

Procesos dinámicos locales para la conservación *in situ* de la diversidad genética de tubérculos andinos cultivados en el microcentro de Candelaria (Cochabamba, Bolivia)

Terrazas Andia Franz,¹ Baudoin Jean Pierre² y Duran Pacheco Gonzalo³

¹ Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA). E-mail: fteraza@proinpa.org

² Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques et Biologiques de Gembloux, Bélgica.

³ Consultor en Bioestadística.

Resumen

Procesos dinámicos locales para la conservación *in situ* de la diversidad genética de tubérculos andinos cultivados en el microcentro de Candelaria (Cochabamba, Bolivia)

Para mejorar el conocimiento sobre los procesos locales de conservación *in situ* de la diversidad genética de tubérculos andinos en el microcentro de biodiversidad de Candelaria, se levantó un censo de variedades manejadas por las familias campesinas. Se ha analizado la influencia de factores socioeconómicos como el acceso a medios de extensión y capacitación directa, fuente de ingresos económicos familiares, nivel de bienestar de la familia y edad del jefe de familia sobre las decisiones de los agricultores para la gestión local de la agrobiodiversidad. Se estableció que la papa es el cultivo más diversificado entre los tubérculos andinos de Candelaria con una población varietal de 51 variedades, seguida de la oca con 18 variedades y el isaño con 13 variedades. El 80% de estas variedades son de distribución "poco frecuente" o "rara" ya que se encuentran en posesión de menos del 25% de la población y deben ser monitoreadas para alertar a la población sobre el riesgo de pérdida y para restituir su importancia local. El resto de las variedades son más estables. La capacitación directa de los agricultores de Candelaria en Escuelas del Campo y Comités de Investigación Agrícola Local influyó positivamente en la conservación de un número mayor de variedades, mientras que otros factores socioeconómicos tienen poca o ninguna influencia sobre la conservación de las poblaciones varietales.

Résumé

Processus dynamiques locaux pour la conservation *in situ* de la diversité génétique des plantes-racines andines cultivées au microcentro de Candelaria (Cochabamba, Bolivie)

Afin d'améliorer notre connaissance des systèmes locaux de conservation *in situ* de la diversité génétique des plantes-racines andines au microcentro de diversité de Candelaria, un recensement des cultivars gérés par les familles d'agriculteurs a été entrepris. Le recensement a analysé l'effet de facteurs socio-économiques, tels que l'accès à l'information par la vulgarisation et l'enseignement direct, les sources de revenu de la famille, le niveau de prospérité de la famille et l'âge du chef de famille, sur les décisions prises par les agriculteurs concernant la gestion locale de l'agrobiodiversité. La pomme de terre présente la plus grande diversité parmi les plantes-racines andines à Candelaria, avec une population de 51 cultivars, suivie par le légume-racine oca, 18 cultivars, et l'isaño, 13 cultivars. La distribution de 80 % de cultivars est qualifiée de « rare » ou « peu fréquente », c'est-à-dire que moins de 25 % de la population en possède et un suivi est nécessaire afin d'alerter la population à propos du risque de perte de biodiversité et de restaurer l'importance locale des cultivars. Les autres cultivars sont plus stables. L'enseignement dispensé aux agriculteurs de Candelaria à l'école pratique d'agriculture et par un Comité de recherche agricole a un effet positif sur la conservation en augmentant le nombre de cultivars, tandis que d'autres facteurs socio-économiques ont peu ou pas d'effet sur la conservation des populations de cultivars.

