla en la finca, a la demanda del mercado por calidad de grano, o a la siembra de semilla híbrida.
- Cambio de variedad, cuando un agricultor trata de sembrar una nueva variedad (Tripp, 2000).

Los programas de ayuda del sector formal se caracterizan porque responden a las demandas de semilla en casos de emergencia; entonces, el suministro del sector formal de variedades modernas puede responder parcialmente a la demanda de semillas de calidad que hacen los pequeños agricultores y a la demanda de cambio de variedades.

Cada año, la demanda de semilla de fuera de la finca en una comunidad depende del cultivo (p.e., duración en almacenamiento) y de ciertas condiciones agroecológicas y socioeconómicas (p.e., sequía o principalmente consumo de las semillas de reserva debido a la pobreza; Tripp, 2000). Los agricultores acostumbran introducir semillas de fuentes externas con el fin de probar nuevas variedades y evaluar (mediante varios criterios agromorfológicos) su posible éxito. La adquisición de semilla fuera de la finca puede ser una respuesta de último minuto a la llegada de las lluvias antes de la siembra, dado que los agricultores necesitan emplear la semilla que les sea más conveniente (Tripp, 2000). En ciertos casos, los agricultores introducen nuevas semillas porque perdieron una variedad local específica o un carácter individual de sus variedades locales.

La semilla de reserva es vulnerable a los desastres naturales, las malas cosechas y los cambios en el ciclo de vida de los agricultores. En ciertas partes de África Occidental, por ejemplo, los agricultores perdieron algunas variedades tradicionales de arroz cuando abandonaron sus tierras de cultivo a causa de los prolongados conflictos armados. Cuando retornaron a sus campos, dependían esencialmente de las variedades modernas (VM) que fueron introducidas por entidades de asistencia que ayudaron a crear reservas de semillas (Richards and Ruivenkamp 1997). Rice *et al.* (1998) graficaron "el ciclo de vida de la semilla" para representar la alta frecuencia de experimentación, intercambio, pérdida y reemplazo que ocurrió con estas variedades, tanto tradicionales como modernas, en la Sierra de Santa Marta, en el estado de Veracruz, en México. En África Subsahariana, Tripp (2000) calculó que por lo menos del 20 al 25% de la semilla se obtenía de fuentes externas, y mucho más cuando las semillas de reserva se perdían durante el año.

6.2.2 Sistema informal (tradicional) de suministro de semillas

Los sistemas informales de semilla constan, en su mayoría, de unidades familiares individuales, y cada una de ellas lleva a cabo la mayoría de las funciones del sistema –o sea, la selección o desarrollo, la multiplicación, el procesamiento, el almacenamiento, la distribución y la venta de la semilla– por cuenta propia y con poca o ninguna especialización (Maredia y Howard, 1998). Estos sistemas emplean todos los métodos, aparte de la compra de semilla a organizaciones del sector formal, que les permiten satisfacer su demanda de semilla (Cromwell, 1996). Los pequeños agricultores obtienen semilla de nuevas variedades de fuentes informales, principalmente de las que están en sus propias comunidades. Los estudios sobre adquisición de semilla de sorgo, caupí (*Vigna sp.*), cacahuate (maní) y guisantes por los agricultores de Malawi, Kenia, Zimbabue y Zambia demuestran que los agricultores prefieren conseguir la mayor parte de su semilla de otros agricultores, muchas

veces de sus parientes, antes que acudir a los mercados y a las tiendas, a los servicios de extensión o de investigación, a las ONG o a otro mecanismo formal (Tripp, 2000). En los sistemas de milpa, en Yucatán, México, más del 90% de la semilla de maíz que se requiere es obtenida de agricultores locales o de fuentes informales de suministro de semilla, a pesar de que existen programas de gobierno que promueven el uso de las VM (Ortega Paczka *et al.*, 2000). Los sistemas informales de suministro de semilla se dividen en los siguientes subgrupos:

6.2.2.1 Semilla de la cosecha anterior conservada en la finca

En los países en desarrollo, las semillas conservadas por los agricultores representan la mayor parte de la semilla que allí se emplea (Cromwell *et al.*, 1992). Estas semillas son principalmente de variedades locales, aunque podrían ser también de variedades modernas. Normalmente, las últimas son conservadas por los agricultores y, en ocasiones, serán mezcladas y modificadas por obra de la selección local, de modo que evolucionan hasta ser nuevas variedades criollas.

6.2.2.2 Sistema de abastecimiento comunitario de semillas

Este es otro medio muy importante de obtener semilla por los pequeños agricultores. Incluye el intercambio de semilla agricultor-agricultor basado en el trueque, en obligaciones sociales, etc. (Cromwell, 1996). Este sistema se usa principalmente cuando los agricultores son incapaces de satisfacer sus propias necesidades de semilla porque su cosecha anterior fue mala. Aun cuando el resultado de la cosecha sea razonable, estas unidades familiares tendrían dificultades para almacenar suficiente semilla hasta la siguiente temporada y entonces tendrán que disponer de sus reservas para venderlas y obtener efectivo o para consumirlas como alimento (Tripp, 2000).

Las tradiciones culturales, tales como las redes de parentesco y la responsabilidad asumida por un género respecto a un cultivo en particular, desempeñan un importante papel en la mediación que requieren las adquisiciones (Tripp, 2000). Entre las razones que explican la adquisición de semillas están la experimentación agrícola y la percepción de que hay un valor agregado en el movimiento de las semillas de un campo a otro. La expresión "intercambio de semilla" se refiere a la relación recíproca que un agricultor adquiere por el hecho de dar semilla a otro agricultor. Un agricultor también puede obtener semilla por otros medios, como los regalos o los pagos en dinero, grano u otros bienes diferentes de la semilla, o como la compra de grano que luego se emplea como semilla. La migración, el casamiento fuera de la comunidad y las oportunidades de trabajo en otras comunidades o regiones pueden desempeñar un papel importante en la diseminación de las semillas a grandes distancias y más allá de las barreras geográficas o culturales.

Ejemplo: Agricultora de una unidad familiar selecciona semilla de arroz en Wujin, provincia de Jiangsu, en China

En un estudio de campo sobre la ecología del cantón, en la Región del Lago Tai, en China (Ellis y Wang 1997; Ellis *et al.*, 2000), se demostró que algunos “agricultores expertos”, como la mujer de la fotografía contigua, seleccionan semillas de variedades modernas y las comercializan localmente a cambio de cantidades más grandes de arroz no seleccionado o realizan el trueque por otros artículos. Las variedades originales de la Revolución Verde han sido mejoradas en estas localidades durante varios años, lo que dio como resultado algunas variedades locales, aunque últimamente éstas pueden sustituirse por nuevas variedades de la Revolución Verde, más recientes, que también se seleccionarán localmente. La selección local de las semillas se practica porque reduce los costos a la vez que mejora la adaptación local de las variedades introducidas. Esto indica que, aunque una región adopte las variedades de la Revolución Verde, algunos agricultores todavía optan por seleccionar sus propias semillas.



6.2.3 Sistema formal de suministro de semillas

Un sistema formal de semillas se compone de organizaciones públicas y privadas especializadas en funciones de suministro de variedades nuevas, principalmente. La estructura, la coordinación y la actuación de los sistemas formales de semillas son controladas por varias normas y regulaciones que influyen en el tipo, la calidad y la cantidad de semilla suministrada por los canales formales. Los materiales genéticos desarrollados y distribuidos por un sistema formal de suministro de semillas por lo general se caracterizan por la homogeneidad y es posible que no sean apropiados para agroecosistemas diversos y marginales. El acceso de los agricultores a estos materiales difiere con la proximidad de la comunidad a un centro de mercado o con el estrato social de la unidad familiar. La forma en que las variedades se desarrollan y liberan en el sector formal tiene algún sesgo, ya que los agricultores pobres son los que tienen menor probabilidad de beneficiarse con esos productos. La certificación de las semillas y las normas de distribución entorpecen muchas veces el acceso de los agricultores a las variedades que podrían beneficiarlos. Sólo el 10% de la semilla que requieren los países en desarrollo es suministrado por el sector formal, mientras que el 90% restante de esa demanda proviene de fuentes informales y de las fincas.

6.2.3.1 Semillas y variedades modernas

La introducción de variedades modernas en los sistemas campesinos a través del sector formal ha llevado al reemplazo de variedades criollas en gran escala, lo que reduce drásticamente la diversidad genética mantenida en las fincas. Los programas nacionales de mejoramiento y de extensión rural estarían promoviendo algunas variedades de alto rendimiento a costa de la diversidad de variedades criollas de la localidad.

No obstante, la introducción de variedades modernas no ocasiona, necesariamente, la sustitución total de las variedades criollas. En ciertas regiones de México, los agricultores experimentan con semillas nuevas de maíz, incluso de variedades modernas, para determinar su comportamiento agronómico en las condiciones locales. Esto indica que los agricultores pueden incorporar nuevo germoplasma en su portafolio de variedades, incrementando así la posibilidad de que haya introgresión e hibridación (Bellon y Brush, 1994). En vez de reducir la diversidad cultivada, esta práctica puede aumentar, en un plazo corto, la diversidad genética total de un agroecosistema.

6.3 Los sistemas de semillas y la diversidad

Además de la selección, la mutación y la recombinación discutidas en el Capítulo 5, el flujo de semillas, que es una forma de migración de germoplasma (genes) hacia una localidad, es uno de los principales mecanismos con que la nueva diversidad entra en un sistema de producción agrícola. Entre los mecanismos de diseminación de semillas, de carácter local o de otro tipo, que contribuyen a la difusión de las semillas y a su flujo, tal como se discutió anteriormente, están los siguientes:

- Vecinos, amigos, parientes
- Agricultores locales que producen semilla
- Bancos de semilla de la comunidad
- Mercados locales y de otro tipo (mercados de granos, sector formal de semillas)
- Proyectos de desarrollo
- Ventas especiales del sector formal de semillas.

Estos mecanismos introducen nuevo germoplasma en las poblaciones de las especies cultivadas por los agricultores, y lo hacen desde diferentes categorías espaciales (desde el nivel local de un vecino hasta el nacional y aun el internacional) y con diferentes frecuencias. Es importante examinar el alcance que tiene en el espacio el sistema de suministro de semilla de un agricultor o de una comunidad, para entender el acervo genético efectivo de la diversidad mantenida por los agricultores o por las comunidades.

Es importante también tener en cuenta el cambio genético que puede ocurrir en las variedades como resultado de la selección y el uso de la semilla local ("reciclado de semillas"), según el sistema de reproducción de la especie cultivada. Morris *et al.* (1999) examinaron los efectos notables causados en las variedades de maíz, un cultivo de polinización abierta. La estructura genética de las variedades de maíz se alteró, a través del tiempo, en los campos de los agricultores a causa del proceso de selección intencional de semilla que hacen los agricultores, y también por los efectos involuntarios de las mezclas de semillas, de la contaminación, la deriva genética, la mutación, la selección natural y la segregación.

En el Valle de Cuzalapa, en México, los agricultores intercambian constantemente pequeños lotes de semilla de maíz, tanto en su región como con regiones alejadas. Aunque de alcance limitado, estos intercambios han llegado a ser parte integral del cultivo local de maíz, puesto que pueden proporcionar la semilla para sembrar en cualquier época del año y porque ayudan a introducir nueva diversidad en la variedad criolla existente (Louette *et al.*, 1997). La práctica de los agricultores de intercambiar lotes de semilla de variedades denominadas iguales, con la intención de "renovar" su semilla, ha sido común allí y en otros estudios (Almekinders *et al.*, 1994; Sperling *et al.*, 1996; Wood y Lenné, 1997). A la luz de esta práctica, la estructura de la diversidad genética de las poblaciones de variedades criollas es muy diferente si se consideran un campo, una comunidad o aldea, o toda una región.

6.3.1 Almacenamiento de semillas en la finca

El equipo y los métodos de almacenamiento de las semillas pueden determinar la vulnerabilidad de las semillas a plagas, enfermedades y deterioro fisiológico, situación que afecta la cantidad y calidad de las semillas disponibles para la siguiente temporada de siembra. Por ello, las condiciones en que se almacena la semilla actuarán como una fuerza selectiva sobre el lote de semillas, ya que la semilla mejor adaptada a esas condiciones tiene mayor probabilidad de sobrevivir hasta la próxima época de siembra; esta situación puede tener efectos, con el tiempo, en la diversidad genética de las poblaciones de la especie. Cuando se traten temas relacionados con la selección de semillas y las prácticas de almacenamiento, también es importante saber quién es la persona o entidad responsable de esas tareas.

Ejemplo: Sistema de almacenamiento de semillas en Kaïn, Norte de Yatenga, en Burkina Faso

Las panículas de sorgo y mijo y las mazorcas de maíz se almacenan en graneros. Se emplean especies de la localidad, entre ellas *Cissus quadrangularis*, *Sansevieria senegambica*, *Hyptis spicigera* y *Cassia migricans*, para proteger los granos de las plagas de almacén. Las plantas frescas de esas especies se maceran, se mezclan con agua y se esparcen en el granero antes de almacenar el grano. Los residuos de la almendra 'shea' se usan también para proteger la semilla de las plagas. Además, acostumbran mezclar el grano con ceniza y almacenarlo en recipientes. Este proceso se lleva a cabo temprano en la mañana o al atardecer, sin luz natural. Las mujeres embarazadas o en menstruación no toman parte en el proceso. Las fotografías que se incluyen ilustran estos sistemas de almacenamiento de semillas: Foto 1: granero con techo de arcilla; Foto 2: granero con techo de paja y con sacos de semillas colgando afuera; Foto 3: granero con residuos de almendra 'shea' visibles en la pared; Foto 4: "dogon", recipiente de 40 a 50 años, que almacena 50 kg de grano; Foto 5: recipiente para almacenar semillas de cacahuete (maní); Foto 6: tres recipientes diferentes para almacenar semillas (el recipiente pequeño contiene ceniza).

(Contribución de Madibaye Djimadoum)

1



2



3



4

5

6



Recipientes modernos, como las botellas de esta foto, también se usan con métodos tradicionales para almacenar diferentes tipos de semilla con ceniza y protegerla de las plagas; la foto fue tomada en Vietnam.

6.4 Medidas que vinculan a los sistemas de semillas con otros factores

En el Capítulo 2 se trataron las relaciones entre los factores sociales, económicos y culturales, y la conservación de la diversidad en los campos de los agricultores. Las características de la unidad familiar como el nivel de riqueza, la mano de obra disponible, el tamaño de la propiedad, la educación, el género o la etnia pueden desempeñar un papel en las decisiones de los agricultores con respecto al uso de sus propias semillas o de semillas que piden prestadas, que intercambian o que compran. Es importante que, cuando se reúnan los datos sobre los hogares, se recopile también información sobre el sistema de semillas (ver recuadro).

Información que se debe recolectar sobre el(los) sistema(s) de semillas

Origen de la semilla

Semilla propia (%)

Semilla adquirida en la comunidad (%)

Semilla introducida de fuera de la comunidad (%) y sitio de procedencia, si se conoce

Intercambio de semilla

Dentro de una familia extensa

Entre agricultores dentro de una comunidad

Con agricultores de otras comunidades

Selección de la semilla para el siguiente ciclo (Capítulo 4)

Persona que selecciona (hombre/mujer, edad, otro dato)

Parcela dedicada solamente a la producción de semilla

Extraída de toda un área sembrada (a la cual representa)

Extraída de un área específica del campo

Escala de selección (Capítulo 4)

De mazorcas o panículas

De granos

Tiempo de selección (Capítulo 4)

Antes de la cosecha, considerando también los caracteres vegetativos

Después de la cosecha, basándose en los órganos reproductivos

Ejemplo: Nivel de riqueza y suministro de semilla en una comunidad de Nepal

La investigación sobre el suministro de semillas que hizo el proyecto de conservación en fincas del IPGRI en Nepal reveló que el sistema de suministro de semillas de arroz difiere significativamente entre unidades agrícolas familiares de diferente nivel de riqueza. Mientras la mayoría de los agricultores intercambian habitualmente lotes de semilla o cultivares, las familias de riqueza alta tienen acceso a variedades mejoradas a través de los canales formales, y también acuden a sus parientes. Los agricultores pobres, por su parte, tienen que depender de lo que puedan adquirir de sus vecinos para satisfacer su demanda externa de semilla. Los agricultores de estratos altos, intermedios y bajos difieren también en las formas de transacción con que adquieren la semilla, ya sea mediante el intercambio de semilla de arroz por otra semilla de arroz, el trueque de arroz grano por arroz semilla, o el regalo de semilla de arroz que se da o se recibe.

Fuente: Baniya *et al.*, 2000

Cálculo comparativo del suministro de semilla de arroz (kg) en las unidades familiares de Begnas, 1999

Fuente de semilla	Niveles de riqueza			Total	
	Alto	Medio	Bajo	Cantidad	%
Variedades criollas propias	215	173	184	572	68
Variedades criollas de un vecino	-	-	10	10	1
Variedad mejorada propia	142	91	12	146	29
Variedad mejorada de un vecino	-	-	5	5	1
Variedad mejorada de un pariente	10	-	-	10	1
Otras variedades mejoradas	1	-	-	1	-
Total	368	264	211	843	100

6.4.1 Sistemas de semillas y conjunto de datos para la afiliación parcial

En algunos casos, las estadísticas clásicas, como la regresión múltiple (ver Capítulo 2) o la ordenación (Capítulo 3), pueden ser útiles para aclarar las correlaciones que existen entre los sistemas de semillas y otros factores. Muchas veces, sin embargo, puede suceder que los datos recibidos de los sistemas de semillas sean imprecisos o que las familias tengan sólo una afiliación parcial a una fuente particular de semillas o a un sistema especial de intercambio de semillas. Un método de análisis organizado para manejar un conjunto de datos imprecisos –como el porcentaje de la fuente o del origen de la semilla– que tolera la pertenencia parcial de un dato es la lógica borrosa o imprecisa (en inglés fuzzy logic), en que los grupos parciales o imprecisos se denominan conjuntos borrosos (Baldwin, 1981). Este método maneja los datos que no pueden pertenecer completamente ni a un grupo ni al otro. A los grupos diferentes se les asignan diferentes porcentajes de pertenencia, que van desde la completa pertenencia (p.e., siempre usa su propia semilla), pasando por la pertenencia parcial (p.e., 30% de las veces usa su propia semilla) hasta la pertenencia nula (p.e., nunca usa su propia semilla).

Sitios de Internet para informarse sobre la lógica borrosa (fuzzy logic)

Enseñanza tutorial, referencias y programas para usar la lógica borrosa pueden encontrarse en los siguientes sitios:

<http://www.austinlinks.com/Fuzzy/tutorial.html>

<http://www.eng.rpi.edu/dept/env-energy-eng/WWW/FUZZY/title.html>

<http://www.geocities.com/SiliconValley/lakes/6007/Fuzzy.htm>

<http://www.realtime-info.be/encyc/techno/terms/80/36.htm>

6.5 El sistema de semillas y el tamaño efectivo de una población

Los sistemas de semillas nos dan una indicación del número de plantas, en espacio y tiempo, que han participado genéticamente en la composición de una variedad del agricultor. El tamaño efectivo de la población (N_e) es una medida del número de plantas de la generación anterior que han proporcionado la semilla de la presente generación. Para obtener una imagen clara del N_e y del origen de las plantas progenitoras, se necesitará información sobre el manejo de la variedad cultivada, desde la cosecha hasta la siembra. Por ejemplo, ¿se separan (o marcan) las plantas que constituyen la semilla de la siguiente época de cultivo? ¿Los lotes de semilla provenientes de diferentes campos, agricultores o localidades, se combinan antes de la siembra?

La constitución genética de una variedad y el tamaño efectivo de una población están influenciados por dos factores: el intercambio de semilla entre agricultores, comunidades o regiones, y la mayor o menor mezcla, deliberada o accidental, que hagan los agricultores de la semilla intercambiada o de la progenie. La supervivencia de las semillas y de las plántulas garantiza el almacenamiento, la germinación y la emergencia de las poblaciones, y tendrá también efectos significativos en la constitución genética de la siguiente generación. Las diferencias entre los progenitores de la semilla respecto a su contribución a las variedades de los agricultores se pueden medir como diferencias en el valor reproductivo (Capítulo 5).

Para obtener una mejor comprensión de las características o composición genética de una variedad, es deseable combinar varios análisis de poblaciones o de componentes individuales. Se incluyen aquí los análisis y enfoques de **metapoblaciones**, que fueron descritos por Hanski y Gilpin (1996) y empleados por Louette (2000). Este enfoque supone que "las poblaciones están estructuradas espacialmente en conjuntos de poblaciones locales aptas para el mejoramiento, y que la migración entre las poblaciones locales tiene algún efecto en la dinámica local, incluyendo la posibilidad de que una población se restablezca después de haberse extinguido (Hanski y Simberloff, 1997:6)".

Conocer el tamaño efectivo de las poblaciones, mediante la comprensión de la magnitud del sistema de suministro de semilla y de la diversidad que representa, será decisivo para quienes toman decisiones sobre la dimensión espacial del manejo. Este punto se discutirá en el Capítulo 9, que trata del uso de la información para elaborar planes de acción.

6.6 El sistema de suministro de semillas y las iniciativas políticas

Un sistema sólido de suministro de semillas permite que los agricultores mantengan un alto nivel de biodiversidad en el tiempo, a pesar de las pérdidas de semilla de reserva, de los cuellos de botella y de otras pérdidas periódicas o imprevistas de diversidad fitogenética. El fortalecimiento del sistema informal de suministro de semillas serviría para promover la conservación en fincas de las variedades locales y para responder a la mayor parte de la demanda de semilla que hacen los agricultores a causa de su pobreza, de la calidad de la semilla y de los cambios de variedad. Un sistema sólido de suministro de semillas

fomentaría el uso de la diversidad al tiempo que satisfará la demanda al agricultor por ciertos tipos de semilla. Vincular los sectores formal e informal de semillas servirá también para incrementar el acceso de los agricultores a la nueva diversidad de las especies cultivadas.

En el Capítulo 10 se discuten asuntos de política y otras iniciativas que podrían ayudar a los sistemas de semillas a mantener o incrementar la diversidad de las especies cultivadas. Es necesario responder varias preguntas clave, tanto en el plano nacional como en el local, para que las respuestas contribuyan a que los programas nacionales propongan recomendaciones de política agrícola que apoyen los sistemas de semillas que mantienen esa diversidad (IPGRI, 1999).

Preguntas clave para quienes toman decisiones

En el ámbito nacional:

- ¿Qué clase de industria nacional de semillas existe?
- ¿Qué tipo de mejoramiento del sector público existe?
- ¿En qué forma la legislación nacional afecta el sistema de suministro de semillas?

En el ámbito local:

- ¿Cuáles son las fuentes locales de semilla y cuáles los mecanismos de difusión?
- ¿Cuál es la velocidad y la eficacia de estos mecanismos?
- ¿Cuál es la frecuencia de adquisición de la semilla y las razones para adquirirla?
- ¿En que proporción los agricultores emplean semilla de sus campos, la adquieren de una fuente informal o de una fuente formal?
- ¿Los experimentos que hace el agricultor estimulan el uso y la difusión de nuevas y diversas variedades?
- ¿Tienen los agricultores acceso adecuado a variedades apropiadas de semilla para reemplazar lotes perdidos por desastres o por fracasos en la cosecha?
- ¿Hay agricultores o comunidades que producen semilla y satisfacen la demanda de la comunidad y de la región?
- ¿Cómo afectan las diferencias culturales el uso de las semillas y el acceso a ellas?
- ¿Cómo afectan las diferencias de movilidad social (p.e., el intercambio entre tribus) el uso de la semilla y el acceso a ellas?
- ¿Cómo afectan las diversas condiciones económicas y de acceso a los mercados el acceso del agricultor a las semillas?

6.7 Referencias

- Almekinders, C.J.M., N.P. Louwaars y G.H. de Bruijn. 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78:207-216.
- Baldwin, J.F. 1981. Fuzzy logic and fuzzy reasoning. Pp. 113-148 in *Fuzzy Reasoning and Its Applications* (E.H. Mamdani y B.R. Gaines, eds.). Academic Press, Londres.
- Baniya, B.K., A. Subedi, R.B. Rana, C.L. Paudel, S.P. Khatiwada, D.K. Rijal y B.R. Sthapit. 2000. Seed supply systems: data collection and analysis. Nepal. Pp. 159-164 in *conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.