Summary

Local dynamic procedures for the *in situ* conservation of genetic diversity in Andean root crops cultivated in the microcentro, Candelaria (Cochabamba, Bolivia)

In order to improve our knowledge of local systems on the *in situ* conservation of genetic diversity in Andean root crops at the diversity microcentro, Candelaria, a census was undertaken of cultivars managed by farmer families. The census analysed the effect of socioeconomic factors such as access to extension information and direct education, source of family earnings, level of family welfare and age of the family head on decisions by farmers on the local management of agrobiodiversity. Potato was found to be the most diverse of Andean root crops at Candelaria with a population of 51 cultivars, followed by root vegetable oca with 18 cultivars and isaño with 13 cultivars. The frequency of eighty percent of cultivars was "low" or "infrequent" as they were found to be possessed by fewer than 25% of the population and require monitoring in order to alert the population about the risk of loss, and hence to re-establish their importance locally. The remaining cultivars are more stable. Education of farmers in Candelaria at Field Schools and by local Agricultural Research Committees had a positive effect on conservation by increasing the numbers of cultivars, whilst other socioeconomic factors have little or no effect on conservation of cultivar populations.

Key words: Andean tuber crops, Genetic resources conservation

Introducción

Desde 1996 la Fundación PROINPA ha impulsado el desarrollo de un programa piloto de conservación *in situ* en campos de agricultores en forma complementaria a la conservación *ex situ* (PROINPA, 2001), cuyo objeto es entender y documentar los procesos dinámicos de la diversidad genética de tubérculos andinos mantenida por los agricultores de la zona

de Candelaria en Cochabamba, Bolivia. Esta zona ha sido identificada como un microcentro de diversidad genética de tubérculos andinos debido a su alta concentración de variedades locales (Terrazas y Valdivia, 1998).

La presente investigación realizada en el marco del programa de conservación *in situ* establecido en Candelaria,

se ocupa de la diversidad genética de la papa (*Solanum spp.*), especialmente sus cultivares nativos, y también de otros tubérculos menores como la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y el isaño (*Tropaeolum tuberosum* R. & P.).

Las actividades se articularon en los tres objetivos siguientes:

- Evaluar y poner de relieve la importancia de la diversidad genética de los tubérculos andinos conservada en campos de agricultores del microcentro de Candelaria.
- Determinar la estructura y distribución de las poblaciones varietales de papa, oca e isaño cultivadas en Candelaria, a partir de una evaluación de los lotes de semillas almacenadas por los campesinos.
- Analizar los principales factores socioeconómicos que influyen en las decisiones de los agricultores para la gestión local de la diversidad a nivel del grupo familiar, y sus implicaciones para la concepción de estrategias de apoyo favorables a la conservación *in situ*.

Contexto socioeconómico y agrícola de la zona de Candelaria

El sistema de producción de Candelaria es esencialmente tradicional y típico de la zona montañosa de los Andes. La zona se sitúa entre 3265 y 4200 metros de altitud y forma un valle estrecho situado en la microcuena del río llamado también Candelaria. El clima varía de temperado a frío con una temperatura media anual de 10°C y presenta fuertes variaciones térmicas entre el día y la noche. Entre mayo y agosto se registran heladas nocturnas frecuentes. Las precipitaciones pluviales en el conjunto de la región varían de 730 a 900 milímetros al año, concentradas entre octubre y marzo. Este régimen de lluvia permite establecer cultivos anuales sin riego.

La población de aproximadamente 3000 habitantes pertenece al grupo étnico "quechua". La familia media incluye 5 personas (PRODISEC, 2002). La alimentación depende casi exclusivamente de la producción agrícola familiar, constituida principalmente por papa y otros tubérculos andinos (oca, papalisa e isaño), así como por habas y derivados de cereales (fideos y otros). Los productos locales son sometidos a algunos procesos de transformación como la deshidratación de los tubérculos para elaborar el "chuño", y el secado de la carne de oveja y llama en las regiones más altas.

Los agricultores de la región poseen generalmente de 3 a 6 hectáreas de tierras cultivables por familia, de las cuales solo se cultivan 1,5 a 2,5 ha anualmente; el resto queda en barbecho en el sistema de rotación de cultivos. Los principales cultivos de Candelaria son la papa y los otros tubérculos andinos, que ocupan alrededor del 60% de la superficie total de la región.

Materiales y métodos

Para aplicar la encuesta y evaluar los lotes de semillas con el fin de determinar la diversidad de tubérculos andinos existentes en Candelaria, se siguieron tres etapas principales. En la primera etapa de planificación de la encuesta, se estableció que la mejor

época de evaluación de la diversidad de los tubérculos andinos es el período de almacenamiento de las semillas, ya que las semillas almacenadas son el resultado de la campaña anterior y al mismo tiempo representan lo que constituirá la próxima campaña (Foto 1); en consecuencia, el trabajo de recolección de datos fue previsto para julio y agosto de 2002. Dado que la conservación de variedades depende de las decisiones tomadas en el seno familiar (Jarvis et al., 2000), la unidad de análisis establecida para la encuesta fue la familia. Por lo tanto, sobre un modelo basado en un muestreo aleatorio simple que daba igual probabilidad de selección a cada una de las familias (Tritola, 2000) se seleccionó una muestra representativa de 40 familias de un universo de 240 familias registradas en los sindicatos de la zona de Candelaria.

La segunda etapa fue la aplicación de la encuesta utilizando la técnica de entrevista semiestructurada (Jarvis et al., 1998), que procuró examinar la influencia de cuatro factores socioeconómicos en las decisiones de los agricultores respecto de la conservación *in situ*. Estos factores son los siguientes:

- la fuente de ingresos económicos de la familia campesina
- el acceso a medios directos de formación y capacitación
- el nivel de bienestar de la familia y
- la edad del jefe de familia

En la tercera etapa se realizó la evaluación de los lotes de semillas; para ello se tomaron muestras de 5 a 10 tubérculos de cada variedad, sobre las que se realizó la caracterización morfológica. La diversidad fenotípica se describió de manera visual a partir de las variaciones de la forma y las variaciones del color de la piel y la pulpa del tubérculo (Foto 2), en base a los descriptores morfológicos de la papa, la oca y el isaño (IPGRI/CIP, 2001).

La identificación de las variedades de papa, oca e isaño por sus rasgos morfológicos y sus nombres locales se efectuó mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre 344 observaciones de papa, 135 observaciones de oca y 55 observaciones de isaño en base a las siguientes características morfológicas:

- Color principal de la piel
- Color secundario de la piel
- Distribución del color secundario de la piel
- Color principal de la pulpa del tubérculo
- Color secundario de la pulpa del tubérculo
- Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo y
- Forma del tubérculo

Análisis estadístico

Una vez almacenados en una base de datos la caracterización morfológica y los datos de la encuesta con información socioeconómica, se realizaron los siguientes análisis estadísticos.

Análisis de Componentes Principales. A partir de un espacio multidimensional formado por las características morfológicas en estudio, se determinaron las proximidades y lejanías de cada una de las variedades de papa, oca e isaño en un espacio vectorial de menores dimensiones (Lebart et al.,

2000; Franco et al., 2003) que fue utilizado para representar gráficamente la variabilidad morfológica varietal de las especies en estudio, y para determinar su correspondencia con la asignación de nombres vernáculos.

Con el método de Kruskal-Wallis (Sprent, 1993) se realizaron por otro lado comparaciones no paramétricas del

número total de variedades (así como los número totales de papa, oca e isaño) según los niveles de los factores socioeconómicos descritos más arriba: la fuente de ingresos económicos de la familia, el acceso a medios directos de formación y capacitación y el nivel de bienestar de la familia campesina.