- Bellon, M.R. y M. Smale. 1998. A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources, CIMMYT Economics Programme Working Paper. CIMMYT, México D.F.
- Bellon, M.R. y S.B. Brush. 1994. Keepers of the maize in Chiapas, México. *Economic Botany* 48:196-209.
- Bellon, M.R., J.-L. Pham y M.T. Jackson. 1997. Genetic conservation: a role for rice farmers. Pp. 261-289 in *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Cromwell, E. 1996. The seed sector in perspective. Pp. 8-25 in *Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa* (E. Cromwell, ed.). CAB International, UK.
- Cromwell, E.A., E. Friis-Hansen y M. Turner. 1992. The seed sector in developing countries: a framework for performance analysis. ODI Working Paper No. 65. Overseas Development Institute, Londres.
- Ellis, E.C. y S.M. Wang. 1997. Sustainable traditional agriculture in the Tai Lake Region of -China. *Agriculture Ecosystems & Environment* 61:177-193.
- Ellis, E.C., R.G. Li, L.Z. Yang y X. Cheng. 2000. Long-term change in village-scale ecosystems in China using landscape and statistical methods. *Ecological Applications* 10(4):1057-1073.
- Hanski, I.A. y M.E. Gilpin. 1996. *Metapopulation biology: Ecology, genetics and evolution*. Academic Press, Londres.
- Hanski, I. y D. Simberloff. 1997. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. Pp. 5-26 in *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution* (Ilkka Hanski y Michael Gilpin, eds.). Academic Press, Inc., San Diego, CA.
- IPGRI. 1999. Key questions for decision-makers. Protection of plant varieties under the WTO agreement on trade-related. Aspects of intellectual property rights. Decision Tools, October 1999. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Louette, D. 2000. Traditional management of seed and genetic diversity: what is a landrace? Pp. 109-142 in *Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity* (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Louette, D., A. Charrier y J. Berthaud. 1997. In situ conservation of maize in México: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51(1):20-38.
- Maredia, M. y J. Howard. 1998. Facilitating seed sector transformation in Africa: Key findings from the literature. FS 11 Policy Synthesis No. 33, USAID, Washington, and Michigan State University, East Lansing, USA.
- Morris, M.L., J. Risopoulos y D. Beck. 1999. Genetic change in farmer-recycled maize seed: A review of the evidence. CIMMYT Economics Working Paper No. 99-07. CIMMYT, México, D.F.
- Ortega-Paczka, R., L. Dzib-Aguilar, L. Arias-Reyes, V. Cob-Vicab, J. Canul-Ku y L.A. Burgos. 2000. Seed supply systems: data collection and analysis. México. Pp. 152-154 in *Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture* (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Rice, E., O. Erenstein y L. Godínez. 1998. The farming systems of the Texizapan watershed, Sierra de Santa Marta, Veracruz, México. CIMMYT NRG Copublication 98-01, vi, 32 p. CIMMYT / PSSM, México, DF (México).
- Richards, P. y C. Ruivenkamp. 1997. *Seeds and survival: Crop genetic resources in war and reconstruction in Africa*. IPGRI, Roma, Italia.
- Sperling, L., U. Scheidegger y R. Buruchara. 1996. Designing seed systems with small farmers: Principles derived from bean research in the Great Lakes region of Africa. *Agricultural Research and Extension Network Paper No. 60*. Overseas Development Agency, Londres.
- Tripp, Robert. 2000. Strategies for seed system development in sub-Saharan Africa: a study of Kenya, Malawi, Zambia and Zimbabwe. Working Paper No. 2, Socio-Economic Policy Program. ICRISAT, Patancheru, India. (in press)

Wood, D. y J.M. Lenné. 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm: questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6:109-129.

6.8 Lectura recomendada

Cromwell, E. 1996. The seed sector in perspective. Pp. 8-25 *in* Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa (E. Cromwell, ed.). CAB International, UK.

Louette, D. 2000. Traditional management of seed and genetic diversity: what is a landrace? Pp. 109-142 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

Louette, D., A. Charrier y J. Berthaud. 1997. *In situ* conservation of maize in México: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* :51(1)20-38.

Tripp, R. 2000. Strategies for seed system development in sub-Saharan Africa: a study of Kenya, Malawi, Zambia and Zimbabwe. Working Paper No. 2, Socio-Economic Policy Program. ICRISAT, Patancheru, India. (in press)

Valdiva, R., E. Huallpa, V. Choquehuanca y M. Holle. 1995. Monitoring potato and oxalis varieties in mixtures grown on-farm family fields in the Tititcaca Lake Basin, Peru, 1990-95. Pp. 144-159 *in* Participatory Plant Breeding, Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.

Capítulo 7 Desarrollo de una iniciativa de conservación en fincas

Con la colaboración de:

*L.M. Arias-Reyes, Z. Asfaw, D. Balma, A. Birouk, J.L. Chávez-Servía, A. Demissie, I. Mar, H. Mellas, J. Ndung'u-Skilton, R. Sevilla-Panizo, A. Subedi, L.N. Trinh, M.P. Upadhyay y D. Williams)*¹

7.0	Objetivos del capítulo	126
7.1	Marco de referencia institucional para implementar la conservación en fincas	126
7.2	¿Quién está involucrado?	126
7.3	Enlaces institucionales	128
7.3.1	Colaboración: trabajo solidario en equipos multidisciplinares	128
7.3.2	Coordinación: comunicación y redes de trabajo efectivas	129
7.3.3	Posibles obstáculos en la colaboración	129
7.4	Establecer el marco colaborativo de trabajo del proyecto	129
7.4.1	Memorando de entendimiento	129
7.4.2	Desarrollar una colaboración con comunidades de agricultores	130
7.4.3	Tomar el tiempo necesario para desarrollar el sistema de trabajo	131
7.5	Fortalecimiento del esquema nacional de conservación en fincas mediante la capacitación y la equidad	132
7.5.1	Capacitación	132
7.5.2	Equidad en la participación y en la toma de decisiones	132
7.6	Referencias	135
7.7	Lectura recomendada	135

¹Créditos para las fotografías: Pp. 127, 133: D. Jarvis; p. 131: N.P. Ha.

7.0 Objetivos del capítulo

Al final de este capítulo, el lector comprenderá:

- Qué socios necesita involucrar en los programas nacionales de conservación en fincas y las posibles funciones de importancia que tendrán
- Cómo formar y mantener enlaces efectivos entre socios, en todos los niveles
- Cómo la capacitación y la equidad pueden fortalecer la capacidad nacional para conservar en fincas.

7.1 Marco de referencia institucional para implementar la conservación en fincas

Aunque gran parte de esta guía se concentra en tópicos muy técnicos, el desarrollo y la conducción de un programa de conservación en fincas requieren algo más que recursos y experiencia competente para recolectar e interpretar datos de investigación. Se necesita también la asociación entre varios individuos e instituciones. Aunque pueden pasarse por alto fácilmente, estos aspectos colaborativos son un elemento fundamental en el éxito de una iniciativa de conservación en fincas. El presente capítulo trata sobre los diversos socios colaborativos que se involucran, los tipos de relaciones que se necesitan, y la forma en que se pueden compartir los beneficios y las responsabilidades.

7.2 ¿Quién está involucrado?

Diferentes tipos de instituciones participarán en el trabajo de conservación en fincas y en distintos niveles. La ***diversidad institucional*** es necesaria porque, entre otras cosas, cada tipo de organización tiene un conjunto único de capacidades y solamente combinando estas habilidades es posible orientar adecuadamente la labor compleja de la conservación en fincas. Esa diversidad comprende:

- **Agricultores.** Siendo los agricultores quienes llevan a cabo la conservación en fincas, su participación es fundamental para el éxito del programa.
- **Organizaciones de agricultores.** Estas organizaciones serán importantes actores en la conservación en fincas porque representan los intereses de los agricultores.
- **Organizaciones comunitarias de base (OCB).** Las OCB pueden dar un apoyo local a las iniciativas de conservación mediante la representación y la movilización de comunidades locales diferentes a la del agricultor. La capacidad de las OCB puede fortalecerse para ejecutar actividades relacionadas con el reconocimiento público, con las redes de mercado y con las fuentes de información en materia de recursos fitogenéticos.
- **Organizaciones no gubernamentales (ONG).** Las ONG pueden ayudar a representar intereses locales, regionales o nacionales. Estas organizaciones varían enormemente en sus capacidades y en el apoyo que prestan; algunas son organizaciones técnicas, otras actúan como defensoras de los derechos de la comunidad o de la conservación del medio ambiente.
- **Institutos nacionales de investigación.** Los institutos privados, públicos o paraestatales pueden estar enfocados hacia la conservación o el desarrollo. Los centros nacionales de recursos fitogenéticos (CNRFG), que supervisan el trabajo de conservación, son generalmente los puntos focales de los programas de conservación.
- **Ministerios.** En algunos casos, los CNRFG u otras instituciones que trabajan con los Ministerios o Departamentos de Agricultura o con los Ministerios del Ambiente pueden hacer importantes contribuciones a un equipo dedicado a la conservación en fincas.

- **Institutos internacionales.** Las instituciones internacionales pueden dar asesoría técnica y apoyo político a las iniciativas sobre conservación en fincas. Por su carácter mundial estas instituciones pueden ser de gran ayuda para identificar y coordinar varias iniciativas.

Más allá de su contribución técnica, la participación de un gran número de instituciones tiene el efecto adicional de equilibrar las necesidades de las diversas partes involucradas. Por ejemplo, un proyecto dominado por conservacionistas puede fallar por darle prioridad al bienestar de los agricultores, en tanto que un proyecto dominado por trabajadores del desarrollo agrícola puede poner menos énfasis en la conservación. Mediante la incorporación de múltiples perspectivas en una iniciativa, es posible llegar a un equilibrio de objetivos y de direcciones sobre las necesidades de todas las partes incluidas.



Agricultores reunidos con un equipo multidisciplinario y multi-institucional de trabajadores al servicio del desarrollo, científicos de las ciencias sociales y biológicas, y asesores de política nacional, en la región de Azilal, en Marruecos.

Una iniciativa de conservación en fincas será exitosa si une el trabajo de un buen número de socios colaboradores con objetivos diversos. Cuando se equilibran las diferentes perspectivas de estos socios, es posible orientar simultáneamente las diversas necesidades de los conservacionistas, los ambientalistas, y los que trabajan en el desarrollo social y económico;

Para los *conservacionistas* y los *mejoradores*, el objetivo puede ser mantener o incrementar el valor genético de los materiales con el fin de garantizar una adecuada diversidad para los futuros trabajos que procuran mejorar el rendimiento, el estrés ambiental, los cambios en adaptación a nuevas plagas y enfermedades, y la agricultura intensiva debida al incremento demográfico y a los cambiantes sistemas ambientales (Frankel *et al.*, 1995; Gollin y Smale, 1999).

Para los *ecologistas*, la conservación *in situ* en fincas es importante como método para mantener los sistemas de manejo de los cultivos locales para la sostenibilidad de los servicios del ecosistema y para salud del agroecosistema, en cuanto moderan el efecto de invernadero, aseguran los procesos de formación de suelos, reducen la contaminación de los mantos acuíferos y de otras emisiones de contaminantes, y restringen la diseminación de las enfermedades de las plantas (Goodland, 1995; Vandermeer, 1995; Costanza *et al.*, 1997; Finckh y Wolfe, 1997).

Para los *trabajadores del desarrollo*, las organizaciones comunitarias de base y los agricultores, el objetivo es incrementar el valor económico para salvaguardar la seguridad alimentaria local, incrementar los ingresos, y desarrollar y fortalecer las organizaciones sociales con el fin de hacer a los agricultores y a las comunidades locales concientes de sus capacidades de decisión (Mushita, 1993; Tanedo y Haugen, 1993; Bellon, 1996; Vazzana, 1996; van Oosterhout, 1996).

Por otro lado, *un gobierno nacional* puede interesarse en la conservación *in situ* en fincas como un método para preservar una herencia nacional a la que puede acceder y usar o como una forma de asegurar la estabilidad social (Goodland, 1995; Balma, 1997; Maheswari, 1997).

Adaptado de Jarvis, 1999

Los proyectos del IPGRI sobre conservación *in situ* en fincas

Los proyectos del IPGRI son manejados y administrados por los programas nacionales de recursos fitogenéticos de cada país. La estructura administrativa y de manejo de un proyecto de éstos, en cada país, involucra a múltiples institutos, disciplinas y partes interesadas en este campo, por lo que es intrínsecamente compleja. La participación de los países en la primera etapa del proyecto apoyado por el IPGRI implicó la formación de comités nacionales multidisciplinarios y multi-institucionales de asesores, encabezados por un coordinador nacional de proyecto y por un grupo de participantes activos de las instituciones del sector formal y de las ONG, así como otros participantes del sector informal. El Comité Nacional de Asesores sirve de orientador institucional en la coordinación y en el seguimiento de las actividades del proyecto de dos maneras: aporta su apoyo técnico para lograr la integración de la iniciativa en los programas nacionales, y aprueba los planes y los informes que presentan los niveles regionales y globales de manejo del proyecto. Además, dentro del Comité Nacional de Asesores, se han establecido grupos técnicos de trabajo en ciencias biológicas y en ciencias sociales, así como en extensión rural y en capacitación. En suma, el comité suministra el respaldo técnico, la supervisión y el seguimiento a las actividades del proyecto. Los grupos de trabajo son muy concientes de la importancia del papel de ambos géneros en esta actividad, tanto en la representación de hombres y mujeres en la investigación y en la dirección de equipos como en la obtención de información desagregada de agricultores, sean éstos hombres o mujeres. Los grupos técnicos de trabajo están también apoyados por un Panel de Asesores Técnicos del proyecto mundial del IPGRI.

7.3 Enlaces institucionales

Un gran número de instituciones serán capaces de llevar a cabo un proyecto de conservación en fincas si pueden trabajar en conjunto. Estos vínculos institucionales son los que hacen que la conservación en fincas, como cualquier tarea compleja, funcione con efectividad. Los aspectos más importantes de estas relaciones son la colaboración en los equipos multidisciplinarios, la comunicación efectiva y la habilidad para negociar las adversidades.

Esta estructura de manejo debe establecerse en el plano global, en el nacional y entre los trabajadores de campo. Debe institucionalizarse un proceso de planeación participativa en áreas temáticas para favorecer y fortalecer la acción de los equipos de trabajo, ya que tales equipos de conservación en fincas son multidisciplinarios y multi-institucionales. El resultado de una exitosa vinculación implicará interconexiones entre los programas de las ciencias biológicas y sociales en los institutos y en las universidades, mejores vínculos entre las instituciones formales e informales y los agricultores, y fortalecimiento de las instituciones de la comunidad para el manejo de la biodiversidad.

7.3.1 Colaboración: trabajo solidario en equipos multidisciplinarios

Se necesita un gran sentido de colaboración entre los participantes de los equipos multidisciplinarios para poder asegurar que cada socio haga contribuciones apropiadas a los esfuerzos del grupo. La colaboración se establece como un equipo de trabajo en el que todos los socios entienden los propósitos generales del equipo –hacer una labor efectiva de conservación en fincas– así como el papel que desempeña cada individuo o institución –hacer una contribución específica a la investigación, participación de la comunidad, etc. En todo caso, debe existir un buen sentido de trabajo en grupo entre los socios desde el inicio del proyecto. Muchas veces es preciso construir una efectiva colaboración dentro de un grupo, lo que puede lograrse, en parte, proporcionando a cada socio colaborador el respeto

mutuo y la suficiente autonomía que le permitan desempeñar una posición clara en el desarrollo y en los resultados del proyecto.

7.3.2 Coordinación: comunicación y redes de trabajo efectivas

Cuando hay diversidad en el equipo, la coordinación efectiva es vital para lograr que cada institución y cada individuo compartan los avances y los obstáculos con todo el grupo. Un medio común para lograr esa coordinación es mediante el establecimiento de rutas sistemáticas de comunicación o redes. Las redes pueden funcionar a través del correo electrónico, aunque pueden usar cualquier medio de comunicación, y puede operar directamente con cada institución involucrada (una red descentralizada) o canalizando todas las comunicaciones a través de un secretaría central (una red centralizada). Las redes son una manera útil de compartir experiencia y de hacer preguntas, de hacer avanzar las metas de un grupo multidisciplinario, y de usar con eficiencia recursos limitados (Starkey, 1997).

7.3.3 Posibles obstáculos en la colaboración

Dada la complejidad que encierra un proyecto de conservación en fincas, los retrocesos son inevitables. Los problemas –catalogados como retrasos o desacuerdos entre los socios– son elementos que ponen a prueba el espíritu de colaboración de un grupo multidisciplinario y su capacidad para la comunicación efectiva. La habilidad para resolver los posibles conflictos, de mayor o menor grado, a tiempo y en la forma apropiada es un signo de que el grupo está funcionando como debe ser. En realidad, la superación de tales obstáculos ayuda muchas veces a promover una colaboración más estrecha en el equipo y le permitirá comunicarse más efectivamente.

7.4 Establecer el marco colaborativo de trabajo del proyecto

No todas las instituciones están acostumbradas a trabajar en un ambiente multi-institucional y multidisciplinario y, en muchos casos no existe este tipo de estructura de colaboración. En tales circunstancias hay que considerar que se necesita tiempo y energía para desarrollar el marco colaborativo de un proyecto. La jerarquía y la burocracia administrativa involucradas en este proceso pueden ser engorrosas y pueden consumir mucho tiempo. Un esfuerzo consciente se puede requerir para obtener apoyo político y facilidades para el proyecto, a través de una serie de reuniones de alto nivel con quienes diseñan las políticas. Inicialmente, las actividades con que se logra este apoyo podrían emplear tanto tiempo como las otras actividades del proyecto; sólo así se obtiene un resultado relevante puesto que todos los institutos formales y no formales quedarán satisfechos respecto a sus responsabilidades y a sus beneficios, tanto en el plano científico como en el financiero y en el administrativo.

7.4.1 Memorando de entendimiento

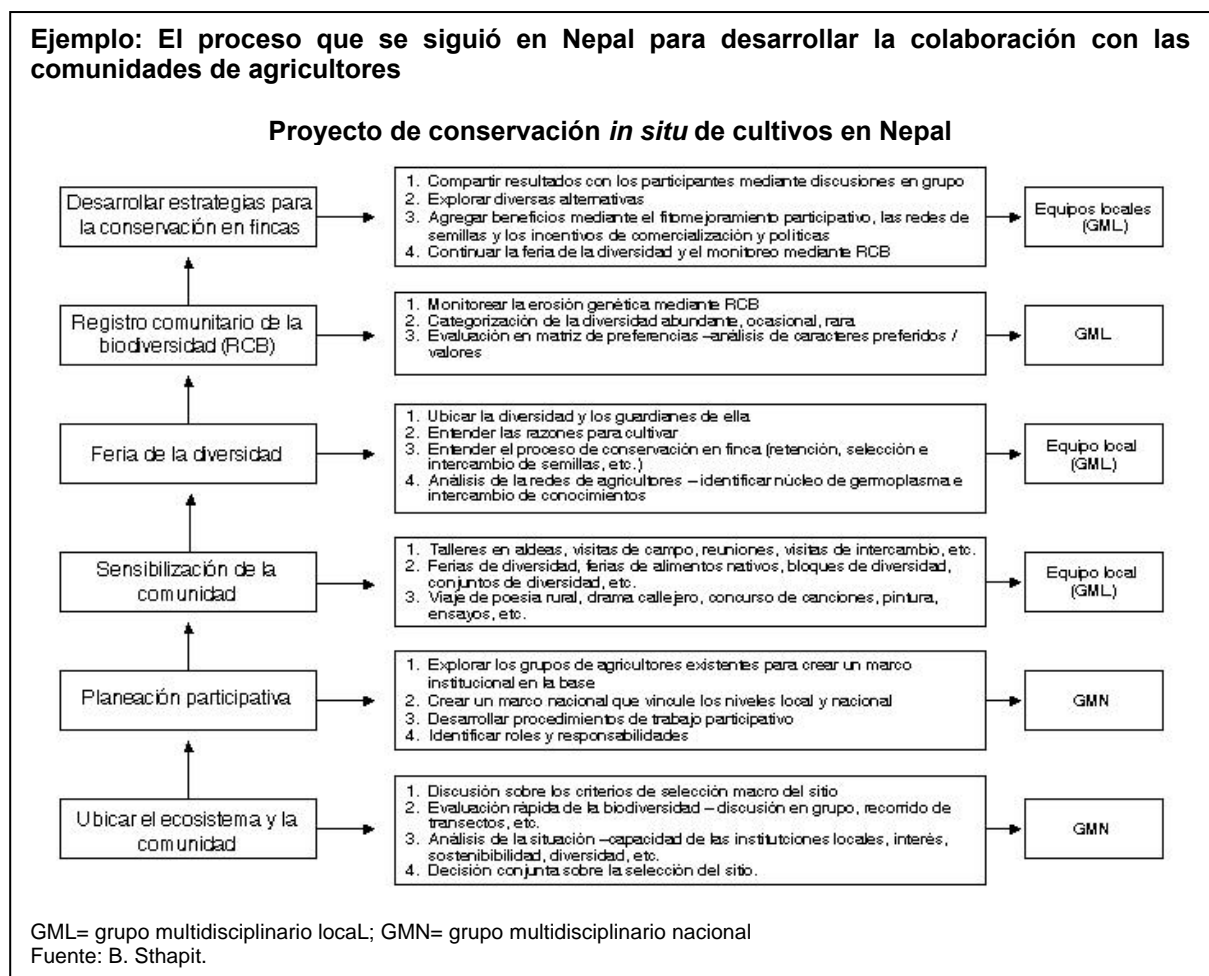
Para desarrollar un esquema o marco de manejo colaborativo, los institutos que se asocian necesitarían formalizar las asociaciones colaborativas con otras instituciones nacionales e internacionales mediante un memorando o carta de entendimiento. Aunque los memorandos de entendimiento consumen tiempo en su desarrollo y requieren de una amplia aprobación, son herramientas útiles para formalizar acuerdos de cooperación. Los memorandos de entendimiento son desarrollados por las instituciones involucradas y llevan firmas de funcionarios de niveles altos; en ellos se estipulan las circunstancias y condiciones bajo las cuales funcionará la cooperación acordada. Un memorando de entendimiento puede ser firmado por uno o varios institutos de un país, o por una organización internacional y un instituto nacional, y en él se establece que un instituto nacional acepta entrar en

colaboración con otros institutos nacionales. Los memorando de entendimiento son muy importantes en los países donde los que manejan los niveles superiores pasan frecuentemente de una posición a otra, ya que esta forma de operación sirve para que la institución, más que el individuo administrador, sea quien aporte la continuidad y el compromiso.

7.4.2 Desarrollar una colaboración con comunidades de agricultores

Un esquema o marco de colaboración supone el incremento de los vínculos que unen a los agricultores con los bancos de germoplasma, que son la institución central de muchos CNRFG. Esta conexión tiene dos sentidos y en ella cada parte (el banco de germoplasma y los agricultores locales) recibe recursos invaluable de la otra. Los agricultores participan en un programa de conservación en fincas por el hecho de que tienen la capacidad de conservar más material genético que muchos bancos de germoplasma. Los agricultores aportan germoplasma de sus campos, incluyendo en esta aportación los productos del mejoramiento participativo y los híbridos que se formaron con los parientes silvestres o las malezas, porque permiten que los recolectores *ex situ* tengan acceso al nuevo material. Los agricultores también pueden ayudar en la caracterización y evaluación del material genético y aportar el conocimiento local sobre el manejo y uso de variedades particulares. La sensibilización de la comunidad es un paso integral en el proceso de implementación de un programa de conservación en fincas, y ésta se discutirá más adelante, en el Capítulo 8. Además, las técnicas de investigación participativa (presentadas también en el Capítulo 8) deben garantizar que los intereses de los agricultores sean tomados en cuenta por los objetivos de la investigación.

Ejemplo: El proceso que se siguió en Nepal para desarrollar la colaboración con las comunidades de agricultores



Ejemplo: Establecimiento del marco colaborativo del proyecto en Vietnam

Reunión participativa en Hanoi del equipo de conservación *in situ* en fincas de Vietnam. Los miembros de las comunidades participantes, los extensionistas del distrito y los programas de investigación nacional se reúnen para discutir los avances y la dirección futura del proyecto.



7.4.3 Tomar el tiempo necesario para desarrollar el sistema de trabajo

Poner a punto la estructura administrativa y de manejo de proyectos complejos como los descritos es una tarea que consume tiempo, y en la prisa por asegurar el financiamiento del proyecto el tiempo sería un recurso limitado. Muchas veces ocurre que los proyectos son desarrollados por unas cuantas personas que representan a unos pocos del total de interesados en el área de la conservación en fincas, y éstos esperan que, una vez asegurado el financiamiento, el proyecto se “explicará” a los demás interesados en esta área. Con frecuencia, no se da el tiempo necesario a la fase de explicación de los objetivos y del valor del proyecto a los otros miembros del mismo. El resultado es que algunos de los que tienen intereses y toman decisiones en esta área no sentirían ninguna relación de pertenencia respecto al trabajo en que se les ha solicitado participar. Los diseñadores y los patrocinadores de un proyecto están generalmente bajo enorme presión para lograr que un proyecto se inicie y llegue a su meta en los plazos establecidos, pero es importante invertir un poco de tiempo en consultar a quienes tienen intereses en el área y darles tiempo para que entiendan mejor su papel en el proyecto y hagan compromisos informales. Se les debe dar el tiempo que necesiten para entender plenamente las obligaciones que se les ha propuesto asumir, y tiempo suficiente para que ponderen las habilidades individuales y colectivas con que tratarán de cumplirlas. La ausencia de este compromiso bien entendido al comienzo de un proyecto obstaculizará sin duda su implementación.