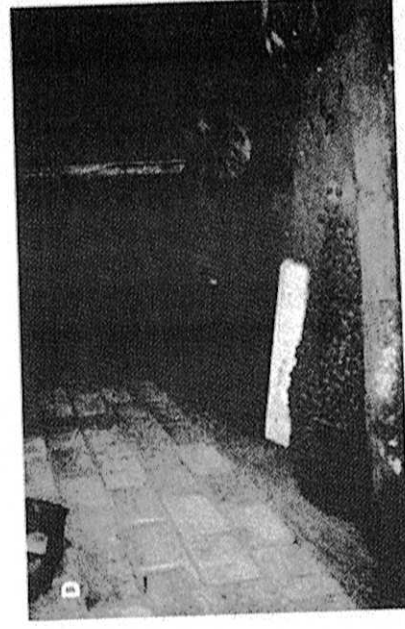
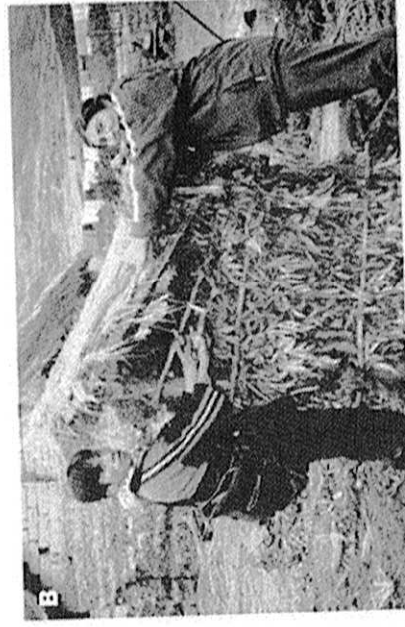
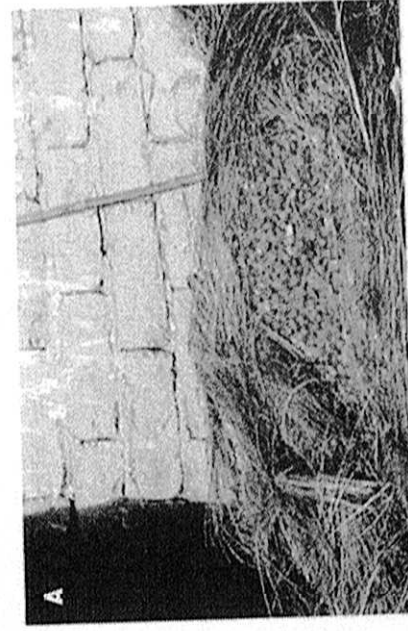


Foto 1. Formas de almacenamiento de tubérculos andinos a) almacenamiento de oca en "Phinas", b) Almacenamiento de oca en "Phinas", c) almacenamiento de papa en Phinas y d) almacenamiento de papa dentro la casa.

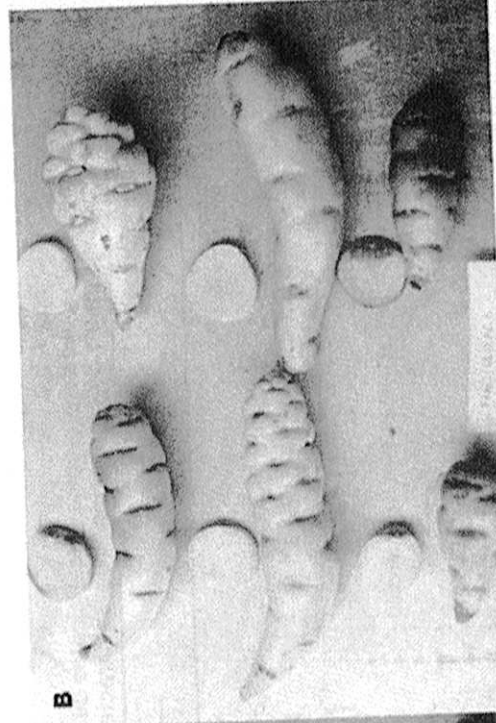
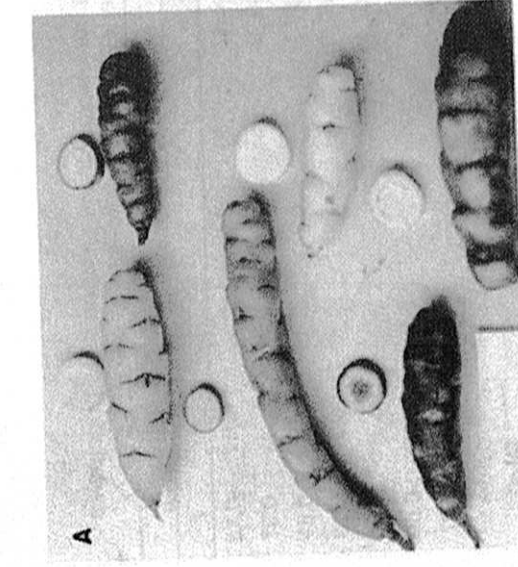


Foto 2. Diversidad en tubérculos: a) variaciones de la forma y color de piel y pulpa en tubérculos de oca, b) variación de forma y color en la piel y pulpa de tubérculos de isaño. Una versión en color de la figura está disponible en: http://www.bioversityinternational.org/publications/pgnewsletter/default.asp?id_issue=152.

Finalmente, para determinar el efecto de la edad del jefe de familia y sus posibles interacciones con los otros factores socioeconómicos se realizaron análisis de covarianza (Sokal y Rohlf, 1995).

Resultados y discusión

Inventario o censo de variedades locales de papa, oca e isaño

Observando los valores propios de las características principales de papa, oca e isaño mostrados en los Cuadros 1, 2 y 3 respectivamente, se consideraron suficientes cuatro componentes principales en la papa, ya que explican un 85,4% del total de la información original, y solo tres componentes principales en la oca y el isaño que explican 86,75% y 81,04% respectivamente, de la información original.

La visualización de las diferencias y semejanzas entre las variedades fue representada sobre un gráfico bidimensional

(Figura 2) donde los puntos más distantes representan variedades morfológicamente distintas, y por el contrario los puntos más próximos son variedades semejantes. Para la construcción de los gráficos se consideraron únicamente los Componentes Principales 1 (Z1, determinado por el color secundario de la pulpa del tubérculo y su distribución) y 2 (Z2, determinado por la forma del tubérculo y el color principal de la pulpa). Esta visualización de las distancias entre puntos en dos dimensiones expresa en gran medida la variabilidad morfológica total. La superposición de puntos indica que se trata de variedades morfológicamente idénticas.

Se constató que la mayoría de las variedades poseen un solo nombre (asignado por los agricultores) y están claramente asociadas con ciertas características morfológicas específicas que las diferencian. En la Figura 2 (a) se pueden observar 48 puntos diferentes que representan 48 morfotipos de papa. Sin embargo muchos de ellos están muy próximos entre sí

Cuadro 1. Valores propios, vectores propios y coeficientes de correlación de los componentes principales obtenidos a partir de la matriz de correlaciones de las características morfológicas de la papa.

Característica morfológica	Z1		Z2		Z3		Z4	
	e	r	e	r	e	r	e	r
Color principal de la piel	0,40	0,68	-0,29	-0,39	0,17	0,19	0,09	0,09
Color secundario de la piel	-0,29	-0,49	0,37	0,50	0,56	0,62	0,15	0,15
Distribución del color secundario de la piel	-0,39	-0,66	0,05	0,07	0,52	0,57	0,23	0,22
Color principal de la pulpa del tubérculo	-0,01	-0,01	0,15	0,19	-0,39	-0,44	0,89	0,87
Color secundario de la pulpa del tubérculo	0,53	0,89	0,03	0,04	0,33	0,36	0,13	0,12
Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo	0,51	0,86	0,04	0,05	0,32	0,36	0,14	0,14
Forma del tubérculo	0,11	0,19	0,61	0,81	-0,14	-0,16	-0,31	-0,30
Valor propio	2,86		1,76		1,24		0,96	
% variabilidad acumulada	35,8		57,8		73,3		85,4	

Z1 - Z4 = Componente Principal 1 - 4

e = Vector Propio del componente principal correspondiente

r = Correlación del componente principal con la característica morfológica

Cuadro 2. Valores propios, vectores propios y coeficientes de correlación de los componentes principales obtenidos a partir de la matriz de correlaciones de las características morfológicas de la oca.