Invertir tiempo en el desarrollo de asociaciones con el método de PPO

Un enfoque con el cual se superan los problemas de la diversidad de necesidades y objetivos que tienen quienes están interesados en este campo consiste en organizar una serie de reuniones de consulta con todos los socios colaboradores antes de iniciar un proyecto. Estas reuniones sirven para proporcionar un foro en que se establecen los objetivos del proyecto así como las obligaciones y responsabilidad de cada socio colaborador. Todas las preocupaciones o asuntos importantes pueden orientarse durante estas reuniones, lo que ayudará a evitar más tarde confusiones y confrontaciones. Una estrategia para la planeación y el manejo del proyecto, que puede ser efectiva en las reuniones de los socios colaboradores, es la denominada Planificación de Proyectos por Objetivos (PPO, conocida en alemán como ZOPP). Este método, que se emplea para fomentar el análisis y la planificación participativos durante el ciclo de un proyecto, es especialmente efectivo en la planeación del proyecto. El propósito de la PPO es emprender una planeación participativa y orientada por objetivos que amplíe la vida del proyecto o la política de trabajo para desarrollar las capacidades y el compromiso de un equipo. La PPO se adapta fácilmente a la planificación de la conservación en fincas, y ayuda a generar un plan de proyecto en el que cada uno de los participantes colaboradores se compromete con las actividades del mismo. La técnica ideal requiere que los participantes se reúnan en una serie de talleres y juntos tracen los planes y definan las prioridades para la implementación y el seguimiento del proyecto en cuestión. El principal resultado de una sesión de PPO es una matriz de planificación del proyecto, desarrollada en conjunto por los participantes colaboradores que a su vez se comprometen a realizar actividades específicas dentro del plan del proyecto mientras éste dure. Más información sobre la PPO y las matrices de proyecto se encuentra en: <http://www.worldbank.org/html/edi/sourcebook/sba102.htm>

7.5 Fortalecimiento del esquema nacional de conservación en fincas mediante la capacitación y la equidad

El primer paso en el establecimiento del esquema o marco de trabajo nacional para la conservación en fincas es la identificación de los socios colaboradores y la creación de vínculos entre uno y otro, es decir, entre todas las disciplinas, instituciones y organizaciones del sector formal e informal, como se discutió antes. Otros dos aspectos importantes de la creación de un marco de trabajo nacional que logre, a largo plazo y en forma sostenible, investigar y llevar a la práctica la conservación en fincas, son la capacitación y la equidad.

7.5.1 Capacitación

La capacitación es un medio importante para incrementar la capacidad nacional para desarrollar la investigación interdisciplinaria que requiere la conservación en fincas. Al mejorar la capacidad técnica nacional mediante la capacitación del personal masculino y femenino en las áreas de biología de poblaciones vegetales, ecología, biogeografía, biología de la conservación, economía, sociología y antropología, se establecerá una base sólida para desarrollar programas sostenibles de investigación y de conservación. La capacitación debe dirigirse tanto a los agricultores como al personal del proyecto y, cuando sea posible, debe fortalecer la colaboración entre ellos como ocurren con la capacitación sobre enfoques participativos de la investigación y sobre fitomejoramiento participativo.

7.5.2 Equidad en la participación y en la toma de decisiones

Las iniciativas de conservación en fincas deben promover la equidad en todos los niveles del proyecto, desde la participación de los agricultores y la investigación, hasta la toma de decisiones y el manejo del proyecto. La conciencia de las relaciones de género es una

faceta importante de los proyectos nacionales de conservación en fincas, no solamente en la recolección de datos desagregados por género y en la participación de mujeres campesinas en el proyecto sino también en la integración de mujeres y hombres en los equipos de investigación y dirección. El incremento de la participación de mujeres, de las minorías y de agricultores en la toma de decisiones es esencial para incorporar las diversas perspectivas en los objetivos del proyecto, y para que todos los participantes colaboradores sientan que pertenecen al proyecto.



Integración de las mujeres de Nepal en la toma de decisiones, para lograr que las diversas perspectivas se incorporen al manejo de la diversidad cultivada local en el país.

Ejemplo: Enlace entre los agricultores y los bancos de germoplasma de Vietnam

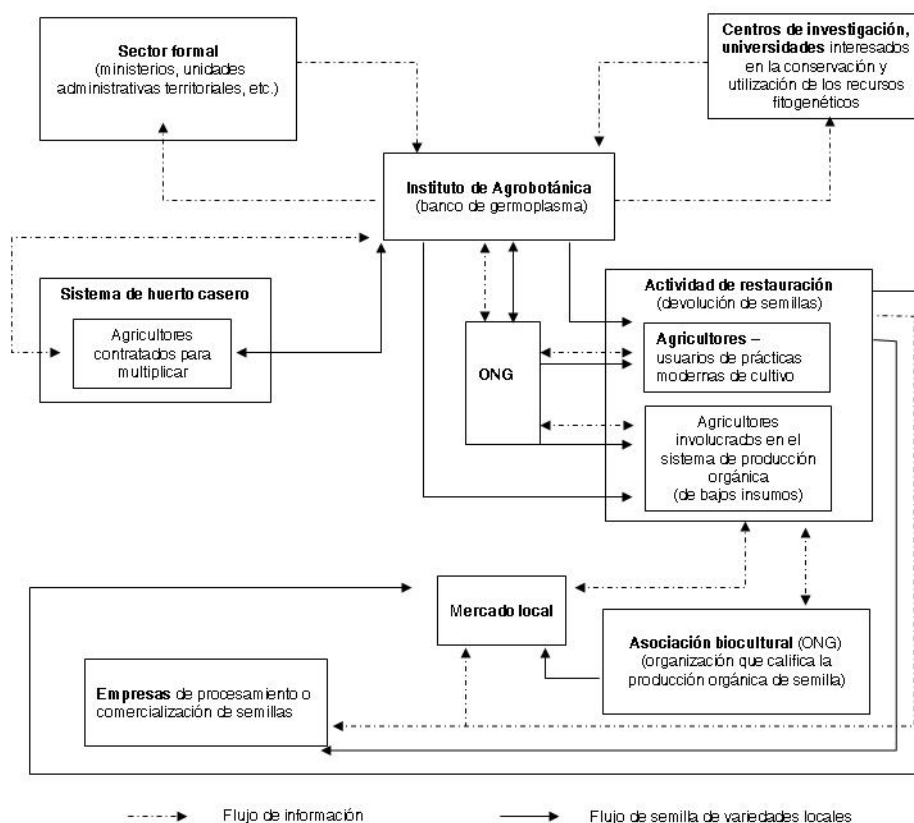
En 1995, la Universidad de Can Tho, apoyada por el International Rice Research Institute (IRRI) y por el Proyecto de Conservación y Desarrollo de la Biodiversidad Comunitaria iniciaron una serie de actividades para crear vínculos de beneficio mutuo entre los agricultores y los bancos de germoplasma nacionales en la región del Delta del Mekong, en Vietnam. Se hicieron diversos estudios en arroz, yuca, camote, maca y jícama (*Pachyrrhizus* spp.). Las actividades incluían el registro de los conocimientos indígenas sobre recursos fitogenéticos y la localización y valoración de la diversidad y de la erosión genética utilizando caracteres isoenzimáticos y agromorfológicos. Los mapas de levantamiento de suelos y de datos meteorológicos se relacionaron con la diversidad local de recursos genéticos cultivados, con el fin de identificar sitios específicos de diversidad cultivada. La selección participativa de variedades y el fitomejoramiento participativo se emplearon para desarrollar variedades con los agricultores según sus preferencias pero con acceso al germoplasma y a las tecnologías de los bancos de germoplasma. En este proceso, el sector del mejoramiento genético formal reconoce la función de los agricultores en el fitomejoramiento y el manejo de los recursos fitogenéticos. Los ensayos en fincas han beneficiado a los mejoradores permitiéndoles evaluar su trabajo en las condiciones reales de campo, y beneficiado a los agricultores a través del incremento en el acceso a la nueva diversidad cultivada. Los agricultores recibieron capacitación en mejoramiento y en las nuevas tecnologías. Estas actividades hicieron posible que los agricultores, los mejoradores, los técnicos y los extensionistas trabajen juntos para el mejoramiento del cultivo en los sistemas agrícolas locales. Esta asociación proporcionó las bases para la implementación y la investigación en la conservación en fincas. En realidad, la Universidad Can Tho ha sido, en Vietnam, uno de los institutos líderes en la implementación de la investigación sobre conservación en fincas.

Fuente: Nguyen Ngoc, 2000

Ejemplo: Marco nacional para implementar la conservación en fincas en Hungría

La estructura nacional de conservación de los recursos fitogenéticos en Hungría, ubicada en el banco de germoplasma del Instituto de Agrobotánica, está implementando la conservación en fincas involucrando nuevos socios como agricultores y ONG. El Instituto de Agrobotánica, que ostenta el mandato para la conservación de los recursos fitogenéticos de Hungría, involucró primero a los agricultores en sus actividades de conservación en 1959 con el programa de *Huertos Caseros*. El programa incorporó a los agricultores en las actividades nacionales de conservación, contratándolos para multiplicar germoplasma de accesiones conservadas *ex situ* en agroecosistemas apropiados para las variedades cultivadas en cuestión. En 1997 se involucró a nuevos socios para ampliar el programa existente y orientarlo hacia la conservación en fincas. Las ONG regionales están vinculando a los agricultores interesados en la reintroducción a largo plazo y en el cultivo de variedades criollas con el Instituto de Agrobotánica, mientras que las universidades y los centros de investigación están estudiando las implicaciones socioeconómicas, agroecológicas y genéticas de la reintroducción. El sector formal (el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Territorial) apoya este marco.

Fuente: Mar, 2000



7.6 Referencias

- Balma, D. 1998. Establishing multidisciplinary groups and project preparation in Burkina Faso. *In* Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for *in situ* conservation on-farm, 25-29 August 1997. IPGRI, Roma, Italia.
- Bellon, M.R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. *Economic Botany* 50:26-39.
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- De, Nguyen Ngoc. 2000. Linking the national genebank of Vietnam and farmers: Experiences from Mekong Delta in Vietnam. Pp. 62-68 *in* Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources (E. Friis-Hansen y B. Sthapit, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Finckh, M. y M. Wolfe. 1997. The use of biodiversity to restrict plant diseases and some consequences for farmers and society. Pp. 203-237 *in* Ecology in Agriculture (L. E. Jackson, ed.). Academic Press, Londres.
- Frankel, O.H., A.H.D. Brown y J.J. Burdon. 1995. The Conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press.
- Gollin, D. y M. Smale. 1999. Valuing genetic diversity: Crop plants and agroecosystems. Pp. 237-265 *in* Biodiversity in Agroecosystems (W. Collins y C. Qualset, eds.). CRC Press, Boca Raton.
- Goodland, R. 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:1-24.
- Jarvis, D. 1999. Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on farm. *Botanica Lithuania Suppl.* 2:79-90.
- Maheswari, J. 1997. Maintenance and conservation of 'heirloom' varieties in Indian agroecosystems. Pp. 309-317 *in* Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources On-farm (L. Sperling y M. Loevinson, eds.). IDRC, Ottawa.
- Mushita, A.T. 1993. Strengthening the informal seed system in communal areas of Zimbabwe. Pp. 85-88 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor y A. Bebbington, eds.). Intermediate Technology Publications, London.
- Starkey, P. 1997. Networking for Development. IFRTD, Londres.
- Tanedo, F. y K. Haugen. 1993. When the farmers take the seeds back. Pp. 25-27 *in* Future. SEARICE, Oslo.
- van Oosterhout, S. 1996. What does *in situ* conservation mean in the life of a small-scale farmer? Examples from Zimbabwe's communal areas. Pp. 35-52 *in* Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources on-Farm (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Ottawa, Canadá.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:201-224.
- Vazzana, C. 1996. The role of farmers' associations in safeguarding endangered populations of farro in Italy. Pp. 147-152 *in* Hulled Wheats: Promoting the conservation and use of underutilized species and neglected crops, 4 (S. Padulosi, K. Hammer y J. Heller, eds.). IPGRI, Roma, Italia.

7.7 Lectura recomendada

- Altieri, M.A. y L. Merrick. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 1: 86-96.
- Brush, S.B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45:153-65.

- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga. 1995. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. Pp. 9-18 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Feldstein, Hilary Sims y Janice Jiggins. 1994. Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis. Kumarian Press Inc., West Hartford, CT, USA.
- Goldsworthy, P.R., S.W. Duiker y P.B. Eyzaguirre. 1995. Collaboration between national, international and advanced research institutes for eco-regional research. Pp. 283-303 *in* Eco-regional approaches for sustainable land use and food production (J. Bouma, ed.). Kluwer Academic Publishers, Holanda.
- Hardon, J. y W. de Boef. 1993. Linking farmers and breeders in local crop development. Pp. 64-71 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Jarvis, D. y T. Hodgkin. 2000. Farmer decision making and genetic diversity: linking multidisciplinary research to implementation on-farm. Pp. 261-278 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Jarvis, D. y J. Ndung'u-Skilton. 2000. IPGRI *in situ* project: research and institutions supporting local management of agrobiodiversity. Pp. 134-141 *in* Encouraging Diversity. The conservation and development of plant genetic resources (C. Almekinders y W. de Boef, eds.). Intermediate Technology Publications, Londres.
- Nabhan, G.P. 1985. Native crop diversity in Aridoamerica: conservation of regional gene pools. *Economic Botany* 39(4):387-399.
- Prain, G. 1993. Mobilizing local expertise in plant genetic resources research. Pp. 102-110 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Salazar, R. 1992. Community plant genetic resources management experiences in Southeast Asia. Pp. 17-29 *in* Growing Diversity: Genetic Resources and Local food Security (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelenk, eds.). ITP, Londres.
- van Oosterhout, S. 1996. What does *in situ* conservation mean in the life of a small-scale farmer? Examples from Zimbabwe's communal areas. Pp. 35-54 *in* Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources on-Farm (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Canadá.
- Wellard, K. 1993. Linking local knowledge systems and agricultural research: the role of NGOs. Pp. 136-142 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Worede, M. 1997. Ethiopian *in situ* conservation. Pp. 290-301 *in* Plant Genetic Conservation: The *In Situ* Approach (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd y J.G. Hawkes, eds.). Chapman y Hall, Londres.

Capítulo 8 Iniciación del trabajo: preparación, selección del sitio y enfoques participativos

Con la colaboración de:

*P. Chaudhary, N.N. De, K.D. Joshi, O. Kabore, A. King, Y.R. Pandey, C.L. Paudel, R.B. Rana, D.K. Rijal, R. Salazar, K.K. Sherchand, A. Subedi, A. Tan y P.R. Tiwari*¹

8.0	Objetivos del capítulo	138
8.1	Identificación de cultivos objetivo	138
8.2	Revisión de información existente	139
8.3	Definición de criterios para seleccionar el sitio	139
8.4	Encuesta de diagnóstico	140
8.5	Elección del sitio	140
8.6	Sensibilización de la comunidad	141
8.7	Enfoque de acción participativa	142
	8.7.1 Ética de la investigación	143
8.8	Técnicas participativas	144
	8.8.1 Entrevistas a personas que poseen información clave	144
	8.8.2 Discusiones en grupo	145
	8.8.3 Desarrollo de mapas de distribución espacial	145
	8.8.4 Ejercicios de correlación	146
	8.8.5 Calendarios	149
	8.8.6 Estudios por transectos con actividades participativas	149
8.9	Referencias	150
8.10	Lectura recomendada	151

8.0 Objetivos del capítulo

Al finalizar el capítulo, el lector debe estar familiarizado con los siguientes temas:

- Los pasos preliminares para realizar una investigación de conservación en fincas
- Las diversas fuentes de información que se consultan para dar inicio a una investigación de conservación en fincas
- Los criterios que le permiten identificar los sitios adecuados de estudio
- Una variedad de técnicas que sirven para realizar una investigación de acción participativa.

Este capítulo describe los pasos preliminares para desarrollar e implementar un programa de conservación en fincas. Estos pasos no pertenecen a un modelo concreto; por ello, es necesario adaptar el proceso al contexto y a las restricciones de cualquier proyecto de conservación en fincas. Los pasos que se describen a continuación, suponen la existencia de un marco pluri-institucional y multidisciplinario, tanto en el plano nacional como en el local, tal como se discutió en el Capítulo 7:

- Identificación de los cultivos que serán conservados
- Revisión de fuentes de información existentes
- Capacitación de equipos locales de investigación en métodos participativos
- Definición de los criterios que se aplicarán a la selección del sitio
- Diagnóstico para generar información que permita seleccionar el sitio
- Selección del sitio
- Sensibilización de la comunidad
- Elección del régimen de muestreo para la recolección de datos.

8.1 Identificación de cultivos objetivo

Las especies objetivo de la conservación en fincas deben estar identificadas como prioridades nacionales de conservación (p.e., conservación de los procesos de evolución y adaptación de las especies cultivadas, mejoramiento del bienestar del agricultor, etc., como se discutió en el Capítulo 1). Las especies cultivadas que se seleccionen para ser conservadas por un programa nacional deben ajustarse a uno o más de los siguientes criterios:

- Ser importantes para el bienestar local
- Ser importantes para los programas nacionales de mejoramiento
- Ser importantes para la seguridad alimentaria en el futuro
- Ser importantes para el consumo o la venta en el país
- Ser diversos, útiles e importantes en el país
- Ser especies raras o estar amenazadas por la erosión

Además, el objetivo de conservar la diversidad a todo nivel, que implica un enfoque de conservación del ecosistema, puede conducir a identificar especies objetivo complementarias o acompañantes, que se cultivan juntas dentro del mismo agroecosistema. La revisión de la información existente y la encuesta de diagnóstico, dos temas que se discuten más adelante, pueden ayudar a depurar la lista preliminar de especies y a definir, con base en las necesidades locales y nacionales, las que se van a conservar y las regiones o sitios del país en donde esto ocurrirá.

8.2 Revisión de información existente

La recolección de información empieza con una **revisión de datos existentes** (como informes de censos) y de investigación previa (como estudios realizados por antropólogos). Hay otras fuentes de información que pueden consultarse (Dearing y Guarino, 1995; Maxted *et al.*, 1995; Thormann *et al.*, 1999), como:

- **Listas de descriptores**, que describen los tipos más importantes de variación fenotípica presentes en la especie cultivada.
- **Bases de datos de colecciones *ex situ* de germoplasma**, que pueden identificar el lugar en que se encuentran accesiones relevantes de las especies cultivadas. Los datos de pasaporte de cada accesión pueden proporcionar información sobre la variación fenotípica, nombres locales y usos, dispersión geográfica, información agroecológica (que incluye altitud, pendiente, orografía, etc.) e información agronómica. Tanto las bases de datos nacionales como las internacionales son importantes.
- **Colecciones de herbario**, que pueden dar información sobre los hábitat, la distribución y la diversidad genética de las especies, particularmente de los parientes silvestres de las especies cultivadas; las notas de los colectores de las muestras también pueden proporcionar datos etnobotánicos útiles.
- **Literatura publicada** en el campo de las ciencias biológicas y sociales, a la cual se tiene acceso a través de bases de datos bibliográficos, como los de FAO (AGRIS), USDA (AGRICOLA) e IPGRI/CAB Internacional (Resúmenes de Recursos Fitogenéticos); muchas obras pueden también consultarse en las bibliotecas.
- **Literatura gris**, como informes producidos por gobiernos y agencias de desarrollo, que proporcionan información sobre las especies cultivadas en las localidades y sobre sus sistemas de cultivo. Estos informes pueden provenir de los Ministerios de Agricultura, del Medio Ambiente, o de Desarrollo y Planeación, y rara vez se publican o llegan a las bases de datos bibliográficos. Es probable que esta literatura se consulte mejor en bibliotecas agrícolas nacionales y en centros de documentación, o a través de expertos que trabajan en un departamento específico.
- **Conocimientos que poseen los expertos**, entre ellos el personal de las ONG, de las OCB y de los servicios de extensión.

8.3 Definición de criterios para seleccionar el sitio

Los criterios que se hayan definido para seleccionar el sitio y los agricultores deben relacionarse con los factores que hipotéticamente estén asociados con una variación significativa en la diversidad genética de la especie cultivada como los factores socioeconómicos o culturales (p.e., la diversidad étnica, la fragmentación de la tenencia de la tierra, la densidad de población, y la integración en los mercados de insumos, productos y mano de obra) y los factores agroecológicos (p.e., la presencia de una diversidad de ambientes nicho). Debe haber variación entre los sitios de estudio y entre los agricultores dentro de cada sitio para poder evaluar esas diferentes relaciones. Asimismo, los criterios para la selección del sitio deben considerar los factores ecológicos o geográficos particulares que definen la región en la cual interesa implementar la conservación en fincas. En Nepal, por ejemplo, la cuenca hidrográfica se consideró una unidad geográfica clave para seleccionar las áreas objetivo, puesto que allí es fuerte el vínculo entre la biodiversidad terrestre y la acuática. Una vez elegidas las cuencas importantes, se hizo una lista de aldeas que podían servir para el trabajo de conservación en fincas.

8.4 Encuesta de diagnóstico

La revisión que se hace de información existente debe combinarse con una encuesta de diagnóstico que emplee la Valoración Rural Rápida (VRR), la Valoración Rural Participativa (VRP) o un enfoque similar. Este es un ***ejercicio rápido de diagnóstico participativo*** que proporciona mayor información para caracterizar los sitios de las regiones objetivo respecto a su situación socioeconómica y agroecológica, a su diversidad en cultivos de interés, y a su viabilidad para la investigación. La diversidad presente en las especies objetivo se puede calcular por el número de variedades que nombran los agricultores en una encuesta de diagnóstico, diversidad que se puede validar después mediante un análisis morfológico y genético. Debe registrarse el grado en que se hallan varios factores, entre ellos la demografía, las vías de acceso y el transporte, el acceso a los diferentes tipos de mercado, el porcentaje de área irrigada y de área de secano (o temporal), la variación en la altitud y en los suelos, la importancia de la producción agrícola y de otras fuentes de ingreso para el sustento de la comunidad, las recientes percepciones de cambio en los recursos genéticos, y otros criterios de interés nacional o regional. Hay que considerar también el interés de la comunidad en el proyecto y otros aspectos logísticos como la facilidad para llegar al lugar. Antes de ejecutarse con éxito una VRP, hay que ***capacitar en el enfoque participativo*** a los equipos locales de investigación para que puedan reunir datos de las comunidades rurales. Las técnicas específicas que se pueden usar en un estudio de diagnóstico participativo se discuten en la sección 8.7 (Técnicas participativas).

8.5 Elección del sitio

Uno de los objetivos de estas actividades es ***identificar un sitio apropiado para el estudio***. La selección de las unidades agrícolas familiares, de las parcelas y de las variedades que estudiarán en el proyecto se debe definir mediante las estrategias de muestreo de las disciplinas involucradas, tema que se discutirá más adelante en el Capítulo 9. Una síntesis de los criterios que se pueden usar para elegir el sitio de la conservación en fincas incluye lo siguiente (Poudyal *et al.*, 1998; Rijal *et al.*, 1998; Sherchand *et al.*, 1998):

Ecosistemas

- Magnitud general de la diversidad en agroecosistemas, especies y variedades
- Diversidad, en el ámbito local, de variables agroecológicas específicas (suelo, altitud, precipitación, etc.)

Especies cultivadas

- Riqueza de diversidad intraespecífica en las especies objetivo
- Presencia y diversidad de especies vegetales silvestres o malezas, y posibilidad de que haya introgresión o hibridación
- Probable presencia de adaptaciones específicas
- Erosión genética y presencia de variedades criollas amenazadas entre las especies objetivo

Agricultores y comunidades

- Diversidad sociocultural y económica
- Diversidad de medios de vida e importancia de las especies objetivo para los diversos medios de vida
- Conocimientos y habilidades de los agricultores respecto a la selección de semillas
- Oportunidades de mercado

Socios colaboradores

- Interés y cooperación de la comunidad
- Intervenciones previas de conservación (si las hubo)
- Presencia y capacidad de las instituciones locales, sobre todo para investigar

Logística

- Acceso al sitio durante todo el año
- Recursos disponibles

8.6 Sensibilización de la comunidad

Aunque el interés de la comunidad en el proyecto se debería valorar durante la encuesta de diagnóstico, vincular a los agricultores con el proyecto, antes de iniciar la recolección de datos, es crucial para generar entusiasmo por las actividades de investigación. Para asegurarse de que los agricultores, quienes son los que en realidad ejecutan la conservación en fincas, sean personas con decisiones en el proyecto, se debe establecer un diálogo en el cual se transmitan sus intereses a los investigadores y sean incluidos en las actividades de investigación. Una actividad de **sensibilización de la comunidad** puede ser el punto de partida de la colaboración entre una comunidad agrícola y un programa nacional de recursos fitogenéticos, y la base de un programa sostenible de conservación en fincas que incluya la investigación y el seguimiento a largo plazo.

Las actividades de sensibilización de una comunidad, en un proyecto de conservación en fincas, pueden dirigirse a educar a los agricultores en el valor de la diversidad de las especies cultivadas en la localidad, y a desarrollar el orgullo local de poder legar la herencia cultural representada en sus variedades criollas. Las actividades escogidas dependerán de las condiciones específicas de la comunidad. Pueden citarse como ejemplos las reuniones informales en la comunidad y los talleres o Ferias de Diversidad (discutidos en la sección 10.4.5), o pueden desarrollarse técnicas participativas de investigación que faciliten el proceso en el cual los agricultores pregunten acerca de sus inquietudes y actúen en relación con su comunidad (tema discutido en la sección 8.7). La sensibilización de la comunidad servirá para constituir una red de unidades familiares con las cuales se pueda hacer un trabajo de investigación multidisciplinario. Las OCB y las organizaciones de agricultores pueden ser socios colaboradores importantes para coordinar un gran número de unidades familiares en diferentes tipos de trabajo.



Grupo de agricultoras de Burkina Faso.