Característica morfológica	Z1		Z2		Z3	
	e	r	e	r	e	r
Color principal de la piel	0,47	0,83	0,28	0,36	-0,17	-0,18
Color secundario de la piel	-0,25	-0,44	0,53	0,71	0,36	0,37
Distribución del color secundario de la piel	0,21	0,37	0,27	0,36	0,78	0,81
Color principal de la pulpa del tubérculo	-0,28	-0,49	0,54	0,73	-0,31	-0,33
Color secundario de la pulpa del tubérculo	0,54	0,96	0,01	0,01	0,07	0,07
Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo	0,51	0,91	-0,04	-0,05	-0,08	-0,09
Forma del tubérculo	-0,20	-0,36	-0,52	-0,70	0,35	0,37
Valor propio	3,15		1,82		1,10	
% variabilidad acumulada	45		70		86,7	

Z1 - Z3 = Componente Principal 1 - 3

e = Vector Propio del componente principal correspondiente

r = Correlación del componente principal con la característica morfológica

Cuadro 3. Valores propios, vectores propios y coeficientes de correlación de los componentes principales obtenidos a partir de la matriz de correlaciones de las características morfológicas del isaño.

Característica morfológica	Z1		Z2		Z3	
	e	r	e	r	e	r
Color principal de la piel	0,23	0,43	0,51	0,56	0,66	0,64
Color secundario de la piel	0,45	0,85	-0,38	-0,41	-0,13	-0,13
Distribución del color secundario de la piel	0,47	0,89	-0,35	-0,38	-0,04	-0,04
Color principal de la pulpa del tubérculo	-0,22	-0,42	-0,32	-0,35	0,61	0,60
Color secundario de la pulpa del tubérculo	0,49	0,92	0,06	0,06	0,10	0,11
Color secundario de la pulpa del tubérculo	0,46	0,88	0,15	0,16	0,08	0,81
Distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo	0,08	0,16	0,58	0,63	-0,38	-0,37
Forma del tubérculo			1,18		1,10	
Valor propio	3,53		1,18		1,10	
% variabilidad acumulada	50,04		67,4		81,04	