8.7 Enfoque de acción participativa

La investigación para la conservación en fincas se debe implementar con un enfoque de acción participativa en todas las fases del proceso. La investigación participativa se refiere a las técnicas que hacen énfasis en el aprendizaje conjunto de investigadores y participantes, en vez de que los investigadores se limiten a obtener información de los participantes. Los métodos participativos se emplearían para incluir a los agricultores en el proceso de investigación, y para incorporar el conocimiento que ellos tienen de las condiciones socio-económicas y agroecológicas locales, de sus prácticas de manejo del cultivo y de las semillas, y de las características y el origen de sus variedades, en los datos del proyecto. Un enfoque exploratorio –es decir, que no se basa en hipótesis preliminares– es útil al principio porque no presupone las diferentes categorías o razones en que se apoyan los conocimientos de los agricultores, y les permite emplear sus propios valores y unidades de medida. Es posible desarrollar técnicas que permitan recolectar datos cuantitativos o técnicas semiestructuradas o sin estructura, para obtener datos cualitativos. Los datos cualitativos no se ajustan a un formato rígido o uniforme para la recolección o el análisis, mientras que los métodos cuantitativos, por su parte, emplean escalas de medida ya estandarizadas.

La investigación participativa difiere de los enfoques tradicionales de investigación en varios aspectos, entre ellos los siguientes:

- **Orientación.** Los métodos participativos se aplican mejor cuando adoptan una perspectiva definida para delimitar los datos de la investigación a las necesidades de la conservación en fincas. La recolección de datos relacionados con el contexto puede ser importante para entender una situación local, pero recolectar información irrelevante o innecesaria puede malgastar el tiempo y oscurecer el propósito de la investigación.
- **Flexibilidad.** La habilidad para adaptarse a cambios en las condiciones locales así como a contratiempos inesperados es muy importante. Esto se aplica al diseño global del estudio así como al proceso de desarrollo de técnicas específicas de investigación y de su aplicación con los participantes.
- **Combinación de técnicas.** Los métodos participativos son muy eficaces cuando las diferentes técnicas recolectan al menos algunos datos iguales de los diversos participantes (información cruzada). Este resultado es importante porque logra una gran variedad de perspectivas y también porque constituye una comprobación de los resultados de la investigación.
- **Cooperación.** Tanto en la preparación como en la ejecución de la investigación, lograr el total apoyo de las comunidades puede hacer la investigación más productiva y menos problemática. Este apoyo puede ser parte de cada fase de la investigación, desde la obtención del permiso de las autoridades locales para la investigación, hasta el desarrollo de una actitud de aprendizaje entre los investigadores y los participantes.
- **Compartir.** Los investigadores deben estar preparados para incorporar, en el plan de un proyecto, las necesidades de investigación de la comunidad y, a su vez, deben estar dispuestos a comunicar los resultados de su investigación a las comunidades.

Como parte del conocimiento tradicional mantenido en un lugar, el conocimiento de los agricultores se caracteriza porque sus componentes exclusivos determinan la forma en que se debe investigar. Entre estas características están la forma en que el conocimiento local se establece dentro de las comunidades, el modo en que puede cambiar a través del tiempo y la responsabilidad ética implícita en dicha investigación. Estas características crean la necesidad de un conjunto muy especial de técnicas para recolectar información sobre los conocimientos de los agricultores.

El conocimiento tradicional o local tiene las siguientes características:

- está distribuido irregularmente dentro de las comunidades y entre ellas
- es dinámico y a menudo frágil
- posiblemente es de difícil acceso, especialmente para los extraños
- generalmente está ligado a factores locales del ambiente
- es propio de sitios y regiones específicos.

Más que extraer datos de alguna localidad, las técnicas que permiten a los agricultores participar en el proceso de investigación están adaptadas para estudiar la dinámica espacial y temporal del conocimiento local y para establecer el fundamento del control local de la diversidad cultivada. Estos enfoques participativos se encuentran en la sección 8.7. Primero que todo se consideran algunos temas éticos inherentes a investigación del conocimiento tradicional.

8.7.1 Ética de la investigación

Una norma básica de la investigación de campo éticamente fundamentada es el principio del consentimiento fundamentado previo (es decir, obtenido con base en información), según el cual todos los participantes deben entender plenamente el propósito y el proceso de la investigación antes de pactar u acordar su participación. Los investigadores tienen la responsabilidad de asegurarse de que los participantes entiendan las posibles repercusiones, positivas o negativas, de su participación en la investigación. Además, los investigadores deben poder garantizar un nivel mínimo de privacidad a los informantes. Estas condiciones pueden asemejarse a una garantía de anonimato (en que los nombres de todos los participantes se retiran de la base de datos) o de confidencialidad (en que los investigadores deben conservar los nombres de los agricultores para los propósitos de la investigación, pero los datos ligados a los individuos o a las unidades familiares no se revelarán públicamente). Sin embargo, las futuras actividades de conservación en fincas pueden requerir que los agricultores o las unidades familiares estén vinculados a los datos sobre la diversidad de las especies cultivadas en las localidades.

Además, antes de iniciar cualquier investigación para documentar los conocimientos y percepciones de los agricultores sobre la diversidad genética de las especies cultivadas, los investigadores deben pensar cuidadosamente en las implicaciones que tiene su trabajo respecto a los derechos de propiedad intelectual (DPI) de la localidad. En el caso de los recursos fitogenéticos, la propiedad intelectual se refiere al conocimiento asociado con una variedad criolla específica o un alelo particular, que pueden representar un recurso económico. Los investigadores deben ser conscientes de que, al investigar el conocimiento tradicional local, están empleando inevitablemente la propiedad intelectual local. Su investigación puede servir como un registro importante del conocimiento tradicional local que debe ser tanto documentado como respetado.

8.8 Técnicas participativas

Mediante la valoración rural participativa (VRP) y la valoración rural rápida (VRR) se desarrollaron varias técnicas que serán útiles en la investigación de acción participativa que se hace en la conservación en fincas. Serán métodos muy valiosos para las encuestas informales de diagnóstico (ver la sección 8.2). Tanto la VRP como la VRR describen un enfoque y una diversidad de métodos en los que se hace énfasis en los conocimientos de los agricultores y en su habilidad para participar en la investigación. Ambas técnicas comparten muchos métodos innovadores aunque difieren en cuanto a enfoque; mientras la VRR es el aprendizaje de los que vienen de fuera de una organización, el objetivo de la VRP es el análisis y la acción que realizan los que pertenecen a ella (Chambers, 1994). Hay una gran diversidad de técnicas participativas de investigación y los investigadores acostumbran combinar las técnicas existentes o inventan otras nuevas para satisfacer una situación específica. Aquí se presenta apenas un número reducido de estas técnicas que incluyen:

- Entrevistar a personas que poseen información clave
- Discusiones en grupos
- Desarrollar mapas de distribución en el espacio
- Ejercicios de correlación (incluyendo matrices de clasificación)
- Diseño de calendarios y mapas estacionales
- Estudios por transectos (en función de distancias).

8.8.1 Entrevistas a personas que poseen información clave

Las entrevistas a quienes tienen información importante, denominadas a veces entrevistas en profundidad o de flujo libre, son manejadas generalmente por un solo investigador que entrevista a un solo informante a la vez. El objetivo de tales entrevistas es la exploración del conocimiento de un individuo a través de una conversación entre el investigador y el informante. La persona que tiene la información clave debe ser un individuo con un conocimiento especial sobre un campo específico que interesa al entrevistador.

El rasgo más importante de entrevistar a quien tiene información clave es que se recolectan datos muy detallados. Aunque el investigador puede usar una guía de preguntas para evitar la omisión de algún tema clave, estas entrevistas no tienen, por tradición, una estructura, y la conversación se desarrolla con naturalidad (aun cuando se desvíe del tema que más importa). La mayoría de los participantes son, obviamente, agricultores aunque también las personas mayores u otras que pertenezcan a la comunidad pueden tener conocimientos relevantes sobre áreas específicas. Puesto que sólo hay un participante por entrevista, la discusión puede contener información que no se discutiría normalmente con un grupo y que será útil en temas que tocan sensibilidades o son de tipo individualista. Tener pautas bien preparadas para una entrevista puede contribuir a obtener resultados fructíferos.

Una entrevista a quien tiene información clave puede llegar a ser semiestructurada si se emplea una lista de temas para discusión o incluso unas cuantas preguntas preliminares. Esto servirá para hacer más comparables los datos de la entrevista, al tiempo que permite a los individuos presentar su propia perspectiva. Otra posibilidad es integrar otros métodos participativos de investigación (como los mapas, calendarios o estudios por transectos) a la entrevista. Una desventaja de esta técnica es que consume bastante tiempo, y es poco probable que puedan hacerse muchas de estas entrevistas ya que se dispone de tiempo y de recursos limitados.



Este agricultor húngaro es uno de los pocos de su región que cultiva variedades antiguas de maíz.

8.8.2 Discusiones en grupo

Una discusión o entrevista en grupo incluye a varias personas que se reúnen con un facilitador para hacer una discusión no estructurada sobre un tema específico. Estas reuniones suelen estar acordadas con anterioridad, aunque también pueden ser eficaces en un grupo informal. Como en la técnica previa, las discusiones en grupo deben favorecer el flujo libre de la conversación. La composición del grupo varía y depende de la situación y de las preferencias de los facilitadores, o sea, de 4 a 10 personas a la vez y con 1 ó 2 facilitadores. Los grupos específicos sirven para producir una gran cantidad de datos en un tiempo corto. Es posible tratar en ellos más aspectos que en una entrevista individual y lograr una perspectiva múltiple de los temas discutidos. Cuando hay un moderador experimentado que trabaje en el idioma local, esta técnica puede ser una de las que produzcan más datos generales. Aquí el papel del facilitador es crucial para promover la discusión, dirigir el flujo de la conversación e investigar y hacer un examen detallado de algunos tópicos particulares.

La elección de los que pueden participar en un grupo de discusión está sujeta a debate. Algunos investigadores prefieren incluir en él a individuos que tengan diversos antecedentes socioeconómicos para observar la dinámica del grupo y la discusión de opiniones contrarias. Otros optan por grupos más homogéneos para explorar opiniones, al parecer uniformes, en forma muy detallada. Puesto que se trata de un ejercicio en grupo, puede ser difícil separar las respuestas individuales y desagregar la información según las variables socioeconómicas o demográficas. También puede ser difícil registrar los datos obtenidos en una discusión de grupo. Asimismo, el dominio que unos pocos individuos ejerzan sobre la discusión puede opacar las diferencias en puntos de vista.

8.8.3 Desarrollo de mapas de distribución espacial

El desarrollo de mapas de distribución espacial implica que los participantes dibujen o tracen mapas que contengan cualquier tipo de relación espacial. Pueden hacer solos este ejercicio o con la ayuda de un investigador. En estos mapas se recoge información basada en la percepción de los participantes sobre la distribución espacial de ciertos elementos de sus agroecosistemas y de sus comunidades. Ejemplos de estos mapas son los siguientes:

- distribución de las unidades familiares y de sus campos en una comunidad

- forma en que las redes sociales, como los grupos o familias de agricultores, se distribuyen en una región
- lugar en que se realizan determinadas actividades agrícolas
- ubicación de diferentes variedades criollas en los campos de los agricultores o a lo largo y ancho de la comunidad
- distribución de algunos recursos (como tipos de suelo).

Generalmente, el desarrollo de un mapa consiste ya sea en dibujarlo (en un pedazo de papel) o en hacer trazos sobre un mapa estándar básico (sea éste un mapa profesional o uno desarrollado por los investigadores). El empleo de mapas estándar tiene la ventaja de que los participantes parten del mismo conjunto elemental de puntos de referencia geográfica, lo que le da una uniformidad parcial a la recolección de los datos. Por su parte, la producción de mapas 'partiendo de cero' permite a los participantes definir puntos importantes de referencia en sus propios términos.

Aunque el desarrollo de mapas no necesariamente exige muchos conocimientos, los participantes deben ser capaces de entender las relaciones cartográficas y espaciales. Esto puede parecer difícil tanto a jóvenes como a adultos. El desarrollo de mapas permite a los participantes expresar sus conocimientos en un formato no verbal, lo cual tiene el poder de descubrir relaciones y patrones que no podrían darse en la entrevista. Sin embargo, si los participantes no dominan bien las relaciones espaciales, el trazado de mapas puede ser una tarea intimidante, y los ejercicios de desarrollo de mapas en grupo se convertirían en un caos.

Los resultados del desarrollo participativo de mapas pueden incorporarse en un sistema de información geográfica (SIG) si además contienen datos de fuentes más formales, tales como los mapas publicados y algún trabajo de puntos georeferenciados.

8.8.4 Ejercicios de correlación

Los ejercicios de correlación se refieren a la distribución por categorías de una serie de artículos según su preferencia relativa (clasificación), su preferencia absoluta (evaluación) o su grado de similitud (ordenamientos, tríadas). Estos ejercicios pueden aplicarse a cualquier elemento de los sistemas de cultivo que pueda clasificarse o compararse. La elección de una variedad y la selección de la semilla son categorías obvias, pero también puede ser posible clasificar nichos agroecológicos.

Casi cualquier miembro de la comunidad puede expresar preferencias y participar, de este modo, en estos ejercicios con cierta ayuda de parte de los investigadores. Cuando son bien diseñados, se ajustan a las condiciones locales y se manejan adecuadamente, los ejercicios de correlación proporcionan una información muy importante basada en preferencias y en la percepción de categorías. Asimismo, los resultados obtenidos de individuos o de grupos pueden ser agregados y comparados, lo que ofrece una forma de traducir la información cualitativa a un formato cuantitativo (ver King 1999). Para que sean efectivos, estos resultados requieren algún grado de planificación avanzada. Es importante recordar que si los resultados se van a agregar o a comparar, los ejercicios deben ser uniformes para todos los participantes.

Pasos para generar una matriz de clasificación a partir de criterios de selección de los agricultores

A veces es difícil conocer los criterios que emplean los agricultores para seleccionar sus diferentes variedades. Cuando el entrevistador pide al agricultor que compare o clasifique las diferentes variedades de una especie cultivada, puede encontrar en ellas muchos rasgos que el agrónomo no habría considerado. Aquí describimos un enfoque para construir una matriz de clasificación a partir de los criterios de selección del agricultor.

1. Empiece pidiendo al agricultor (o agricultora) que haga una lista de sus variedades criollas según el nombre de éstas (haga una lista aparte para cada cultivo).
2. Apunte estos nombres (A, B, C,...) en un cuadro que tenga varias columnas.
3. *Primero*, haga que el agricultor clasifique las variedades según el área que ocupan (o sea, la cantidad de área asignada a cada variedad). Marque luego la columna 1 como "Área asignada."
4. Pregunte al agricultor el nombre de la variedad que siembra en la porción de área más grande. Escriba el número "1" en el cruce de la fila en que está esa variedad con la columna "Área asignada".
5. Pregunte al agricultor el nombre de la variedad que siembra en la segunda área más grande pero menor que la anterior; ponga un "2" en el cruce de la fila de esta variedad con esa columna (ver paso 4).
6. Pregunte al agricultor el nombre de la variedad que ocupa el tercer lugar en tamaño de área sembrada; ponga un "3" en el cruce de la fila de esta variedad (área mucho menos grande) con la columna correspondiente (ver 4).
7. Pregunte ahora al agricultor el nombre de la variedad que siembra en la porción *más pequeña* del área; ponga un "6" en el cruce de la fila correspondiente con la columna dicha (ver 4). Haga esto con la más pequeñas de todas las variedades que clasifique (en este caso son 6).
8. Pregunte ahora al agricultor el nombre de la variedad que siembra en la porción de área más pequeña sin contar la anterior (o sea, un poco más grande que la "6"); ponga un "5" en el cruce de la fila y columna correspondientes (ver paso 4).
9. En el cruce de la fila restante (hay 6 variedades en total) con la columna relevante, escriba un "4". (ver 4).
10. *Segundo*, pregunte al agricultor la razón para sembrar la variedad C (con mayor superficie sembrada). Quizás él (o ella) diga que es por su rendimiento. Titule la columna 2 como "Rendimiento".
11. Verifique luego con el agricultor que la variedad C tenga efectivamente el rendimiento más alto de todas; siendo así, escriba un "1" en el cruce de la fila de la variedad C con la columna 2.

Nombres	1. Área asignada	2. Rendimiento	3.	4.			
Variedad A	3						
Variedad B	4						
Variedad C	1	1					
Variedad D	5						
Variedad E	2						
Variedad F	6						

12. Haga que el agricultor clasifique el resto de las variedades según su rendimiento, aplicando el procedimiento indicado en los pasos 5 a 9.
13. Mire de nuevo la columna 1 ("Área asignada") y pregunte al agricultor por qué siembra la variedad F en la porción de área más pequeña. Quizás él (o ella) responda: porque los pájaros la comen, pero las tortillas que da saben bien. Marque la columna 3 como "Resistente al ataque de aves" y la columna 4 como "Calidad para tortilla".
14. Verifique ahora que la variedad F sea efectivamente la menos resistente al ataque de las aves entre todas las variedades; siendo así, coloque un "6" en el cruce de la fila Variedad F con la columna 3.
15. Haga que el agricultor clasifique todas las variedades según su resistencia al ataque de aves.
16. Pase ahora a la columna 4. Verifique que la variedad F da el mejor grano para preparar tortillas; si es así, ponga un "1" en el cruce de la fila de variedad F con la columna 4 ("Calidad para tortilla").
17. Haga que el agricultor clasifique todas las variedades según la calidad de las tortillas que obtiene.
18. Mire de nuevo las clasificaciones hechas debajo de Área asignada y de Rendimiento. Observe que la variedad E se siembra en una porción de área pequeña anterior a la más pequeña y que su rendimiento es bajo. Pregunte al agricultor por qué la siembra. Quizás diga que es resistente a las sequías. Marque la columna 5 "Resistencia a sequía".
19. Verifique que la variedad E tenga la mayor resistencia a la sequía; si la tiene, coloque un "1" en el cruce de la fila de la variedad E con la columna 5 ("Resistente a la sequía").

Nombres	1. Área común	2. Rendimiento	3. Resiste el ataque de aves	4. Da buenas tortillas	5. Resiste la sequía		
Variedad A	3	4	5	1			
Variedad B	4	2	2	2			
Variedad C	1	1	3	3			
Variedad D	5	6		6	1		
Variedad E	2	3	1	5			
Variedad F	6	5	6	1			

20. Haga que el agricultor clasifique todas las variedades respecto a su resistencia a la sequía.
21. Continúe con el ejercicio preguntando al agricultor la razón para sembrar determinadas variedades en porciones grandes o pequeñas del área, etc., hasta que él (o ella) haya anotado y clasificado todas las variedades según todos los criterios empleados para escoger una variedad y determinar la parte del área que le corresponde.

Ejemplo: Investigación de todas las etapas de cultivo y uso de la cosecha, y con todos los integrantes de la unidad familiar, en Turquía

Es importante investigar en todas las épocas del calendario agrícola y con diferentes miembros de la unidad familiar para recolectar información sobre sus variedades criollas, y para conocer a quien sea responsable del mantenimiento de la diversidad de la especie cultivada y del proceso que apoya esa labor de mantenimiento. Las imágenes que aparecen a continuación muestran algunos pasos del proceso de cultivo, procesamiento y mercadeo de especies cultivadas en Turquía. Fuente: A. Tan.



1. Cosecha de una variedad de trigo en una finca pequeña cerca de la montaña Bolkar.



3. Trilla del grano cosechado de una variedad de garbanzo empleando métodos tradicionales, en Kilis.



5. Procesamiento de plantas de variedades criollas de cáñamo para separar la fibra contenida en el tallo (una habilidad propia de las mujeres agricultoras), en Kútahya.



7. Venta en el mercado de verduras cultivadas en un huerto familiar.



2. Trilla de una variedad de trigo con métodos tradicionales, en Pusan.



4. Molienda del grano de trigo para obtener bulgur (tanto hombres como mujeres son hábiles para ejecutar esta operación).



6. Esposa de un agricultor preparando pan, mientras discute la calidad del trigo, en las Montañas Toros, en Korkuteli, Antalya.



8. Plantas silvestres medicinales y aromáticas recolectadas en su hábitat natural (generalmente por mujeres y niños) son transportadas a los mercados en las Montañas Toros.

8.8.5 Calendarios

Los calendarios son una manera de expresar variables temporales empleando un formato visual o espacial. Pueden usarse para registrar cualquier variable ligada a cambios ocurridos en el tiempo, como es el caso de diferentes variedades cultivadas que crecen durante una época de cultivo, o de plagas que se presentan durante un año, o de condiciones ambientales extremas (como una sequía) que han tenido lugar durante la década anterior. La principal utilidad de los calendarios estaría en el registro de los patrones de las actividades agrícolas que ejecutan los diferentes miembros de la comunidad (conocidos como calendarios agrícolas). Como se dijo del trazado de mapas, hacer un calendario no requiere necesariamente muchos conocimientos, aunque los participantes deben ser capaces de entender conceptualmente los calendarios y las relaciones de tiempo. Estos ejercicios, como se dijo antes, permiten a los participantes expresar sus conocimientos en un formato no verbal en el que dan a conocer relaciones y actitudes que las entrevistas no pueden revelar.

Los investigadores pueden elegir entre desarrollar todo el calendario 'partiendo desde cero' con los participantes –permitiéndoles de este modo usar sus propias unidades de tiempo– o emplear un 'calendario básico' –basado en unidades de tiempo uniformes: días, meses, años, o unidades locales. Como se dijo antes, los calendarios proporcionados por el facilitador ayudan a uniformizar la recolección de datos y facilitan las comparaciones, mientras que la elaboración de un calendario completo con los participantes permite que éstos identifiquen y expresen eventos significativos en sus propios términos.

8.8.6 Estudios por transectos con actividades participativas

En los recorridos o transectos de actividades participativas se incorporan aspectos de la entrevista y del ejercicio de trazado de mapas para explorar las variaciones que existen en el uso del suelo y de la agroecología local a través de un área determinada. Pueden iniciarse en cualquier momento con uno o varios participantes. Estas caminatas pueden ser informales y espontáneas o pueden hacerse por una ruta predeterminada. Esta última se llama **transecto**, y consiste en un recorrido con los participantes a lo largo de una ruta preestablecida, normalmente en una dirección más o menos recta que pase a través de diferentes nichos ecológicos del agroecosistema. Durante el recorrido, los investigadores y los participantes hacen observaciones directas y usan ejemplos inmediatos para explorar temas particulares relacionados con el ambiente, entre ellos:

- tierras y vegetación
- terrenos y pendientes
- disponibilidad de agua
- cultivos y su diversidad
- tenencia y uso de la tierra (adaptado de FAO 1997).

El resultado de un transecto será probablemente una sección transversal de un mapa que cruce por varios nichos agroecológicos y registre los comentarios de los participantes sobre las diferentes variaciones. Recorriendo un mismo transecto varias veces, cada vez con un participante diferente, será posible ilustrar percepciones diferentes de la misma área agroecológica. En estos ejercicios se integran directamente los datos espaciales con las percepciones de individuos del agroecosistema.

La elección del transecto correcto tiene mucha importancia. Se requieren tiempo y buen conocimiento de la zona para seleccionar un transecto potencialmente productivo. La recolección de datos en los transectos puede ser difícil, porque se camina, se pregunta, se escucha y se toman apuntes casi simultáneamente. Un transecto en grupo puede convertirse en un caos.

Además de estas técnicas formales de recolección de datos, es posible recoger gran cantidad de información mediante la simple **observación directa** e informal mientras se pasa un tiempo en una comunidad. Nada es comparable a la oportunidad de tener una visión directa de los hechos. Cuando se hace una evaluación rápida, es importante observar cuidadosamente los lugares, la gente, los recursos y las condiciones descritas por los participantes. Las observaciones directas sirven para apoyar los resultados extraídos por otros métodos y ayudan a evaluarlos; además, pueden revelar nuevos detalles y hacer surgir nuevas preguntas. Asimismo, mediante la observación con acciones participativas los investigadores participan realmente en las actividades de la comunidad. De cada observación hecha se apuntan dos cosas: (1) lo que se observó, y (2) su interpretación de lo que esto puede significar. Es muy conveniente comprobar sus interpretaciones con los resultados obtenidos por otros métodos y con otros participantes (FAO 1998:43).

En qué momento termina la investigación participativa: la ley de la disminución de ganancias

La eficiencia de la recolección de datos se rige por la ley de disminución de ganancias, es decir, que obtenemos una cantidad decreciente de nueva información en cada entrevista que hagamos o con cada planta que recolectemos. Podemos aprender mucho de la primera persona con quien hablemos. La segunda entrevista nos dará un poco más de nueva información, pero es probable que en ella se repita algo de lo que el primer informante nos dijo. La información que nos dará el tercer entrevistado será, probablemente, menos original. En adelante comprobaremos que cada nueva persona con quien hablemos nos dirá cosas que ya hemos oído de otros. Oír varias veces lo mismo ayuda a confirmar los datos, y si notamos algún desacuerdo entre quienes nos dan información podremos medir la variación cultural que existe en la comunidad. No obstante, llega un momento en que seguir haciendo las mismas preguntas una y otra vez es, simplemente, poco efectivo y menos interesante (Martín 1995:23).

8.9 Referencias

- Chambers, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development* 22(7):953-969.
- Dearing, J.A. y L. Guarino. 1995. Bibliographic databases for plant germplasm collectors. Pp. 229-254 *in* *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V. Ramanatha Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- FAO. 1997. Annex II: Guide for the conduct of constraints analysis component. Special Programme for Food Security, SPFS/DOC/18, Handbook Series, Volume II. FAO, Roma, Italia.
- FAO. 1998. Socioeconomic and gender analysis programme field handbook (Principal Author, V.L. Wilde). FAO, Roma, Italia.
- King, Amanda B. 1999. Tools for participatory research on crop and tree diversity. Pp. 6-25 *in* *Farmer participatory research on coconut diversity: workshop report on methods and field protocols* (P. B. Eyzaguirre y P. Batugal, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Martin, Gary J. 1995. Ethnobotany. 'People and Plants' Conservation Manuals Series. Chapman y Hall, Londres.
- Maxted, N., N.W. van Slageren y J.R. Rihan. 1995. Ecogeographic surveys. Pp. 255-286 *in* *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V. Ramanatha Rao, y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.

- Poudyal, C.L., P.R. Tiwari, J.D. Neupane y D.P. Devkota. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Jumla, Nepal. NP Working Paper No. 3/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia, .
- Rijal, D.K., K.K. Sherchand, B.R. Sthapit, Y.R. Pandey, N. Adhikari, K.B. Kadayat, Y.P. Gautam, P. Chaudhary, C.L. Poudyal, S.R. Gupta y P.R. Tiwari. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Kaski, Nepal. NP Working Paper No. 1/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia, .
- Sherchand, K.K., N.P. Adhikari, S.P. Khatiwada, A.C. Shrivastav, J. Bajracharya, K.D. Joshi, K.B. Kadayat, M. Chaudhary, P. Chaudhary, S.S. Vishwakarma y S. Yadav. 1998. Strengthening the scientific basis for *in situ* conservation of agrobiodiversity: findings of site selection in Bara, Nepal. NP Working Paper No. 2/98. NARC/ LI-BIRD, Nepal and IPGRI, Roma, Italia, .
- Thormann, I., D.I. Jarvis, J.A. Dearing y T. Hodgkin. 1999. Internationally available information sources for the development of *in situ* conservation strategies for wild species useful for food and agriculture. Plant Genetic Resources Newsletter 118:38-50.

8.10 Lectura recomendada

- Feldstein, H.S. y J. Jiggins. 1994. Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis. Kumarian Press Inc., West Hartford, CT, USA.
- Frankfort-Nachmias, Ch. y D. Nachmias. 1996. Research methods in the social sciences. St. Martin's Press, New York.
- Friis-Hansen, E. y B. Sthapit, eds. 2000. Participatory approaches to the conservation and use of plant genetic resources. IPGRI, Roma, Italia.
- Guarino, L. 1995. Secondary sources on cultures and indigenous knowledge systems. Pp. 195-228 *in* Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines (L. Guarino, V. Ramanatha Rao, y R. Reid, eds.). CAB International, Wallingford, UK.
- Martin, G. J. 1995. Ethnobotany. 'People and Plants' conservation manuals Series. Chapman y Hall, Londres.

Capítulo 9 Muestreo, estructura, documentación y presentación de la información para los planes de acción

Con la colaboración de:

D. Louette, P. Mathur, P. Quek y I. Thormann¹

9.0	Objetivos del capítulo	154
9.1	Obtención de una muestra representativa	154
9.1.1	Elección de un tamaño de muestra representativo	154
9.1.2	Estrategias de muestreo: al azar, sistemático o estratificado	155
9.1.3	Estructurar la información multidisciplinaria para el muestreo: el problema del número	155
9.1.4	El muestreo en el tiempo	156
9.2	Recolección y estructuración de la información para apoyar la conservación <i>in situ</i> en fincas	157
9.2.1	Determinación de la cantidad y de la distribución de la diversidad genética mantenida en fincas	161
9.2.2	Estudio de los procesos empleados para mantener y manejar la diversidad	162
9.2.3	Determinación de los factores que motivan a los agricultores a mantener la diversidad	164
9.2.4	Identificación de quienes mantienen la diversidad	164
9.3	Documentación de la conservación <i>in situ</i> en fincas	165
9.3.1	Registro y verificación de datos	166
9.3.2	Archivos escritos	166
9.3.3	Registros visuales	167
9.3.4	Triangulación de la información	167
9.4	Devolución de la información a la comunidad	167
9.4.1	Sistemas de información de las comunidades	168
9.5	Utilización de la información en planes de acción dirigidos a la conservación en fincas	168
9.6	Referencias	169
9.7	Lectura recomendada	169

¹Créditos para las fotografías: p. 157: D. Jarvis; p. 161, 162: N.P. Ha.;

9.0 Objetivos del capítulo

Al final de este capítulo, los lectores tendrán una idea de cómo:

- Obtener una muestra representativa en el espacio y en el tiempo
- Estructurar la información para contestar preguntas clave relacionadas con la conservación *in situ* en fincas
- Documentar los trabajos de conservación *in situ* y devolver la información a la comunidad
- Presentar información para planes de acción en desarrollo y conservación.

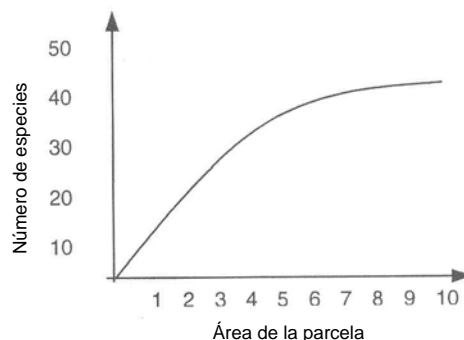
9.1 Obtención de una muestra representativa

Hacer un muestreo representativo es importante para garantizar que la información recolectada refleje adecuadamente la situación o el lugar. Independientemente del enfoque escogido, una proporción importante de la diversidad de los factores humano, ambiental y de diversidad genética no serán muestreados. Las estrategias de muestreo deben considerar las limitaciones de recursos al igual que las necesidades científicas.

9.1.1 Elección de un tamaño de muestra representativo

¿Cuántas submuestras de casas, parcelas y plantas se necesitan para tener una muestra representativa del sitio o de la población en cuestión? El objetivo es determinar el menor número de muestras que se requiere para caracterizar adecuadamente la región que interesa. El tamaño de la muestra depende de la cantidad de variación entre las muestras. Una muestra más grande proporcionará más información sobre la variación entre las muestras que una muestra muy pequeña. Por consiguiente, una población más homogénea respecto a las características de las viviendas, a los tipos de suelo o a las poblaciones de una variedad necesitará un tamaño de muestra más pequeño que otra población más heterogénea. Este concepto o tendencia de reducir la información nueva (p.e., nuevas especies) a medida que se incluyen más y más muestras, o muestras cada vez más grandes, se emplea muy frecuentemente entre los ecologistas en la técnica denominada **curva del área ocupada por las especies**, con el fin de definir el tamaño y el número mínimo de muestras representativas de una población. Una forma más general de esta relación se conoce como la ley de la disminución de ingresos.

Una curva del área ocupada por las especies se diseña tomando muestras del área en un sistema de parcelas anidadas, es decir, de parcelas cada vez más grandes que se arreglan de tal forma que cada parcela sucesiva contenga toda la parcela inmediatamente anterior (Barbour *et al.*, 1987). Después de cierto punto, hay muy poca o ninguna variación respecto a nuevas especies entre dos parcelas consecutivas.



Además de este método de anidamiento, para determinar el tamaño de las muestras es frecuente tomar decisiones consultando información existente relacionada con la población (p.e., la literatura científica). Por ejemplo, los científicos sociales normalmente muestrean un de 5% a 10% de las viviendas de una comunidad o localidad cuando saben que existe una variación considerable en las características de esas viviendas. Para el proyecto global del IPGRI sobre conservación *in situ* en fincas, los genetistas de poblaciones han acordado que deben muestrearse, como mínimo, 30 individuos por población de una variedad (Jarvis y Hodgkin 1998; ver Capítulo 5, en esta Guía de Capacitación). Además, en la sección de “Lectura recomendada” de este capítulo se presenta una lista de referencias clave sobre diferentes disciplinas, que puede guiar al lector para determinar un tamaño de muestra apropiado.

9.1.2 Estrategias de muestreo: al azar, sistemático o estratificado

Una decisión clave que hay que tomar es si se hacen muestreos al azar o en forma sistemática (Causton, 1988). En un muestreo aleatorio, cada punto del sitio de muestreo tiene igual oportunidad de ser muestreado. En el muestreo sistemático, se usan transectos o parcelas (cuadros) para tomar las muestras a intervalos regulares; tiene la ventaja de que evita el muestreo excesivo de las áreas “poco interesantes” a costa de las que tienen “mayor interés”. Sin embargo, se requiere cierta consideración al seleccionar un enfoque de muestreo, porque la muestra tiene un fuerte impacto en los resultados de un estudio; un muestreo deficiente dará resultados poco válidos. Cuando no se toman las muestras al azar, hay posibles sesgos que requieren especial atención.

El primer propósito de un muestreo al azar es detectar y evaluar la correlación entre la distribución de un factor y la de otro. Alguien desearía conocer la forma en que la distribución de la diversidad genética se relaciona con ciertos factores sociales, económicos, biológicos, ambientales o de otra índole en la comunidad. ¿El estatus de bienestar se relaciona con algún nivel de la diversidad genética en la comunidad? ¿Los agricultores cuyo terreno está más fragmentado contienen más diversidad? Estas preguntas esperan que se tome una muestra al azar de hogares y viviendas a través una región geográfica. Los muestreos al azar de los campos de los agricultores por todo el sitio de interés son una estrategia apropiada para tener una idea de la amplitud y la diversidad de los principales factores abióticos y bióticos que afectan la diversidad de los cultivos.

Aunque el muestreo al azar es el método estadísticamente más sólido, la ubicación al azar de las muestras consume mucho tiempo. La ubicación regular o sistemática de las muestras es el método más simple de ejecutar, aunque puede ser el menos apropiado para un análisis estadístico. Un método ampliamente aceptado es el **muestreo aleatorio estratificado**. En éste, el área que debe ser muestreada se subdivide sistemáticamente en secciones relativamente homogéneas, y se toma luego una muestra al azar de cada subdivisión (ver Barbour *et al.*, 1987; Kershaw y Looney 1985; Gauch, 1982; Greig-Smith, 1983). El muestreo aleatorio estratificado se emplea generalmente cuando un área ha sido estratificada o subdividida en zonas diferentes. Se emplean diversos criterios para dividir el sitio de estudio o la población en varios estratos, de los cuales se toma al azar un cierto número de muestras; los criterios para hacer la estratificación pueden ser de tipo socio-económico, agronómico o ambiental.

9.1.3 Estructurar la información multidisciplinaria para el muestreo: el problema del número

La estratificación con que se estructuran los datos llega a ser extremadamente importante cuando más de una disciplina está involucrada en un procedimiento de muestreo. Un

ejemplo aclara este punto. Una comunidad o una aldea que tiene 1000 viviendas es elegida como sitio del estudio. Se muestrea el 10%, o sea, 100 hogares de la comunidad para estudiar variables sociales y económicas. En cada vivienda, el agricultor siembra cuatro cultivos. De cada cultivo, maneja un promedio de tres variedades en un campo determinado que tiene ciertas características topográficas y de suelo. De cada variedad se necesita un mínimo de 30 muestras para hacer un estudio adecuado de la población. Por consiguiente, para comparar las características de la vivienda, las de la parcela y las variedades, deben recolectarse 30 muestras x 3 variedades x 4 cultivos x 100 viviendas o 36,000 muestras, que se usarán en el análisis. Para recoger este número de muestras se requieren un tiempo razonable y recursos, que son restringidos. ¿Cómo resolver este problema? Una solución es revisar de nuevo las preguntas clave que el estudio trata de responder, es decir, ¿cuál es cantidad y distribución de la diversidad genética mantenida en las fincas? ¿qué procesos mantienen esa diversidad? ¿quién los mantiene y por qué razón? Las preguntas revisadas estructuran la recolección de información.

Una estrategia útil para el trabajo en las fincas es hacer, primero, un muestreo al azar de las viviendas de una comunidad para tener una idea de la variación de las prácticas sociales, económicas, culturales y de manejo del cultivo. Este muestreo ayudará asimismo a adquirir una idea preliminar de la magnitud de los factores abióticos y bióticos en los sitios de estudio y el del rango total de variación genética dentro de la comunidad. En este caso, la topografía es un factor importante porque puede ser útil recorrer un transecto de norte a sur, orientado por la pendiente, y muestrear aleatoriamente las viviendas a lo largo de dicho transecto; así se tiene una idea de la variación total de los factores agroecológicos en el sitio de interés. De igual modo, sería útil, recolectar muestras de todas las variedades cultivadas en la localidad para hacerles una caracterización preliminar y obtener así una idea de la magnitud final de la diversidad de una variedad.

Una vez conocida la diversidad de las características sociales, económicas y culturales de la localidad y de las viviendas (Capítulo 2), las prácticas de manejo del cultivo (Capítulo 3), los factores abióticos y bióticos (Capítulo 3) y la diversidad genética de las especies cultivadas escogidas (Capítulo 4 y 5), esta información debe **estructurarse**, o **estratificarse** para hacer comparaciones entre grupos de distintos tipos de datos.

9.1.4 El muestreo en el tiempo

La conservación en fincas de la diversidad cultivada está influida por procesos agroecológicos, socioeconómicos y genéticos, cuyas direcciones y tasas de cambio a través del tiempo son diferentes. Algunos factores son estables, es decir, no cambian con el tiempo, por lo menos en el corto plazo, como el suelo, la roca o el clima. La lluvia puede fluctuar anualmente, y la infraestructura del mercado puede desarrollarse rápidamente o gradualmente. Un punto crucial para el trabajo de conservación en fincas es estudiar la forma en que los cambios ocurridos en estos factores afectan la diversidad genética de los cultivos. Para las plantas anuales o bianuales, es posible tomar muestras durante el tiempo de duración del proyecto de investigación, lo que puede no ser factible en las especies perennes. Para las especies de vida larga se necesitaría diseñar una representación temporal que simulara la forma en que los diferentes factores pueden influir en la diversidad genética en el tiempo, y así entender este influjo.

Cuando se reúnen datos de diferentes épocas, se pueden emplear métodos de **análisis de series en el tiempo** para examinar las relaciones entre las variables y el tiempo (Kendall y Ord, 1990). Dichos análisis se basan en la idea de que las variables mensurables que son observadas continuamente se pueden considerar como puntos de información. Muestrear este signo o punto en diferentes intervalos produce una señal discreta, o serie de tiempo

(1996-2000 Finney: <http://www.chaos.engr.utk.edu/CTSA.html>. 1985). Se determina un **coeficiente de autocorrelación** como una medida de las similitudes de las medidas que están separadas por un intervalo de tiempo particular, mientras que un **coeficiente de correlación cruzada** se usa para detectar modelos de variación entre las variables a lo largo del tiempo. Para comparar las frecuencias de eventos durante el tiempo, una herramienta estadística común es el **análisis espectral de poder**. Este análisis se usa para determinar la periodicidad dentro de los datos ya que da una indicación de las diferentes frecuencias en el tiempo de variación, las cuales explican la mayor parte de la variabilidad de la información. Todas estas herramientas requieren habitualmente numerosos puntos de información u ocasiones de muestreo. En algunos casos, puede ser interesante calcular las probabilidades de la transición entre clases; un ejemplo sería identificar los tipos de uso del terreno en diferentes fotografías aéreas del área de estudio y luego usar el modelo de Markov para simular los cambios ocurridos en el tiempo.

9.2 Recolección y estructuración de la información para apoyar la conservación *in situ* en fincas

Del Capítulo 2 al Capítulo 6 hemos visto que se necesitan diferentes categorías de información para responder preguntas clave de la conservación *in situ* en fincas. En los Capítulos 7 y 8 se discute la creación de un marco de trabajo, la selección de un sitio y la sensibilización de la comunidad. Una vez definidos estos aspectos, los socios colaboradores del programa de conservación en fincas estarán preparados para reunir y estructurar la información que apoyará la conservación *in situ* según los cuatro principales temas discutidos en esta guía:

1. La cantidad y distribución de la diversidad genética que se mantiene en las fincas
2. Los procesos empleados para mantener dicha diversidad
3. Los factores sociales, económicos, culturales y ambientales que influyen en los agricultores para que mantengan la diversidad en fincas
4. El género, la edad, la etnia y el estado socioeconómico de la gente que mantiene esta diversidad en la comunidad.

La información para estudiar estos temas proviene de diferentes niveles y disciplinas. Las diferentes fuentes y niveles de información, es decir, la variedad, el cultivo, la parcela o el terreno, la vivienda, la aldea o la comunidad, la región o el ambiente geográfico se resumen en el diagrama que se presenta a continuación. La información que proviene de un aspecto puede ser útil para contestar más de una pregunta. Un punto importante es que la información reunida sobre la vivienda o el terreno del agricultor no puede ser la apropiada para el análisis o para la conservación de la diversidad cultivada.



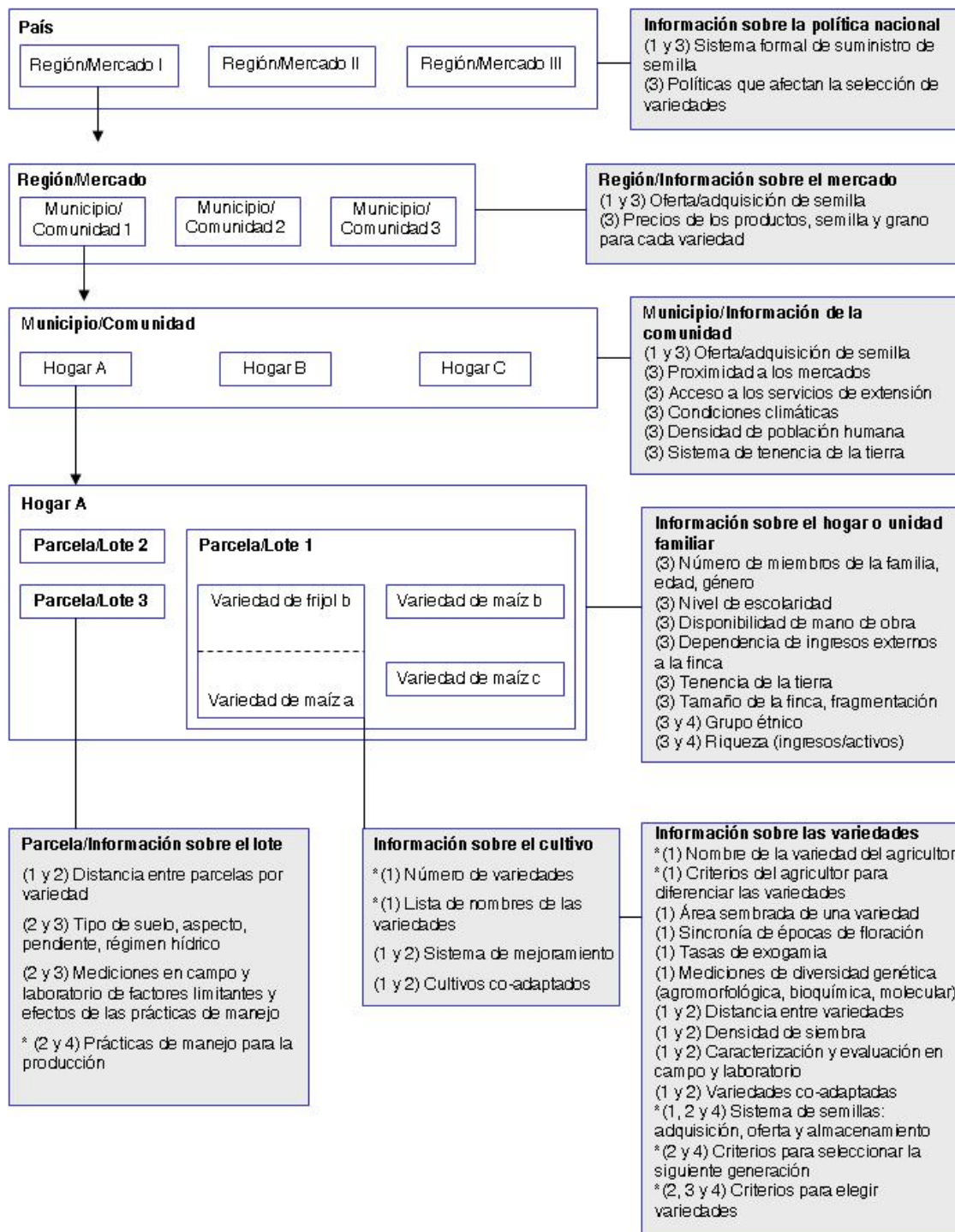
Cebada almacenada en los tejados de las casas en Jumla, Nepal. Aunque cada familia posee su propia población de cebada, el pueblo puede ser la escala apropiada para la conservación.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, es probable que un solo agricultor no pueda mantener una población suficientemente grande y conservarla eficazmente a través del tiempo. Es probable que sea una comunidad o una red de comunidades o incluso una región la que esté en un nivel apropiado para comprender el mantenimiento de la diversidad genética cultivada en fincas. Hay otros casos en que una comunidad o unidad administrativa puede ser representativa o contiene el espectro completo de la diversidad de una región y, por consiguiente, se le debe prestar particular atención (ver el ejemplo de la sección 5.8.2). La recolección y el análisis de esta información dan a quienes manejan la conservación y trabajan para el desarrollo, las herramientas para desarrollar los planes de conservación y hacer intervenciones, como se indicará más adelante. Esta información es también necesaria para formular intervenciones que mejorarán el valor que le otorgan los agricultores a la diversidad de los cultivos locales, como se discute en el Capítulo 10.

La experiencia del trabajo en conservación *in situ* en fincas sugiere que los pasos descritos a continuación pueden ser apropiados para seguir contestando preguntas clave, una vez se ha elegido el lugar para la conservación en fincas, como se describió en el Capítulo 8

- (1) Información necesaria para determinar la cantidad y distribución de la diversidad mantenida en fincas
- (2) Información necesaria para comprender el proceso utilizado para mantener la diversidad
- (3) Información necesaria para comprender los factores que influyen en que los agricultores mantengan la diversidad
- (4) Información necesaria para comprender quién mantiene la diversidad

*Información recolectada, desagregada por género, edad y otros



9.2.1 Determinación de la cantidad y de la distribución de la diversidad genética mantenida en fincas

Para documentar la cantidad y la distribución de la diversidad genética contenida en las fincas se requiere de información sobre la identidad genética de las variedades nombradas por el agricultor (ver Capítulo 4.2), sobre la estructura genética de las poblaciones y sobre el patrón de ocurrencia de la variedad nombrada por el agricultor (ver Capítulo 5), y sobre el sistema de suministro de semilla (ver Capítulo 6). Es importante el sistema de reproducción de las plantas (ver Capítulo 5) y algunos datos iniciales han indicado que las especies cultivadas autógamias, tales como el arroz, la cebada y el trigo duro, tienen patrones de distribución diferentes a los que las especies alógamas, como el maíz.

La información recolectada mediante los pasos descritos a continuación permitirá determinar la cantidad y la distribución de la diversidad genética en fincas, de manera que un conservacionista pueda tomar decisiones para asignarle prioridad a la conservación de ciertas áreas y poblaciones objetivo.

Pasos que deben seguirse:

1. Empleando los métodos de acción participativa discutidos en el Capítulo 8 y la observación directa de campos, graneros y mercados, haga una lista de las variedades nombradas por los agricultores para la comunidad o sitio objetivo, y anote el nombre exacto de la variedad tal como fue dado por el agricultor, sin modificarlo (Capítulo 4); también puede animar a los agricultores a hacerlo a través de un Registro Comunitario de la Biodiversidad (Sección 10.4.1).
2. Repita este procedimiento durante varios ciclos de cultivo, sobre todo con los mismos agricultores (hombres y mujeres) para asegurarse de que todas las variedades cultivadas hayan sido registradas y observar el cambio en importancia relativa que experimentan algunas variedades en el tiempo.
3. Determine, junto con los agricultores, los criterios que ellos emplean para describir, reconocer y nombrar las variedades mediante métodos participativos (Capítulo 8), así como las pruebas de identificación en diferentes fases del ciclo de crecimiento de la planta (Capítulo 4).
4. Determine si los agricultores son consistentes cuando nombran y describen las variedades, comparando la información obtenida de las viviendas de los agricultores y la de diferentes grupos (por género, etnia y nivel de riqueza) (Capítulos 2 y 4).
5. Haga que los agricultores clasifiquen las variedades en relación a la importancia que le asignan (según sus diferentes criterios) y al área sembrada (Capítulo 4).
6. Obtenga medidas del tamaño y de la distribución de las parcelas o campos cultivados de cada variedad, de la densidad de siembra, de la distancia entre variedades a lo largo de los campos de los agricultores y del tiempo de floración de las variedades (Capítulo 5).
7. Empleando los métodos discutidos en el Capítulo 6, determine la fuente de la semilla, o sea, si es propia, si proviene de la misma familia, de los agricultores de la comunidad, de los agricultores de otras comunidades o de mercados locales o lejanos.
8. Haga pruebas de campo (Capítulo 4) para caracterizar las variedades locales junto con las modernas, según los criterios del agricultor y aspectos agronómicos clave.
9. Lleve a cabo una caracterización bioquímica y molecular empleando un subconjunto de variedades y calcule los índices de diversidad (Capítulos 4 y 5).
10. Compare estadísticamente las variedades nombradas por el agricultor con las medidas de identidad genética (agromorfológica, bioquímica, molecular), para determinar si las

- variedades nombradas por el agricultor son genéticamente distintas y, si lo son, el grado en que se distinguen (Capítulos 4 y 5).
11. Examine la cantidad de variedades nombradas por el agricultor y determine si son genéticamente las mismas en toda la comunidad o unidad administrativa (Capítulo 4).
 12. Calcule la diversidad promedio de un campo, la divergencia poblacional de genes y de los niveles de variación genética, las divergencias espaciales de genes y los niveles de variación de éstas (Capítulo 5).
 13. Determine si la diversidad aumenta con el tamaño del campo (Capítulo 5).
 14. Determine si las variedades de baja frecuencia o raras se seleccionan de las comunes para los diferentes sistemas de reproducción (Capítulo 5).
 15. Determine si las variedades locales comunes tienen el mayor número de alelos comunes en la localidad (Capítulo 5).
 16. Determine si el incremento en riqueza varietal está positivamente correlacionado con el aumento de la diversidad genética (Capítulos 4 y 5).
 17. Determine si la cantidad de variación de diferentes especies cultivadas está correlacionada (Capítulo 5).