Z1- Z3 = Componente Principal 1 - 3

e = Vector Propio del componente principal correspondiente

r = Correlación del componente principal con la característica morfológica

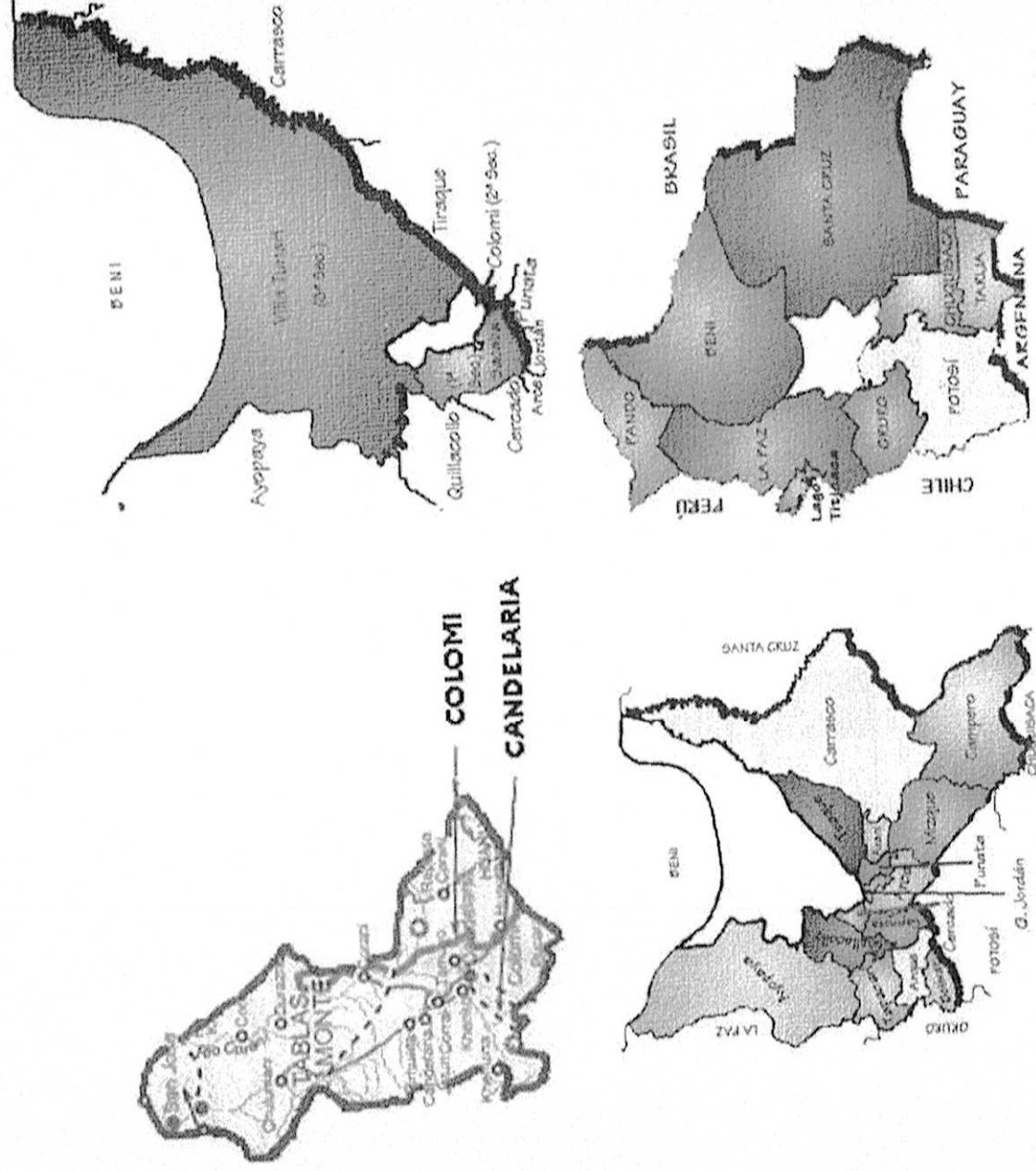
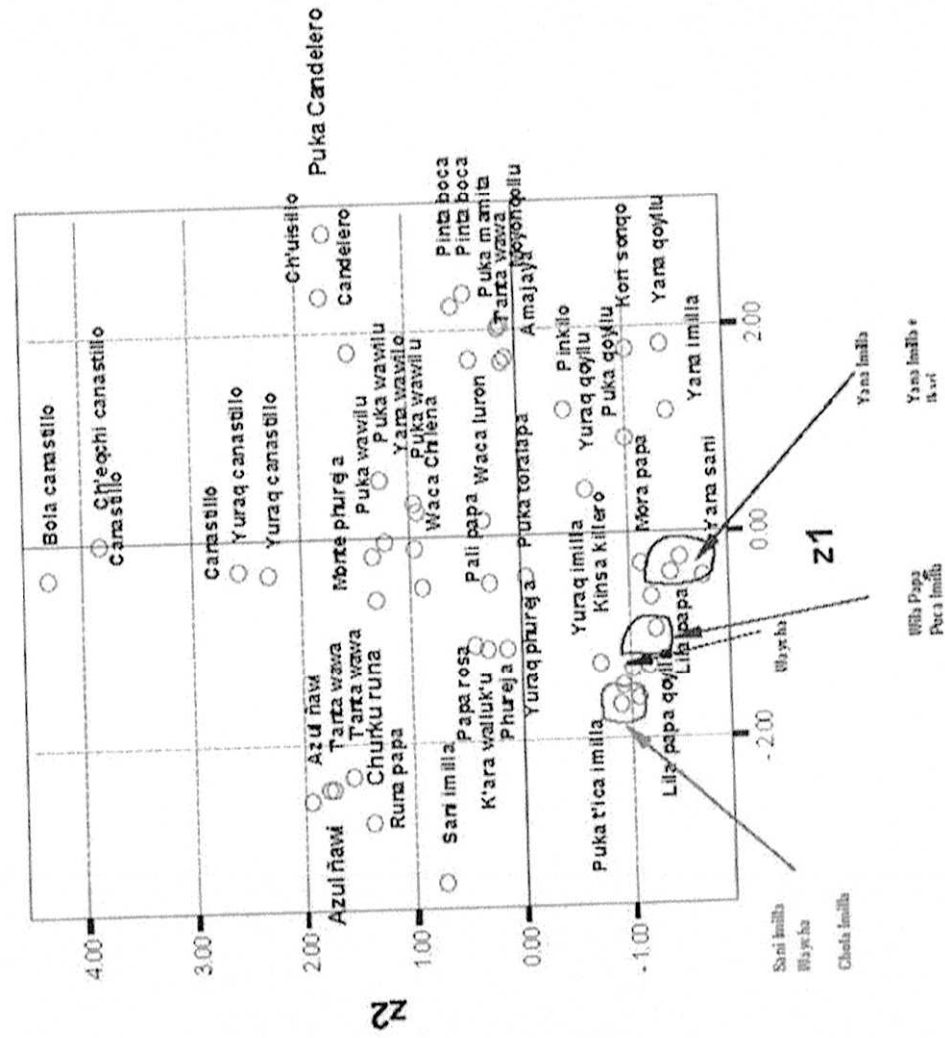
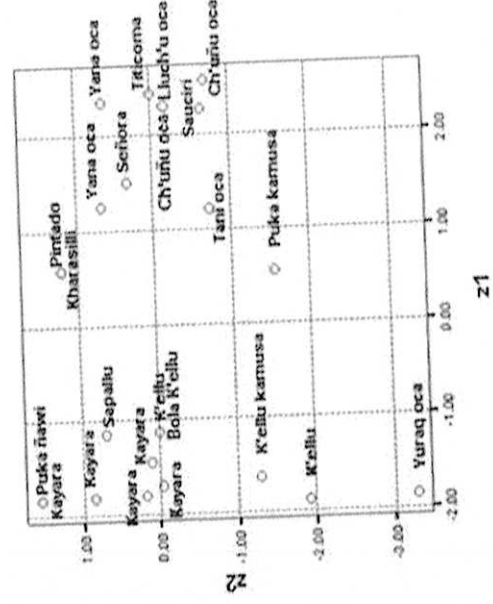