Identificación de las principales características agromorfológicas del arroz, en Vietnam.

9.2.2 Estudio de los procesos empleados para mantener y manejar la diversidad

¿Cuáles son las prácticas agrícolas clave, incluyendo métodos y distancias de siembra, control de malezas, cosecha, almacenamiento y selección de semilla (Capítulos 3 a 6) que aseguran el mantenimiento de la diversidad? Estas prácticas pueden estar relacionadas con una variedad particular designada por el agricultor, con un cultivo en general, o con un tipo de suelo o de terreno. Los mejoradores pueden usar esta información para mejorar las variedades locales, y por los que manejan el sistema de producción de las fincas para mejorar el manejo de los factores limitantes abióticos y bióticos. Puede usarse también para encontrar métodos que permitan introducir nueva diversidad en el sistema de cultivo, y para determinar la vulnerabilidad del actual sistema de suministro de semilla y su efectividad en la conservación bajo condiciones normales y anormales (por ejemplo, hechos fortuitos). Esta información será importante para diseñar estrategias que apoyen los sistemas de manejo de las fincas en la labor de mantener la diversidad cultivada en el tiempo.

Pasos que conviene seguir:

1. Empleando métodos de acción participativa, determine las características agromorfológicas que los agricultores tratan de mantener porque son las que prefieren, y los caracteres que ellos quieren eliminar por medio de la selección (Capítulo 4).
2. Empleando métodos participativos o de acción participativa, haga que los agricultores identifiquen las variedades con características de adaptación a condiciones ambientales

- como tipos de suelo, resistencia a enfermedades propias del almacenamiento en post-cosecha, etc. (Capítulos 3 y 4).
3. Mediante métodos participativos identifique las variedades con características de calidad (como tiempo breve de cocción para el frijol, dureza y consistencia de las tortillas, sabor picante del ají) (Capítulo 4).
 4. Evalúe muestras de variedades criollas respecto a estos caracteres haciendo ensayos de campo y de laboratorio (Capítulo 4).
 5. Empleando métodos participativos, haga que el agricultor (él o ella) le indique cuáles son los factores del medio ambiente que limitan la producción de los cultivos (el régimen hídrico, el tipo de suelo, la topografía, una enfermedad, la temperatura).
 6. Empleando los métodos descritos en el Capítulo 3, caracterice estos “factores limitantes” para el sitio de estudio y, donde sea posible, trace un mapa de factores agroecológicos empleando sistemas de información geográfica (Capítulo 10).
 7. En el plano de la unidad administrativa o del sitio de estudio, haga una lista de las prácticas agrícolas, del manejo de la semilla y del suelo descritas por los agricultores en dos ámbitos: (1) a nivel de variedad del agricultor y (2) a nivel de parcela o para suelos y topografías particulares, con el fin de superar las limitantes o de mejorar la producción.
 8. Mediante pruebas de campo y experimentos de laboratorio, pruebe la efectividad de las prácticas que los agricultores reconocen como piezas clave del mantenimiento continuo de la diversidad en las fincas.
 9. Recopile información histórica para saber si las variedades de los agricultores son susceptibles de verse afectados por sucesos fortuitos que desencadenen la pérdida de variedades en las fincas, en el distrito administrativo o en la región.
 10. Empleando métodos participativos, determine si los agricultores introducen y mantienen nuevos caracteres en sus variedades o en el sistema de producción (o en los dos) por medio del flujo de semillas.
 11. Empleando la información anterior, la que se reunió siguiendo la sección 9.2.1, y los métodos del Capítulo 6 relativos a la fuente de semilla, determinar si las redes que integran a los agricultores, la comunidad y la semilla mantienen poblaciones de plantas suficientemente grandes para que su conservación sea efectiva en el tiempo.



El uso del riego, como se aprecia en este sistema de cultivo de alfalfa y palma datilera en el oasis de Marruecos, podría ser uno de los procesos para determinar la diversidad genética de estas especies cultivadas.

9.2.3 Determinación de los factores que motivan a los agricultores a mantener la diversidad

Una de las razones para reunir información socioeconómica sobre las viviendas es desarrollar una comprensión básica de los entornos humanos que caracterizan los sistemas de cultivos locales. Las características del hogar o la vivienda, el desarrollo del mercado, la intensificación agrícola, la agroecología y la política gubernamental determinan el número y la clase de variedades que siembran los agricultores, como se discute en el Capítulo 2. Cuando estas variables se suman en el contexto de la comunidad, proporcionan una interpretación básica de la forma en que se estructuran las viviendas o unidades familiares. Cuando el análisis bivariado se toma en el plano individual, puede ilustrar la forma en que se situarían los subgrupos particulares de la población, tales como hombres y mujeres, o jóvenes y ancianos. Además, se pueden usar tablas simples bivariadas para indicar correlaciones sociales y económicas que subyacen a las prácticas agrícolas. Por ejemplo, el tamaño de la vivienda o el nivel de riqueza pueden tener asociaciones significativas con la fragmentación de la propiedad de la tierra, lo que posiblemente tenga consecuencias en el mantenimiento que den los agricultores a la diversidad genética.

Si entre esos factores se identifica el que afecta el mantenimiento que hacen los agricultores de la diversidad, y que da cuenta además de los efectos potenciales del cambio ambiental, económico y cultural en el tiempo, este resultado será muy importante porque permite predecir que agricultores y comunidades continuarán cultivando poblaciones genéticamente diversas a lo largo del tiempo. Estos conocimientos pueden promover el diseño de programas adecuados de conservación en fincas de especies cultivadas que apoyen los sistemas de cultivo asociados con una alta diversidad genética.

Pasos que conviene seguir:

1. Empleando los métodos indicados en los Capítulos 2 y 8, reúna la información sobre las características de la unidad familiar, estratificada según la intensificación agrícola, la agroecología y el desarrollo del mercado.
2. Pruebe la relación de estos factores con alguna medida de elección de la variedad, mediante un análisis de regresión múltiple (Capítulo 2).
3. Relacione el análisis de elección de la variedad del agricultor con la actual diversidad genética del cultivo (medidas agromorfológicas y genéticas) (Capítulos 4 y 5).
4. Empleando los métodos participativos del Capítulo 8 y las encuestas del Capítulo 2, reúna información sobre las preferencias de los agricultores por variedades y por caracteres y también sobre los costos de producción, para calcular el “valor” que tienen para los agricultores.
5. Reúna información sobre los mercados de grano y de otros productos agrícolas, y la valoración que da el mercado a caracteres específicos de la variedad (Capítulo 2).
6. Haga un análisis hedónico de caracteres varietales basado en los precios del mercado (Capítulo 2).
7. Relacione la valoración que da el mercado a los rasgos varietales con la diversidad genética.

9.2.4 Identificación de quienes mantienen la diversidad

El conocimiento (respecto a género, edad, etnia, grupo social, riqueza, etc.) de quien es responsable de mantener, seleccionar y manejar las prácticas agrícolas (entre ellas la siembra, el control de malezas, la cosecha, el almacenamiento y la selección de la semilla) en una variedad es importante cuando se producen planes de acción para apoyar la

conservación *in situ* en fincas. Es necesario desagregar la información antes de sacar conclusiones sobre quién responde por el mantenimiento y el manejo de la diversidad genética en las fincas (ver Capítulo 8).

Pasos que conviene seguir:

1. Asegúrese de que la información recolectada sobre las unidades familiares o viviendas de los agricultores quede desagregada por género y, cuando sea necesario, por edad según los siguientes aspectos: (1) criterios para distinguir las variedades; (2) criterios para seleccionar la siguiente generación de una variedad; (3) el proceso de tomar decisiones sobre opciones de cultivo, por ejemplo la semilla que debe sembrarse en determinada parcela; y (4) las prácticas de manejo de la semilla y del cultivo (Capítulos 2 a 6).
2. Investigue si todas las parcelas se manejan como un una unidad familiar o de producción, o si son manejadas por ciertos grupos de género o edad (Capítulo 2).
3. Partiendo de la estructuración de las encuestas antes mencionadas, que se hicieron a las unidades familiares, establezca si algún grupo particular, ya sea étnico, social, económico, educacional, laboral, etc. mantiene más diversidad que los otros (Capítulo 2).



Las oportunidades de mercadeo, tanto local como regional, pueden ser un factor que afecta las decisiones de los agricultores respecto al mantenimiento de la diversidad de un cultivo, tal como se muestra en esta fotografía tomada en Burkina Faso.

9.3 Documentación de la conservación *in situ* en fincas

Los equipos de conservación en fincas deben preocuparse de que su trabajo quede bien registrado en todo el proceso de investigación, para asegurarse de que esa investigación pueda reproducirse en otro contexto y se desarrolle así un conjunto global de información. Los documentos generados en el proceso de investigación proporcionarán también una base útil para establecer un sistema de documentación de mucho tiempo sobre las poblaciones y las comunidades de las especies cultivadas objetivo de la conservación. Esta es, muchas veces, una reflexión tardía en muchos tipos de investigación sobre recursos fitogenéticos, aunque bastan unos pocos pasos para ayudar a asegurar una documentación efectiva.

Una documentación efectiva requiere contar con un sistema para almacenar y manejar información, que responda a las necesidades particulares de la investigación sobre la conservación en fincas (Hulden 1999). Por ejemplo, como se registran varias categorías de datos en diversos momentos, es muy importante tener un sistema de documentación

fácilmente accesible que se pueda actualizar en el tiempo. Un buen sistema de documentación será además flexible y podrá manejar diferentes tipos de información. Otros rasgos de un buen sistema de documentación son la claridad de su organización y su capacidad para mantener la integridad de los datos, recuperar rápidamente la información, y funcionar fácilmente (Painting *et al.* 1995). Un buen sistema de documentación combinará estos rasgos de manera que se ajusten a las necesidades y a las capacidades de la localidad.

La documentación de la conservación en fincas llega a ser muy efectiva cuando en ella participan comunidades dedicadas a la producción agrícola. Por ejemplo, el proyecto de conservación en fincas desarrollado por Nepal y el IPGRI inició un Registro Comunitario de la Biodiversidad en el que la comunidad como tal registra la información sobre los recursos fitogenéticos, y encuentra la forma de interpretar y usar la información en beneficio tanto de la comunidad dedicada a la agricultura como a los profesionales de los recursos fitogenéticos.

9.3.1 Registro y verificación de datos

La información recibida de los participantes debe registrarse para que sea accesible y duradera. Algunas técnicas de acción participativa incluyen el diseño de productos físicos, como mapas o calendarios dibujados, aunque otras requieren formas diferentes de documentación. En general, los investigadores del campo disponen de dos opciones: archivos escritos (notas de campo, formularios y transcripciones) y archivos visuales (fotografías y videos).

9.3.2 Archivos escritos

Las notas de campo pueden tomarse durante la recolección de los datos con los participantes y después de ella. Un enfoque común es anotar los puntos importantes mientras se hace la investigación, y más tarde completar los detalles de lo que se recuerde, junto con observaciones particulares y preguntas que provengan de la discusión (Scrimshaw y Hurtado 1990). La principal desventaja de las notas de campo es que se basan en la memoria y que, inevitablemente, se pierden datos en el proceso de entrevistar y escribir las notas.

Los formularios estándar para recolectar datos, que implican diseñar formularios de registro de datos antes de ir al campo, pueden simplificar la recolección de datos; un ejemplo conocido de estos formularios son los cuestionarios estructurados, que se discutieron en la sección 2.3. Estos formularios permiten a los investigadores registrar la información inmediatamente, de manera simple, y es poco probable que distraigan a los participantes. El uso de estos formularios estandarizados para el registro de datos requiere tomar decisiones antes de coleccionar la información, por lo cual los formatos ya preparados resultan bastante inadecuados para la mayoría de técnicas participativas. De éstas se exceptúan los ejercicios de correlación (clasificación, evaluación, ordenación) porque pueden simplificarse desarrollando formularios básicos que registren las respuestas de los participantes.

También es posible hacer un registro de audio de una entrevista o de un ejercicio, y después transcribir la grabación al papel. La principal ventaja de este enfoque es que permite registrar todas las palabras de la entrevista, lo que resulta muy útil en las discusiones de grupos, donde muchas personas pueden hablar a la vez, y en las entrevistas en que se emplean varios idiomas o dialectos, a veces difíciles de discernir. La desventaja de las transcripciones radica en los recursos que requieren, tanto en dinero (deben

comprarse grabadoras y cintas) como en tiempo (una transcripción en papel puede tomar más tiempo que una entrevista real).

La información registrada por escrito se puede ordenar y codificar para hacer análisis cuantitativos básicos. Con los datos de una entrevista sobre un tema específico, un investigador puede establecer categorías con diferentes tipos de respuestas. Codificando cada categoría de respuesta, es posible calcular estadísticas cuantitativas básicas empleando entrevistas cualitativas. De este modo, la información de una entrevista cualitativa se puede ligar directamente a otras formas de datos participativos (como los resultados de un ejercicio de correlación) o a la medición de datos biológicos.

9.3.3 Registros visuales

Los registros visuales pueden ser útiles para ciertos tipos de información. Fotografías y videos sirven para documentar aspectos particulares del conocimiento del agricultor con un nivel de detalle que no se puede comparar con el del texto escrito. Los investigadores se valen de las fotografías para documentar las características físicas, ya sea de un agroecosistema (condiciones del suelo, etc.) o de una variedad criolla (caracteres morfológicos, etc.), como los agricultores los ven. Las grabaciones de video son aún mejores para la documentación de procesos como la selección de semilla en el campo o la preparación de alimentos.

9.3.4 Triangulación de la información

Verificar la exactitud de los datos reunidos durante la investigación cualitativa es un paso importante para la producción de resultados eficaces. Un enfoque es la triangulación, o sea, la evaluación cruzada de los datos reunidos con una técnica empleando datos recolectados con otras técnicas (FAO 1998). Esto es posible gracias a la superposición de las técnicas de recolección de datos, las cuales son características de la investigación social participativa. Si se confirman los resultados mediante la triangulación, entonces es más probable que sean confiables. Si los resultados discrepan durante la triangulación, es posible que los datos se deban reexaminar. Los datos que parecen incongruentes pueden ser el resultado de datos de baja calidad obtenidos de los participantes, aunque también pueden reflejar las grandes diferencias en conocimientos que presentan participantes cuyos antecedentes demográficos, sociales o económicos son muy diversos.

9.4 Devolución de la información a la comunidad

Una parte de la investigación participativa requiere una garantía de que la información podrá ser usada de algún modo por la comunidad de donde ha sido extraída y que esa información retornará en un formato atractivo. Los datos recogidos en una investigación en fincas, como la recopilación de varios nombres, podrían ser útiles a la comunidad para los Registros Comunitarios de Biodiversidad y para otros sistemas de documentación del conocimiento local. Los carteles o exhibiciones en el idioma propio de la región sirven para presentar la información de modo escrito. El conocimiento cultural, como recetas o canciones folklóricas en que se realce la importancia de la diversidad de los cultivos locales, se puede publicar y difundir en las comunidades en los idiomas respectivos. Otras estrategias de información al público antes mencionadas, como las Ferias de Diversidad y el Teatro de la Diversidad, se pueden emplear para compartir información con una audiencia más grande y tienen la ventaja de llegar más allá del límite que traza la población instruida. Como ocurre siempre con el trabajo participativo, los miembros de la comunidad deben involucrarse en la decisión de elegir las estrategias más útiles para compartir la información que resulte de esa investigación en colaboración.

9.4.1 Sistemas de información de las comunidades

En los sistemas de información de las comunidades pueden establecerse registros comunitarios sobre todas las variedades criollas de una comunidad, que sus miembros consignan en papel o en formato electrónico; en la información proporcionada se incluyen el nombre de los agricultores, los datos de pasaporte (como las características agromorfológicas), las características agroecológicas, y la importancia cultural y el uso que tienen. La recolección y la documentación de los conocimientos de los agricultores sobre otros usos futuros fueron denominadas “banco de memoria” por Nazarea en 1998 (Nazarea-Sandoval, 1990), haciendo una analogía del almacenamiento y la documentación del germoplasma en un banco de germoplasma. El banco de memoria sirve para captar las dimensiones culturales de la biodiversidad de una especie vegetal –entre ellas los nombres locales, la tecnología indígena y los usos asociados con diferentes plantas y variedades– para que las comunidades tengan acceso a él y lo controlen. El mecanismo descrito por Nazarea supone la integración de este tipo de conocimiento en los sistemas de los bancos de germoplasma, o asociarlo con una iniciativa de conservación *in situ*. Un ejemplo de un sistema comunitario de información mantenido en el ámbito local por los agricultores es el Registro Comunitario de la Biodiversidad, discutido en la sección 10.4.1.

9.5 Utilización de la información en planes de acción dirigidos a la conservación en fincas

Cuando se conocen la extensión y la distribución de la diversidad, los procesos que la mantienen, las razones por las cuales se mantiene esta diversidad y las personas o entidades que la mantienen, un programa nacional puede empezar a formular planes para apoyar procesos en marcha, que pueden incluir intervenciones bien definidas.

Las metas de conservación, que pueden interesarse por especies o por niveles del ecosistema (o por ambos), deben necesariamente conformar un plan de acción orientado a la conservación en fincas. La decisión de conservar una población de una determinada especie se debe basar en factores como la cantidad de diversidad, la singularidad de la diversidad, la utilidad de la diversidad, la amenaza a que se enfrenta esa diversidad, y otras prioridades nacionales. Las necesidades de la comunidad serán también factores que influyen en esta decisión.

Si se comprueba que la cantidad y calidad de la diversidad genética de las especies cultivadas seleccionadas son suficientes para cumplir las metas nacionales de conservación y para ajustarse a los usos locales, y si los procesos que mantienen la diversidad y los factores que influyen en las decisiones que toma el agricultor son constantes en el tiempo, entonces la única acción que se realiza en un programa de conservación en fincas sería un sistema comunitario de seguimiento (o supervisión), con un enlace al instituto central de recursos fitogenéticos, para asegurarse de que se continúe respondiendo a las necesidades locales y nacionales. Si no es así, las intervenciones que apoyen las decisiones de los agricultores y los procesos que mantengan la diversidad se pueden elegir contando con el conocimiento de la distribución espacial de la diversidad genética y de las personas o entidades que mantienen dicha diversidad. Por ejemplo, el conocimiento de que las variedades raras se derivan de las variedades comunes ayudaría a los administradores de los recursos fitogenéticos a priorizar la conservación de las variedades. Si se averigua que la diversidad aumenta con el tamaño de la finca, entonces se deben elegir las fincas o campos de tamaño más grande para recibir apoyo. Si los agricultores de escasos recursos mantienen recursos genéticos de especies cultivadas adaptados a agroecosistemas marginales o de nicho, entonces la estrategia de conservación escogería ese grupo. De igual manera, si el suministro de semilla es una limitante del mantenimiento que hacen los

agricultores de la diversidad, hay que dirigir el apoyo a los proveedores locales de semillas. Todas las intervenciones deben diseñarse y llevarse a cabo a través de la colaboración entre la comunidad y el sistema nacional de recursos fitogenéticos. Las opciones que pueden “agregar valor” a los recursos cultivables en las localidades, con el fin de apoyar los sistemas de cultivo que mantienen una gran diversidad vegetal, son el tema que se tratará en el Capítulo 10.

9.6 Referencias

- Barbour, M.G., J.H. Burk y W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial plant ecology* (2nd Edn.). Benjamin Cummings Publishing, Wokingham, UK.
- Causton, D. R. 1988. *An introduction to vegetation analysis*. Unwin Hyman, Londres.
- FAO. 1998. *Socioeconomic and Gender Analysis Programme Field Handbook* (Principal Author, V.L. Wilde). FAO, Roma, Italia.
- Gauch, Hugh G. Jr. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. Butterworths, Londres.
- Hulden, M. 1999. Database management systems for *in situ* conservation: A perspective on preservation of transient germplasm. *Botanica Lithuanica Suppl.* 2:91-98.
- Kendall, M. y J.K. Ord. 1990. *Time Series*. (3rd edn.). Griffin, Londres.
- Jarvis, D. I. y T. Hodgkin, eds. 1998. *Strengthening the scientific basis of in situ conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for in situ conservation on-farm, 25-29 August 1997*. IPGRI, Roma, Italia.
- Kershaw, K.A. y J.H. Looney. 1985. *Quantitative and dynamic plant ecology*. Edward Arnold, Londres.
- Nazarea, V. D. 1998. *Cultural memory and biodiversity*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Nazarea-Sandoval, V. 1990. *Memory banking of indigenous technologies of local farmers associated with traditional crop varieties: A focus on sweet potato. Proceedings of the Inaugural Workshop on the User's Perspective with Agricultural Research and Development*. UPWARD/International, Los Baños, Filipinas.
- Painting, K.A., M.C. Perry, R.A. Denning y W.G. Ayad. 1995. *Guidebook for gGenetic resources documentation*. IPGRI, Roma, Italia.
- Scrimshaw, S. y E. Hurtado. 1990. *Rapid assessment procedures for nutrition and primary health care*. United Nations University, Tokyo.

9.7 Lectura recomendada

- Bretting, P.K. y D.N. Duvick. 1997. Dynamic conservation of plant genetic resources. *Advances in Agronomy* 61:1-51.
- Brockhaus, R. y A. Oetmann. 1996. Aspects of the documentation of *in situ* conservation measures of genetic resources. *Plant Genetic Resources Newsletter* 108:1-16.
- Brown, A.H.D. y D.R. Marshall. 1996. A basic sampling strategy: theory and practice. Pp. 75-91 *in* *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (L. Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.). CAB International, Oxon, UK.
- Crossa, J. 1989. Methodologies for estimating the sample size required for genetic conservation of outbreeding crops. *Theoretical and Applied Genetics* 77:153-161.
- Frankfort-Nachmias, C. y D. Nachmias. 1996. *Research Methods in the Social Sciences*. St. Martin's Press, New York.
- Kent, M. y P. Coker. 1999. *Vegetation description and analysis*. John Wiley y Sons, Inc., New York, NY.

Capítulo 10 Incrementando los beneficios de la diversidad local cultivada para los agricultores

Con la colaboración de:

A. Amri, L.M. Arias-Reyes, D. Balma, A. Birouk, F. Castillo-González, S. Ceccarelli, J.L. Chávez-Servia, N.N. De, P. Eyzaguirre, D. Fanissi, D. Gauchan, L. Holly, K.D. Joshi, O. Kabore, I. Mar, F. Márquez-Sánchez, F. Nassif, R. Ortega-Paczka, D.K. Rijal, K. Riley, A. Subedi, A. Tan y L.N. Trinh ¹

10.0	Objetivos del capítulo	170
10.1	Aumentar en pro de los agricultores la competitividad de la diversidad genética cultivada	170
10.2	Mejorar el material	170
10.2.1	Fitomejoramiento participativo	171
10.2.2	Fortalecer el manejo que el agricultor da a las semillas	172
10.2.3	Salud del agroecosistema	172
10.3	Mejorar el acceso de los agricultores al material genético	174
10.3.1	Registros de biodiversidad y bancos de germoplasma comunitarios	174
10.3.2	Redes de intercambio de semilla	175
10.3.3	Vincular los sistemas de suministro de semillas de los agricultores al sector formal	175
10.3.4	Incorporar los cultivos locales en los planes de extensión agrícola	176
10.3.5	Ferias de la diversidad	176
10.4	Incrementar la demanda del consumidor	178
10.4.1	Agregar valor mediante el procesamiento del producto	179
10.4.2	Cultivos orgánicos	180
10.5	Papel de la política	181
10.6	Decidir sobre una iniciativa apropiada	182
10.7	Evaluar las opciones para aumentar beneficios	183
10.8	Referencias	185
10.9	Lectura recomendada	186

¹ Crédito para las fotografías: Pp. 172, 177, 179, 181: D. Jarvis; p. 173: J.L. Chávez-Servia

10.0 Objetivos del capítulo

Al final de este capítulo, los participantes deberán tener una noción clara de:

- Las opciones disponibles para elevar los beneficios que reciben los agricultores por mantener la diversidad en las fincas.
- Por qué es necesario evaluar varias iniciativas para "agregar valor".

10.1 Aumentar en pro de los agricultores la competitividad de la diversidad genética cultivada

Cuando la investigación sobre la conservación en fincas ha identificado tanto las poblaciones de especies cultivadas de importancia genética como los sistemas de producción agrícola que tienen prioridad en el trabajo de conservación, parecería apropiado valorar diferentes opciones que "agregue valor" a esas poblaciones o, en otras palabras, que aumentan los beneficios recibidos por los agricultores al sembrar la diversidad de recursos cultivables de su localidad en un contexto determinado, tanto en el plano social como en el económico y en el ecológico. Cuando nos referimos a "aumenten los beneficios" de los agricultores que siembran la diversidad cultivada de una localidad, queremos decir **beneficios netos** (o sea, los beneficios menos los costos), ya que la participación de los agricultores en estas opciones puede generar costos. Para diseñar estrategias apropiadas es de fundamental importancia documentar como las poblaciones de especies cultivadas, que se eligen para ser conservadas, son valoradas por los agricultores que las producen y consumen o por los consumidores que compran en el mercado, como se discutió en el Capítulo 2. Cuando se comprenden los incentivos que tienen los agricultores para continuar cultivando los diversos cultivos de una localidad, los programas de conservación en fincas pueden actuar incrementando esos incentivos. Un componente importante de la investigación en fincas es investigar que estrategias se pueden emplear para obtener beneficios de la producción de variedades locales y para apoyar los sistemas de cultivo asociados con una alta diversidad genética.

A continuación se presenta una lista de métodos útiles para "agregar beneficios" a la labor de los agricultores, pero conviene anotar que dichos métodos no han sido aún sometidos a prueba para saber cuál de ellos, acaso, estaría asociado con la conservación de una alta diversidad genética a través del tiempo. Uno de los mandatos de la investigación sobre conservación en fincas del futuro será probar esas relaciones. Los métodos que se tratan enseguida se dividen, por conveniencia, en tres categorías, aunque pueden superponerse y no incluyen todas las posibles estrategias. Los medios comunes de aumentar los beneficios que reciben los agricultores por cultivar las variedades criollas implican el mejoramiento de las variedades locales y del sistema de producción, un incremento del acceso de los agricultores a diversidad de variedades, y un aumento de la demanda del consumidor por productos que suponen el empleo de una diversidad de variedades locales.

10.2 Mejorar el material

El mejoramiento de la diversidad de poblaciones cultivadas o de los sistemas de producción en que se desarrollan es una forma posible de aumentar los beneficios de los agricultores. Se han diseñado estrategias para mejorar las variedades locales y de acuerdo con los intereses de los agricultores, como el fitomejoramiento participativo y los tratamientos de limpieza de semillas. Es posible, además, fortalecer las prácticas de almacenamiento de semillas para prevenir pérdidas debidas a enfermedades, a plagas y al deterioro natural. Las prácticas de manejo, en especial las agroecológicas, servirían también para apoyar la

producción de diversos cultivos. Los sistemas de poco insumo químico o la agricultura orgánica aplicados a las variedades criollas pueden servir para promover la estabilidad y la salud del agroecosistema. Tales estrategias de mejoramiento deben operar a nivel local, ya que se emplearían en pro de una diversidad de variedades criollas.

10.2.1 Fitomejoramiento participativo

El ámbito del fitomejoramiento participativo (FMP), o sea, la colaboración entre científicos y comunidades de agricultores para realizar actividades de mejoramiento, presenta un escenario ideal para que los agricultores empleen su germoplasma, conservado en sus campos de cultivo, como parte de una iniciativa de mejoramiento de especies cultivadas (Eyzaguirre e Iwanaga, 1996). De este modo, las variedades criollas pueden mejorarse conservando los caracteres que prefieren los agricultores o incorporando otros caracteres en su variedad criolla preferida. Los caracteres que suelen mejorarse están relacionados con el rendimiento, la resistencia a las plagas y las enfermedades, la palatabilidad en el caso de los forrajes, el sabor, los valores nutricionales, el valor de mercado u otros aspectos. Con el paso del tiempo, las variedades criollas han sido seleccionadas por los agricultores respecto a caracteres particulares o a su adaptación a condiciones locales en que su rendimiento es más estable. Esta selección local seguirá ocurriendo en un escenario de conservación en fincas.

Aunque la metodología precisa que aquí se aplica puede variar, el FMP se desarrollaría partiendo de las prácticas mejoramiento de los agricultores mediante la introducción de germoplasma nuevo; los agricultores lo combinarían con las variedades criollas que ya existen y de ahí seleccionarían sus caracteres preferidos o con algunas adaptaciones específicas. Por ejemplo, una variedad criolla se escoge como progenitora para proporcionar los genes de adaptación al medio local (como resistencia a la sequía), y una variedad moderna se elige para donar genes de otros rasgos preferidos (como alto rendimiento o resistencia a una enfermedad). Cuando se cruzan la variedad criolla y la variedad moderna, los agricultores pueden hacer selección en la progenie híbrida que crecerá bajo las condiciones agroecológicas de la localidad.

El FMP hace énfasis en la habilidad de los agricultores para participar en la investigación. Es una forma de desarrollar las capacidades de los agricultores, ya que les transfiere habilidades para el fitomejoramiento, como el cruzamiento, la selección y la producción de semillas. Tomando un plazo más largo, estas habilidades serían fundamentales para apoyar la conservación en fincas, la conciencia de los agricultores sobre sus capacidades y su poder de decisión, y el control cada vez mayor que tendrán ellos sobre sus medios de vida. El desarrollo de habilidades partiendo del FMP puede emplear los conocimientos que ya tienen los agricultores sobre selección y puede enseñarles los enfoques científicos del mejoramiento de cultivos.

La efectividad del FMP como estrategia para mantener la diversidad de especies cultivadas en las fincas aún necesita evaluarse. Las preguntas que se deben resolver son: ¿Es posible conservar *in situ, per se*, las variedades del agricultor? ¿Puede el FMP contribuir al incremento y a la conservación *in situ* de las diversas variedades criollas y proporcionar beneficios a las comunidades? ¿Puede lograrse el mejoramiento genético sin que se pierda la diversidad genética?



Como indica esta parcela en Nepal, el fitomejoramiento participativo con variedades criollas tuvo más éxito que el mejoramiento formal en la producción de variedades bien adaptadas. El cruzamiento de una variedad de arroz local de Jumla con otras variedades nepalesas modernas (derecha) generó variedades de arroz tolerantes al frío (izquierda).

10.2.2 Fortalecer el manejo que el agricultor da a las semillas

Es posible que la conservación en fincas sea apoyada por un fortalecimiento de las habilidades y los conocimientos de los agricultores en relación con la limpieza, la producción, el mantenimiento y el almacenamiento de la semilla. La capacitación en el manejo de semillas rara vez se orienta hacia el desarrollo de la capacidad de los agricultores para asegurarse de que sus variedades criollas (o nativas) retengan las características deseadas. Muchas veces, esta capacitación se orienta más bien a lograr que las variedades criollas sean más uniformes, diferentes y estables, lo que puede causar la pérdida de caracteres valiosos por su adaptabilidad y, además, exclusivos de dichas variedades.

10.2.3 Salud del agroecosistema

El cultivo de variedades criollas integradas a prácticas agrícolas de pocos insumos o basadas en productos orgánicos puede sostener un sistema de cultivo porque mejora la estabilidad y la salud del agroecosistema. La siembra de variedades criollas adaptadas a las condiciones de ambientales locales puede mejorar la estructura del suelo y permitir que se apliquen menos insumos químicos como fertilizantes, pesticidas y herbicidas, que sí están relacionados con las variedades modernas de amplia adaptación. Más aún, si se cultivan diversas variedades, disminuye la vulnerabilidad del agroecosistema a las plagas y a otros tipos de estrés ambiental. Si el lector desea tratar con más profundidad el efecto de la diversidad genética de los cultivos en los agroecosistemas, puede consultar el Capítulo 4.

Ejemplo: Selección masal de maíz en Yaxcabá, México

En la selección masal se selecciona y se usa, para obtener la generación de la siguiente siembra, la semilla de plantas individuales cuyas características fenotípicas son tanto preferidas como no preferidas. El componente mexicano del proyecto del IPGRI de conservación *in situ* en fincas trabaja con los agricultores de Yaxcabá, en Yucatán, para elevar la productividad de las variedades criollas o nativas, mediante el mejoramiento de las técnicas de selección masal. Justamente antes de la floración y durante esa etapa –en vez de hacerlo durante el almacenamiento de la semilla después de la cosecha, como hacen tradicionalmente los agricultores– se escogen las plantas que tienen características deseables y, al momento de la cosecha, se seleccionan de nuevo las más saludables y productivas, empleando una presión de selección de 20% para evitar la deriva genética y ajustándose a las preferencias de los agricultores. Este proceso se repite cinco veces, y las poblaciones seleccionadas masalmente se evalúan cada año con criterio agronómico respecto al rendimiento del grano y a la calidad de las plantas. Los reportes sobre ganancias esperadas de la selección masal son del orden de 2% por ciclo. En los valles centrales de México, las ganancias totales de tres ciclos de selección y de cinco poblaciones fueron, aproximadamente, de 20%. Si se consideran la enorme variabilidad de las poblaciones de plantas que manejan los agricultores y su capacidad para deshacerse de la peor parte de una población, estas ganancias serían factibles en las primeras generaciones de la selección.

Fuente: Castillo *et al.*, 2000.



Selección masal de variedades de maíz en Yucatán, México.

Ejemplo: *Nayakrishi Andolon*, un movimiento indígena por la agricultura orgánica en Bangladesh

Los agricultores de Bangladesh desarrollaron el *Nayakrishi Andolon* (Nuevo Movimiento Agrícola) para dar impulso a la agricultura ecológica, en respuesta a las repercusiones negativas de la agricultura basada en la química, hoy tan extendida, que se manifestaron especialmente en la pérdida de producción y de ingresos de las unidades familiares y de las comunidades. Por lo menos 50,000 agricultores practican el *Nayakrishi* en todo Bangladesh. Entre los principios del *Nayakrishi* están los siguientes:

- No aplicar plaguicidas o fertilizantes químicos, y destacar en cambio el mejoramiento de la fertilidad del suelo mediante el empleo de 'abonos verdes'.
- Hacer énfasis en los sistemas de cultivos múltiples, sobre todo los que emplean especies fijadoras de nitrógeno, a fin de reducir la competencia de plagas y plantas.
- Promover la conservación, el manejo y el empleo de especies cultivadas locales (Mazhar, 1996).

10.3 Mejorar el acceso de los agricultores al material genético

Mejorar el acceso que tienen los agricultores a los recursos genéticos de diversos cultivos, así como a la información sobre tales recursos, serviría para ampliar sus opciones cuando eligen variedades, al tiempo que se fomenta la conservación de la diversidad. El acceso a nuevas y diversas variedades se puede mejorar mediante bancos de germoplasma y registros comunitarios de la biodiversidad, el fortalecimiento de redes de intercambio de semillas, y mediante la incorporación de las variedades locales dentro de los programas nacionales de extensión; por su parte, la información sobre dichas fuentes puede difundirse mediante actividades de tipo comunitario que informen al público, como un Teatro de la Diversidad y las Ferias de Diversidad.

10.3.1 Registros de biodiversidad y bancos de germoplasma comunitarios

La escasa provisión de semillas de buena calidad de las variedades criollas sería un obstáculo para el constante mantenimiento de la diversidad genética. Un instrumento que podría superar esa limitación es el establecimiento de un registro de biodiversidad o de un banco de germoplasma comunitarios. Estas instituciones son de tamaño moderado, prestan servicio a una comunidad individual o a varias comunidades de una región, y pueden almacenar la semilla local durante períodos breves. Los bancos de germoplasma son económicos y normalmente emplean tecnologías sencillas para el almacenamiento.

La principal característica de un banco de germoplasma comunitario es ser accesible a los agricultores como sitio de almacenamiento y como fuente de semilla, tanto nueva como criolla. Estos bancos de germoplasma dan a los agricultores la capacidad de guardar pequeñas cantidades de semilla en un ambiente seguro y durante un lapso corto, con las cuales pueden probar nuevas variedades o tratar de manejar los riesgos ambientales. Además, los agricultores tienen acceso al banco de germoplasma para identificar la reserva de semilla nueva que podría incorporarse en sus planes de siembra. Algunos bancos de germoplasma comunitarios invitan a los agricultores de una localidad a evaluar variedades criollas o nativas cuando se está acabando el germoplasma de éstas.

Los bancos de germoplasma comunitarios pueden proporcionar a los agricultores una forma de almacenar el germoplasma de variedades criollas valiosas en un escenario *ex situ* con sede en la comunidad. Este enfoque puede incrementar más los beneficios, en especial si se integra a una red de intercambio de semilla, lo que ayudará a los agricultores a mejorar el control que ejercen sobre su material genético.

Este enfoque tiene algunas desventajas, ya que los bancos de germoplasma de una comunidad, caracterizados por su tamaño pequeño, sólo pueden mantener un número limitado de accesiones y de réplicas de éstas. Además, los miembros de la comunidad pueden preferir almacenar su semilla en forma individual y tener acceso a la información sobre la ubicación de otras semillas en las aldeas. En este sentido, los **Registros Comunitarios de Biodiversidad** (RCB) serían un enfoque alternativo. Un RCB es una lista en que se relacionan las variedades criollas o nativas cultivadas en una comunidad y mantenidas por sus miembros, y que contiene información de las variedades criollas respecto a sus características agromorfológicas y agronómicas, su adaptación agroecológica, usos especiales, lugar de origen y personas o entidades que las cultivan. Los administradores de los RCB no sólo están al tanto de las unidades familiares que almacenan semillas, sino que abordan el problema del manejo de la semilla en el ámbito de la comunidad, y animan a los agricultores a establecer un intercambio informal de información. Los RCB confirman el valor del conocimiento indígena de los recursos genéticos de las especies cultivadas e impulsan a la gente a continuar con su uso y su conservación. El desafío que enfrentan hacia el futuro los conservacionistas de los recursos fitogenéticos es

apoyar a las comunidades en la creación de su RCB, con el fin de promover la implementación de sistemas que no necesiten de apoyo externo.

10.3.2 Redes de intercambio de semilla

Otra manera de reforzar el mantenimiento del germoplasma local es mediante el fortalecimiento o el establecimiento de redes locales de intercambio de semillas. Éstas pueden aumentar el suministro de germoplasma de la especie cultivada adaptada a la localidad, facilitando así el acceso a ella y superando los obstáculos de suministro que llevarían a los agricultores a adoptar las variedades modernas que están fácilmente a su disposición.

En muchas comunidades, las redes de intercambio de semillas tienen un largo historial y no necesitan ninguna facilitación o desarrollo. Tales redes pueden ponerse a la tarea de reintroducir variedades criollas comunes en áreas donde éstas se hubieren perdido o hubiesen caído en desuso, o de difundir germoplasma nuevo proveniente de la hibridación con especies silvestres o arvenses o del sector formal de mejoramiento. Estas redes pueden establecerse sobre una base de relaciones de parentesco, relaciones sociales o mercados locales.

Estas redes son igualmente importantes para difundir conocimientos junto con el germoplasma. Para que las semillas puedan intercambiarse y emplearse eficazmente, deben ir acompañadas por el conocimiento local de sus caracteres útiles y de sus limitaciones. De este modo, el germoplasma y los conocimientos que lo acompañan pueden mantenerse en circulación, y también ser conservados, por una comunidad o en una región.

Para funcionar en condiciones de sostenibilidad, las redes de intercambio de semillas pueden requerir del apoyo de otra clase de iniciativas de conservación en fincas. Por ejemplo, el acople entre una red de intercambio de semillas, un banco de germoplasma, una feria de diversidad o una iniciativa informal de investigación y desarrollo (IDI)² servirá para proporcionar más beneficios a los agricultores que participen. Asimismo, las redes de intercambio de semilla serían conexiones importantes para integrar a los agricultores en programas nacionales de recursos fitogenéticos y en sistemas de suministro de semillas (ver más adelante).

10.3.3 Vincular los sistemas de suministro de semillas de los agricultores al sector formal

La coordinación entre los sistemas informal y formal de suministro de semillas podría promover la conservación de variedades criollas que se encuentren en riesgo de extinción, al tiempo que mejoraría el acceso de los agricultores a las nuevas variedades. Las instituciones de carácter regional y distrital podrían apoyar la conservación en fincas, en particular en el ámbito local, si se vinculan a los bancos de germoplasma y a los registros comunitarios de la biodiversidad, para asegurarse de que las variedades poco comunes se conserven para el uso futuro que les darían los agricultores.

² La investigación y el desarrollo informales (IDI) son un método informal y simple de probar, escoger y multiplicar semillas selectas para su desarrollo ulterior (Joshi y Sthapit 1990). El principal propósito de IDI es superar la limitación representada en el acceso deficiente que tienen, a los nuevos cultivares de especies cultivadas, los agricultores que se mueven en los sistemas convencionales de investigación y de extensión. La IDI se empleó primero en el Centro de Investigación Agrícola Lumle (LARC, en inglés), en Nepal, y su uso se extiende cada vez más desde entonces para probar y difundir variedades, de modo participativo, en diferentes organizaciones de producción tanto de ambientes marginales como comerciales, en Nepal y en India (Joshi y Sthapit 1990; Joshi *et al.* 1997). Pequeñas cantidades de semilla de variedades liberadas o casi a punto de liberarse se distribuyen entre algunos agricultores de una comunidad para que las siembren bajo sus propias condiciones de manejo.

El Centro de Recursos Fitogenéticos de Etiopía, conocido hoy como Instituto de la Biodiversidad (BDI), mantiene unas 50,000 accesiones pertenecientes a más de 100 especies cultivadas. Desde 1987, el BDI se ha dedicado a rescatar germoplasma local y usarlo de manera sostenible mediante programas que ayudan a los agricultores a conservar y a mejorar las variedades locales. Se ha desarrollado un Programa de Reserva de Semilla en colaboración con la Corporación de Semillas de Etiopía para ayudar a las áreas más afectadas por la sequía de 1984/85. Después de la sequía, las ONG locales establecieron una red de bancos de semilla comunitarios, manejada por las asambleas de las comunidades, para suministrar semillas locales, sobre todo de las variedades que sembraban los agricultores. Sus actividades se han dirigido a incorporar las reservas de semilla nativa en la conservación, el mejoramiento y el uso sostenible de las variedades locales por parte de los pequeños agricultores.

Fuentes: Berg, 1993; Worede, 1992; Worede *et al.*, 2000

10.3.4 Incorporar los cultivos locales en los planes de extensión agrícola

Capacitar al personal del servicio de extensión rural respecto al valor de los recursos genéticos contenidos en los cultivos de las localidades y en la importancia de conservar las variedades criollas sería un paso importante hacia la creación de programas de extensión que apoyen, en lugar de obstaculizar, el mantenimiento en fincas de la diversidad de recursos cultivables. Esta capacitación podría incorporarse en el plan de estudios (el currículo) de los agentes de extensión en todo el país o podría ofrecerse como una capacitación al interior de la entidad de extensión para sus técnicos más experimentados. Si el personal del servicio de extensión reconoce la importancia que tienen las variedades criollas tanto para la conservación como para el bienestar de los agricultores, su trabajo podría convertirse en un medio para difundir la diversidad local de los cultivos y los conocimientos, mientras se fortalecen las relaciones entre las comunidades agrícolas y los sistemas nacionales de recursos fitogenéticos.

Junto con la capacitación de los agentes de extensión, podría lograrse que las variedades criollas formaran parte de los planes o 'paquetes' de extensión que se ofrezcan a los agricultores. Este resultado haría que algunos mecanismos de desarrollo agrícola llegaran a las redes de suministro de semillas, puesto que los agentes de extensión pondrían las variedades criollas, junto con las modernas, a disposición de los agricultores. Cuando el personal de extensión comprenda los beneficios que traen consigo la conservación en fincas y el valor dado a la diversidad, se convertirán en promotores activos del empleo de las variedades criollas.

10.3.5 Ferias de la diversidad

Una feria de la diversidad es un instrumento para despertar la conciencia de las comunidades de agricultores sobre la importancia de la diversidad en las especies cultivadas. La feria congrega a los agricultores de una o más comunidades para mostrarles los tipos de variedades criollas que cada uno cultiva. En vez de dar premios a la mejor variedad individual (por ejemplo, por el rendimiento o el tamaño), las ferias de la diversidad galardonan a los agricultores o a las cooperativas que presenten la mayor diversidad de cultivos junto con los conocimientos relativos a ella.

Algunas comunidades ya organizan reuniones similares a las ferias de la diversidad, y son eventos tradicionales donde los agricultores convergen para mostrar sus variedades criollas y compartir semillas y conocimientos. Estas ferias pueden convertirse también en mercados, dónde se puede comprar y vender el material de las variedades criollas.

Para aumentar el atractivo que estas ferias tienen como eventos, es mejor realizarlas de vez en cuando, aunque de manera regular; quizás una vez al año. El momento oportuno para convocarlos debe ajustarse a una temporada agrícola, quizás después de la sequía o

simplemente antes de una nueva siembra del cultivo. Hay casos en que se llevan a cabo varias ferias de la diversidad al año, y cada una se orienta a un cultivo específico.

Las ferias de la diversidad representan un foro importante en que se reconocen públicamente la labor de los agricultores y la diversidad de las especies que ellos cultivan. Estas ferias desempeñan un papel en los programas de conservación en fincas como estrategia para:

- hacer un reconocimiento a los agricultores que mantienen grandes cantidades de diversidad genética, poseen conocimientos extraordinarios sobre la diversidad cultivada, o son reconocidos y respetados ampliamente por otros agricultores (o tienen más de una de tales características);
- preparar un inventario de las variedades criollas de una comunidad o región, incluyendo en él la identificación y la ubicación de variedades criollas raras o en peligro de extinción;
- localizar nichos o reductos en que hay casos especiales de diversidad e identificar las fuentes del suministro formal e informal de semillas en una comunidad;
- permitir que diversos agricultores o miembros de la comunidad, en general, se congreguen y evalúen el nuevo germoplasma, ya sea en forma de variedades modernas o como producto de las actividades del fitomejoramiento participativo.

Cuando la feria de la diversidad se realiza periódicamente, puede ser el complemento de otras estrategias que promueven beneficios, como las redes de intercambio de semilla y el banco de germoplasma comunitario. Esta combinación de actividades recibiría un beneficio adicional: ayudaría a desarrollar en las comunidades la conciencia de sus capacidades y de su poder de decisión para que controlen mejor sus recursos genéticos.



Drama sobre la diversidad, titulado "Cosas que le ocurren a una comunidad", organizado al borde de un camino por un grupo de mujeres del pueblo de Kholā Ko Chew, distrito de Kaski, Nepal. La obra se basa en la historia real de un pueblo que muestra el valor de cultivar arroz silvestre en los terrenos que rodean las variedades criollas.

Pasos para organizar una feria de la diversidad en Vietnam

- La preparación de una feria de este tipo incluye los siguientes pasos:
- Formar grupos para la competencia
- Seleccionar las especies objetivo
- Desarrollar los procedimientos para la competencia
- Conformar una mesa de jurado
- Determinar un método para la competencia
- Evaluar y otorgar los premios

Hubo cuatro rondas de competencia:

- **Ronda 1.** *Conocimientos de los agricultores sobre las variedades recolectadas.* Se seleccionaron 7 variedades raras en secreto y se empacaron en cajas cerradas que se enumeraron del 1 al 7. A cada grupo se le asignó una variedad entregándole un dibujo, luego se le pidió responder cinco preguntas sobre: 1) la identificación de la variedad; 2) el origen de la variedad (cuándo se sembró por primera vez en la comunidad, quién fue su primer cultivador (o quiénes fueron ellos), de dónde provenía(n)); 3) la descripción de las características más importantes de la variedad, que otras personas pueden también identificar; 4) el método para cultivarla; 5) la técnica para conservar la semilla hasta el año siguiente.
- **Ronda 2.** *Conocimientos de los agricultores sobre la diversidad de especies cultivadas.* A cada grupo se le hicieron, de manera idéntica, dos preguntas: 1) ¿Qué es la diversidad de especies cultivadas? 2) ¿Por qué es necesario mantener esa diversidad en una comunidad?
- **Ronda 3.** *Erosión genética y razones que la explican.* A cada grupo se le asignó, mediante un dibujo, una especie cultivada de siete principales aquí enumeradas: arroz tradicional, taro, yuca, camote, ñame, frijol mungo y maní (cacahuate); luego se les pidió: 1) elaborar una lista con el mayor número posible de cultivares de dichas especies que se hayan extinguido y 2) dar una explicación de su desaparición.
- **Ronda 4.** *Conservación de la diversidad y desarrollo.* A cada grupo se le hicieron, de manera idéntica, tres preguntas: 1) ¿Es realmente necesario conservar los recursos genéticos de una localidad? 2) Si la respuesta es *No*, ¿por qué no es necesario? Si la respuesta es *Sí*, ¿cómo conservarlos? 3) ¿En qué forma se puede mejorar la diversidad de los recursos genéticos locales, tanto cualitativa como cuantitativamente?

Fuente: Dipak Rijal *et al.*, Proyecto Nepal; Mr. Ngyen Ngoc De, Universidad de Can Tho

10.4 Incrementar la demanda del consumidor

Si la diversidad se valora más en los mercados al crear una demanda del consumidor por ciertos productos, y si los agricultores pueden acceder a esos mercados, entonces es posible estimular a los agricultores para que mantengan la diversidad. Entre las estrategias para elevar la demanda del consumidor por diversos recursos agrícolas están mejorar el procesamiento, el empaque y el mercadeo de los productos obtenidos de las variedades criollas; emprender una iniciativa de información pública para educar a los consumidores en el valor de la agrobiodiversidad; y vincularse con otro tipo de productos agrícolas que tengan demanda, como los productos orgánicos.

Ejemplo 3. Mejoramiento del mercado de diversas especies cultivadas localmente

En el distrito de Kaski, Nepal, las pequeñas industrias privadas, como Gunilo y Bandobasta, están comercializando productos obtenidos de los cultivos locales, que tienen un valor especial para la cultura alimenticia de la localidad y un mercado para el turismo. Se estableció una red de tales empresarios, que se vinculó a las comunidades de producción agrícola. Una ONG facilitó una reunión, y los agricultores y empresarios identificaron conjuntamente los productos de la localidad que tenían un valor alto para los consumidores, con el fin de tomar decisiones respecto a su producción y mercadeo. Una variedad criolla de arroz grumoso de nombre *Anadi* goza de mucha demanda en el mercado, aunque anteriormente los agricultores no podían recibir los beneficios que reporta porque se cultivaba en áreas pequeñas particularmente para festivales especiales. Con un mercado organizado de ventas estacionales, los agricultores están deseosos de cultivar *Anadi* en áreas más grandes para beneficiarse con su precio alto. Los productos locales obtenidos del taro, el trigo duro, el arroz medicinal y el mijo se procesan ahora y se comercializan dándoles una presentación atractiva basada en la cultura popular, para impulsar la demanda nacional y la internacional. Una sociedad que agrupa a hoteles y restaurantes fue convencida de la importancia de emplear productos locales en la cocina diaria, y sus cocineros han adaptado recetas de las localidades para usar mejor los nuevos productos.

Fuente: LI-BIRD, comunicación personal

Un consumidor potencial puede ignorar la diversidad de cultivos disponible o las características positivas de determinadas variedades (sabor, valor nutricional, etc.). Es posible entonces hacer una campaña a través de los medios de comunicación para generar interés –el cual arrastra la demanda. Además, el acceso que tienen los agricultores a esos mercados potenciales, gracias a que son transportados a ellos y son testigos allí del reconocimiento que hacen los comerciantes y los intermediarios del valor de la diversidad, deben ser estímulos suficientes para que vean los beneficios que trae un aumento del ingreso.



Productos con valor agregado, de Nepal.

10.4.1 Agregar valor mediante el procesamiento del producto

Sería difícil, en muchos casos, asegurar mercados estables para la materia prima agrícola o productos sin procesar. Un caso particular se presenta en los cultivos que necesitan ser procesados para poder emplearlos. Una posible solución está en mejorar los beneficios que reciben los agricultores por las variedades cultivadas en las localidades, procesando en el mismo lugar los productos para atender mercados específicos.

Aumentar los beneficios para los agricultores mediante el procesamiento mencionado es una de las opciones disponibles más costosa y que más tiempo consume en la tarea de promover la conservación en fincas. Por lo general, es necesario hacer una investigación económica detallada y un estudio piloto a manera de muestra para decidir si una iniciativa puede dar ganancias y ser sostenible. El procesamiento de productos vegetales puede requerir mucho capital. Más aún, es probable que el desarrollo de una empresa que procese un producto agrícola requiera de permisos y normas del gobierno. Este enfoque tiene la ventaja de que las intervenciones dirigidas a aumentar los beneficios de los agricultores mediante el procesamiento del producto agrícola pueden proporcionar un mecanismo sostenible de desarrollo económico que (después de una inversión inicial) necesitaría sólo un seguimiento y un mantenimiento mínimos.

Ejemplo 3. Agregando valor a la yuca en Colombia mediante el procesamiento

Se estableció una planta piloto en Colombia para determinar si sería económicamente factible producir harina de yuca (o mandioca) de alta calidad para la industria alimenticia. Un estudio inicial encontró que algunos aspectos del proceso eran eficientes, como el secado artificial de los cortes o trocitos de raíz de yuca, y el producto final se ajustó a las altas normas de calidad colombianas para los niveles de bacterias totales y de coliformes.

No obstante, la planta modelo indicó luego que el sistema de secado artificial se desempeñaba de modo ineficiente y que la calidad del producto no era la adecuada, especialmente respecto a los estándares microbianos. La investigación que se hizo llevó a la identificación de dos problemas importantes en las plantas. Primero, había una demora de hasta 2 días entre la cosecha y el procesamiento. Segundo, el tiempo de secado se alargaba cuando la planta funcionaba a la capacidad total (3 toneladas de trozos frescos por lote secado).

Se adoptaron las siguientes soluciones: un control más estricto del suministro de raíces frescas de yuca para garantizar que no pasaran más de 24 horas entre la cosecha y el procesamiento; además, se compró un segundo quemador de carbón para elevar la temperatura de secado, reducir el tiempo de secado y mejorar así la calidad de los trozos secos. Con estas mejoras, la planta pudo producir trozos y harina para el consumo humano que respondían a las normas de calidad. Se obtuvo una licencia para la fabricación de productos alimenticios y se empezó a vender harina a la industria local de alimentos (Wheatley *et al.*, 1995).

10.4.2 Cultivos orgánicos

Es posible elevar los beneficios para los agricultores mediante una relación entre la conservación en fincas y el cultivo orgánico, dos iniciativas que comparten muchas de las metas de la conservación en fincas, como la salud del agroecosistema, la producción sostenible, y los sistemas de cultivo que usan pocos insumos agroquímicos y se adaptan al medio local. Dado que la salud y el medio ambiente son temas de creciente preocupación para los consumidores, la conservación en fincas podría beneficiarse de una vinculación con dichos temas proporcionándole al consumidor información de actualidad y educación.

La ética general del respeto al ambiente ha logrado una posición destacada en gran parte del mundo desarrollado, gracias a la asociación establecida con numerosos pueblos indígenas y con estilos de vida tradicionales. Este resultado se ha logrado, en gran parte, con campañas de información al público, que emplean los medios de comunicación para difundir mensajes sobre el éxito que pueden tener las prácticas de manejo del ambiente que favorecen las relaciones ecológicas. Aunque los sistemas agrícolas locales han tenido, hasta la fecha, una pequeña participación, relativamente hablando, en tales campañas de los medios de comunicación, podrían adquirir una presencia notable en mensajes de ese

tipo si suministran información sobre los procesos y las implicaciones de la erosión genética, y sobre la importancia de la conservación en fincas.



La política restrictiva puede limitar el uso de las variedades criollas mejoradas. En México, cuando una variedad criolla se cruzaba con una variedad moderna, era difícil obtener un registro formal porque la nueva variedad no se había desarrollado siguiendo los canales del mejoramiento tradicional.

10.5 Papel de la política

El papel que desempeñan las políticas económica y agrícola de un país en el apoyo dado (o en el que no se da) a los sistemas de cultivo que mantienen la diversidad de especies cultivadas aún no ha sido investigado. Si se encuentran fallas de mercado que impidan al agricultor disfrutar de todos los beneficios de la valoración dada por el mercado a las diversas variedades criollas, un cambio de política serviría para corregir esas deficiencias del mercado. La política nacional actual puede contribuir quizás en contra del mantenimiento de las variedades criollas. Muchas veces, los sistemas de clasificación varietal del agricultor no se ajustan al criterio de uniformidad requerido para obtener la certificación de la semilla mediante los sistemas nacionales de registro de variedades, lo que haría pasar inadvertidas las innovaciones locales en semillas. Además, las relaciones entre la investigación agrícola pública y los proveedores de semilla comercial son débiles, y esto limita la distribución de las variedades del agricultor. Es posible que sea necesario apoyar la comercialización de las semillas del agricultor si se desea que las variedades criollas lleguen a estar disponibles mucho más allá del ámbito local. No se entiende plenamente, sin embargo, el efecto de determinadas políticas en la elección que hacen los agricultores de ciertas variedades. Por ejemplo, un programa de extensión que promueva un paquete agronómico que incluya variedades modernas, fertilizantes y plaguicidas puede disuadir al agricultor de cultivar las variedades criollas. Por otro lado, aun si los agricultores adoptan esos paquetes, el aumento de ingreso que resultaría de ellos les permitiría continuar con el mantenimiento de las variedades preferidas en áreas más pequeñas.

Dependiendo de la eficacia que tengan las estrategias antes indicadas para conservar la diversidad genética de las especies cultivadas a través del tiempo, los subsidios se considerarían una opción de apoyo a los sistemas de cultivo cuando los costos de conservación lleguen a ser tan altos que los agricultores no puedan continuar cultivando las diversas variedades criollas. Ahora bien, hay que evaluar el grado al cual realmente se mantiene la diversidad genética mediante los sistemas de cultivo antes de comenzar una iniciativa tan costosa.

Ejemplo: Método para cambiar la política agrícola nacional o internacional de manera que promueva la conservación en fincas

Una revisión rápida de la política agrícola pasada y presente que adoptó el gobierno de Nepal, revela que, en su mayor parte, no estaría dando incentivos para la conservación de las variedades criollas. Los programas de producción en bloque iniciados durante los años 80 favorecieron la producción de unas cuantas variedades modernas dentro de un enfoque global al que se asociaban insumos externos subsidiados (el fertilizante), crédito, extensión y capacitación de agricultores (Shrestha 1998; Sthapit y Joshi 1998; Vaidya 1998). El modelo de desarrollo agrícola se orientó a la investigación, la extensión y el mercadeo de las variedades modernas, incluso en áreas en que la producción de cultivos y variedades tradicionales tenía una ventaja comparativa. Se promueven indiscriminadamente las variedades modernas de los cultivos, muchas veces entre agricultores hombres, sin analizar las consecuencias que tendrían en la diversidad cultivada, en la seguridad de las semillas, y en las relaciones de género (entre hombres y mujeres) en las comunidades agrícolas (Shrestha 1998). La política de suficiencia en la alimentación nacional, que distribuye alimentos subsidiados a través de la Corporación de Alimentación de Nepal (NFC, en inglés), desalienta la producción local de alimentos en áreas remotas marginales (Koirala 1996). La política de precios también favorece la importación de alimentos a costa de los productos tradicionales de la localidad (Barbier 1988).

La política actual del gobierno, contemplada en el Plan de Perspectiva Agrícola (APROSC/JMA 1995) y en el Noveno Plan (NPC/HMG 1998), carece de una orientación política sobre la conservación *in situ* de la diversidad genética de las especies cultivadas, tanto respecto al futuro de la seguridad alimentaria como a la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Todavía tiende a orientarse esa política hacia la producción, en nichos ambientales favorables, de algunas variedades modernas, uniformes y bien investigadas, que usan insumos intensivamente y emplean el enfoque global mencionado sin analizar las consecuencias de éste para la diversidad genética en fincas (Vaidya 1998).

Actualmente, el 50% del área total de arroz está sembrada con variedades criollas, y el 10% de la semilla es de variedades modernas y la suministra el sistema formal (por ejemplo, la Corporación de Insumos Agrícolas) (Sthapit *et al.*, 1996). Esto significa que un 90% del sistema de suministro de semillas es atendido por mecanismos informales, que no reciben ningún tipo de apoyo político o institucional del gobierno. Existen además fuertes restricciones políticas e institucionales a la iniciativa de legitimar e institucionalizar el fitomejoramiento participativo, un enfoque que proporciona a los agricultores la opción de escoger una diversidad de cultivares (Sthapit *et al.*, 1996; Sthapit y Joshi 1998). El esquema de regulación existente tampoco ofrece incentivos para la conservación en fincas, dado que hay problemas de falta de equidad con las comunidades agrícolas (mujeres y pequeños propietarios) que viven en ambientes marginales y son propensos al riesgo, pero que mantienen diversas variedades criollas y valiosos conocimientos tradicionales relacionados con ellas.

Fuente: Gauchan *et al.*, 2000

10.6 Decidir sobre una iniciativa apropiada

Las actividades discutidas en este capítulo son sólo el comienzo de una síntesis de la diversidad de opciones que pueden apoyar los sistemas agrícolas que participan en la conservación en fincas. Las estrategias empleadas deben ajustarse a las características peculiares de los agricultores y de las comunidades. Es más, hay aún mucho espacio para trabajar en nuevas actividades orientadas a promover la conservación en fincas. La determinación del contenido, de la estructura y de la combinación de los métodos que

apoyarán a los agricultores será propiciada por la acción de retornar los resultados de la investigación en fincas a las comunidades agrícolas.

Además, éstas y otras opciones dirigidas a apoyar los sistemas agrícolas deben someterse a seguimiento de tiempo en tiempo en razón de los impactos genético, ecológico y económico que causan en los sistemas agrícolas; así se comprueba si cumplen de verdad con las metas de mantener altos niveles de diversidad genética en las fincas, y de percibir también los beneficios representados en apoyar la salud del agroecosistema y en mejorar los medios de vida de los agricultores en diferentes circunstancias. Por ejemplo, el mejoramiento de los sistemas de suministro de semillas, tal como se discute en la sección 10.3, intensificaría el acceso de los agricultores a variedades cultivadas genéticamente diversas, aunque tiene también la capacidad de reducir la diversidad genética disminuyendo las diferencias entre las poblaciones. Debe hacerse seguimiento o supervisión a las intervenciones que se hagan no sólo en las fincas, sino también en los diferentes planos jerárquicos de la diversidad.

10.7 Evaluar las opciones para aumentar beneficios

Una vez se haya propuesto una opción que "agrega valor" a las poblaciones de especies cultivadas ya identificadas como objetivos de la conservación en fincas, es importante diseñar un mecanismo para hacerle seguimiento a su progreso y para evaluar su impacto. La investigación relativa a la conservación en fincas debe desarrollar indicadores que valoren los efectos en el tiempo de cualquier iniciativa sobre **diversidad genética** en los medios de vida de los agricultores y en la salud del agroecosistema. Será necesario que los sitios en que se practica la conservación en fincas se obtengan datos de series temporales para poder compararlos con los datos de la línea base.

El análisis económico es una herramienta para evaluar uno de varios tipos posibles de impacto (Alston *et al.* 1995). El análisis de la diversidad genética es una herramienta que permite entender la pérdida o la ganancia de diversidad genética dentro del sistema, en tanto que se necesitan otras medidas para entender el impacto de una intervención en la salud del ecosistema y en los servicios que éste presta. Es útil empezar identificando el tipo de impacto que esperamos lograr al llevar a la práctica estas opciones que "agregan valor". Para cada tipo de impacto podemos seleccionar entonces indicadores cuantificables con fines de evaluación. Por ejemplo, podemos concluir que la Opción A falla lamentablemente en términos de indicadores económicos de eficacia, se clasifica mejor en cuanto a la equidad, tiene un efecto indeterminado en la salud del ecosistema, y es probable que tenga un impacto considerable en términos de diversidad genética. Si comparamos la Opción A con la Opción B, podemos aprender la forma en que actúan los intercambios sociales que ocurren cuando preferimos una opción a otra en el área objetivo. Podemos tener una apreciación general de las áreas objetivo y de las opciones, buscando en ellas modelos que se asocien con la diversidad genética y con el desarrollo del mercado.

Cálculo de la eficiencia económica y la equidad de una actividad de mejoramiento participativo

Para calcular la totalidad de los beneficios de carácter privado y la eficiencia económica relativa de una actividad de mejoramiento participativo, cada tipo de participación necesita la siguiente información:

1. Un estimado de la ganancia en rendimiento o del ahorro por hectárea relacionado con la estrategia, en los campos de los agricultores.
2. Un estimado del costo de llegar a esa ganancia en rendimiento o a ese ahorro, tanto respecto a la inversión que hace la investigación como al tiempo invertido por los agricultores.
3. Los precios adecuados para valorar la ganancia en rendimiento y el tiempo invertido por los agricultores.
4. La incidencia que tiene en los agricultores y que ejerce con el paso del tiempo, por cada variedad, el empleo de una estrategia.
5. Una noción de los factores que hacen cambiar la demanda y la oferta de una variedad específica en el área elegida, entre ellos la migración, los cambios de ingreso, y las tendencias que muestran, a largo plazo, el área cultivada y el rendimiento.
6. Una noción de la forma en que la política económica actual afecta la demanda y la oferta de determinadas variedades.

Para investigar la distribución de beneficios o, en otras palabras, la equidad del proyecto, es necesario tener los siguientes datos:

- Los puntos del 1 al 4 antes descritos, desagregándolos según el grupo social.
- Estimaciones de la oferta y de la elasticidad de la demanda para los mercados locales de maíz, de mano de obra y de la tierra.
- Estimaciones de la participación del total de maíz que produce y consume cada grupo social.

Fuente: Bellon *et al.*, 1999

Valoración de la eficiencia económica y la equidad de las opciones que agregan valor

Tipo de impacto	Indicadores	Opción A	Opción B
Eficiencia económica y equidad	1. Tasa interna de retorno (TIR) 2. Incidencia, por grupo de ingreso, de los beneficios	1. TIR = 60% 2. Los mayores beneficios para agricultores y consumidores ricos	1. TIR = 5% 2. Mayores beneficios si los trabajadores no poseen tierra
Social y cultural En diversidad genética En salud del ecosistema			

10.8 Referencias

- Alston, J., G.W. Norton y P.G. Pardey. 1995. Science under scarcity. CAB International. Wallingford, Oxon, UK.
- Barbier, E. 1988. Sustainable agriculture and the resource poor: Policy issues and options. IIED, University College London, Environmental Economics Center.
- Bellon, M.R., M. Smale, A. Aguirre, F. Aragón, S. Taba, J. Berthaud, J. Díaz y H. Castro. 1999. Farmer management of maize diversity in the central valleys of Oaxaca, Mexico: Methods proposed for impact assessment. Pp. 189-201 *in* Assessing the Impact of Participatory Research and Gender Analysis (N. Lilja, J.A. Ashby y L. Sperling, eds.). CGIAR Programme on Participatory Research and Gender Analysis, Cali, Colombia.
- Berg, T. 1993. The science of plant breeding: Support or alternative to traditional practices? Pp. 72-77 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor y K. Wellard, eds.). Intermediate Technology Publications, Londres.
- Castillo G., F., L.M. Arias R., R. Ortega P. y F. Marquez S. 2000. PPB, Seed networks and grassroots strengthening. Mexico. Pp. 199-200 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga, eds. 1996. Participatory plant breeding: Proceedings of a workshop on participatory plant breeding. IPGRI, Roma, Italia.
- Gauchan, D., A. Subedi, S.N. Vaidya, M.P. Upadhyay, B.K. Baniya, D.K. Rijal y P. Chaudhary. 2000. Policy changes, extension and formal education systems. Nepal. Pp. 221-225 *in* Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture (D. Jarvis, B. Sthapit y L. Sears, eds.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Joshi, K.D. y B.R. Sthapit. 1990. Informal research and development (IRD): a new approach to research and extension. LARC Discussion Paper No. 90/4. Lumle Agricultural Research Centre, Pokhara, Nepal.
- Joshi, K.D., M. Subedi, R.B. Rana, K.B. Kadayat y B.R. Sthapit. 1997. Enhancing on-farm varietal diversity through participatory variety selection: A case study of Chaite rice in the Nepal. *Experimental Agriculture* 33:1-10.
- Koirala, G. 1996. Agriculture-Related policies in Nepal. Notes for discussion. Training Workshop in Agricultural Policy Analysis, UPLB, Filipinas.
- Mazhar, F. 1996. Nayakrishi andolon: an initiative of the Bangladesh peasants for better living. Pp. 255-267 *in* Using Diversity: Enhancing and Maintaining Genetic Resources On Farm (L. Sperling y M. Loevinsohn, eds.). IDRC, Ottawa, Canada.
- Shrestha, P.K. 1998. Gene, gender and generation: role of traditional seed supply systems in the maintenance of agrobiodiversity in Nepal. Pp. 143-152 *in* Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region (Tej Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Sthapit, B.R. y K.D. Joshi. 1998. Participatory plant breeding for *in situ* conservation of crop genetic resources: a case study of high altitude rice in Nepal. Pp. 311-328 *in* Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region (T. Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Sthapit, B.R., K.D. Joshi y J.R. Witcombe. 1996. Farmer participatory crop improvement. III. Participatory plant breeding: A case study for rice in Nepal. *Experimental Agriculture* 32:479-496.
- Vaidya, A.K. 1998. Can on-farm conservation be compatible with agricultural development? some policies and issues. Pp. 367-378 *in* Managing Agrobiodiversity: Farmers' Changing Perspectives and Institutional Responses in the HKH Region (T. Partap y B. Sthapit, eds.). International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.

- Wheatley, C., G. Scott, R. Best y S. Wiersema. 1995. Adding value to root and tuber crops: A manual on produce development. CIAT, Cali, Colombia.
- Worede, M. 1992. Ethiopia: A genebank working with farmers. Pp. 78-94 *in* Growing Diversity: Genetic Resources and Local Food Security (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelink, eds.). Intermediate Technology Publications, Londres.
- Worede, M., T. Tesemma y R. Feyissa. 2000. Keeping diversity alive: an Ethiopian perspective. Pp. 143-161 *in* Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity (S.B. Brush, ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

10.9 Lectura recomendada

- Casley, D.J. 1988. The collection, analysis, and use of monitoring and evaluation data. World Bank.
- Ceccarelli, S., S. Grando y R.H. Booth. 1995. Farmers and crop breeders as partners. Pp. 99-116 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- CIMMYT. 1988. From agronomic data to farmer recommendations: An economics training manual. Completely revised edition (English, Spanish, French). CIMMYT, México, D.F./The World Bank, Washington, DC.
- Eyzaguirre, P. y M. Iwanaga. 1995. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. Pp. 9-18 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Friis-Hansen, E. 1996. The role of local plant genetic resource management in participatory breeding. Pp. 66-76 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Gaifami, A. 1992. Developing local seed production in Mozambique. Pp. 97-105 *in* Growing Diversity: Genetic Resources and Local food Security (D. Cooper, R. Vellve y H. Hobbelink, eds.). ITP, Londres.
- Gittinger, J.P. 1985. Economic analysis of agricultural projects. 2nd Edition. The World Bank, Washington, DC.
- Goldringer, I., P. Barant y R.A. Kempton. 1994. Adjustment for competition between genotypes in single-row plot trials of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Plant Breeding* 112:294-300.
- Hardon, J. y W. de Boef. 1993. Linking farmers and breeders in local crop development. Pp. 64-71 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Lilja, N., J.A. Ashby y L. Sperling, eds. 2000. Assessing the impact of participatory research and gender analysis. CGIAR Programme on Participatory Research and Gender Analysis, Cali, Colombia.
- Sthapit, B.R., K.D. Joshi y J.R. Witcombe. 1996. Farmer participatory crop improvement. III. Participatory Plant Breeding: A case study for rice in Nepal. *Experimental Agriculture* 32:479-496.
- Tapia, M. y A. Rosas. 1993. Seed fairs in the Andes: A strategy for local conservation of plant genetic resources. Pp. 111-118 *in* Cultivating Knowledge: Genetic Diversity, Farmer Experimentation and Crop Research (W. de Boef, K. Amanor, K. Wellard y A. Bebbington, eds.). ITP, Londres.
- Weltzien, E.W., M.L. Whittaker y M.M. Anders. 1995. Farmer participation in pearl millet breeding for marginal environments. Pp. 128-143 *in* Participatory Plant Breeding: Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding (P. Eyzaguirre y M. Iwanaga, eds.). IPGRI, Roma, Italia.
- Witcombe, J.R. 1999. Does plant breeding lead to a loss of genetic diversity? Pp. 245-272 *in* Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management (D. Wood y J.M. Lenné, eds.). CABI Publishing, Wallingford, UK.

Witcombe, J.R., A. Joshi, K.D. Joshi y B.R. Sthapit. 1996. Farmer participatory crop improvement. I. Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Experimental Agriculture* 32:445-460.

Lista de acrónimos

ACC	Análisis de correlación canónica
ACO	Análisis de correspondencia
ACoP	Análisis de coordenadas principales
ACP	Análisis de componentes principales
ADB	Análisis discriminante binaria
ADC	Análisis del discriminante canónico
ADM	Análisis de discriminante múltiple
ADN	Acido desoxirribonucleico
AFLP	Polimorfismo en longitud de fragmentos aplicados
ARN	Acido oxirribonucleico
BCA	Diseño (experimental) de bloques completos al azar
Bi	Diseño (experimental) de bloques incompletos o látice
CFLP	Polimorfismo en longitud de los fragmentos de restricción
CL	Diseño del cuadrado latino
CNRFG	Centros nacionales de recursos fitogenéticos
CT	Conocimiento tradicional
CV	Coefficiente de variación
DPI	Derechos de propiedad intelectual
FMP	Fitomejoramiento participativo
OCB	Organizaciones comunitarias de base
ONG	Organizaciones no gubernamentales
OP	Ordenación polar
PR	Promedios recíprocos
RAPD	Polimorfismo del ADN amplificado al azar
RCB	Registros comunitarios de biodiversidad
RCP	Reacción en cadena de la polimerasa
RFG	Recursos fitogenéticos
SCAR	Regiones amplificadas caracterizadas en la secuencia
SIG	Sistemas de información geográfica
SSR	Repeticiones de secuencias simples
STMS	Microsatélites de secuencia etiquetada
VAR	Variedad de alto rendimiento
VEAC	Virus del enanismo amarillo de la cebada
VM	Variedad moderna
VNTR	Repeticiones sucesivas de número variable
VRP	Valoración rural participativa
VRR	Valoración rural rápida
ZOPP	Planificación de proyectos orientadas por objetivos