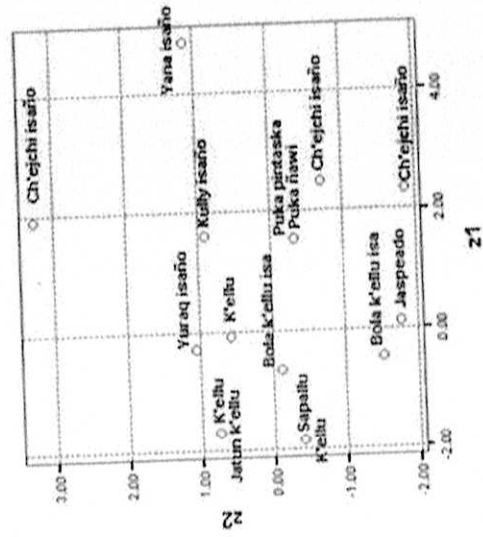
Figura 1. Localización de Candelaria en el municipio de Colomi de la Provincia Chapare, Cochabamba - Bolivia.



a)



b)



c)

Figura 2. Representaciones gráficas en dos dimensiones de los componentes principales z1 y z2 formados a partir de 7 características morfológicas de las variedades de papa (a), oca (b) e isaño (c) en la zona de Candelaria.

y por lo tanto tienen tubérculos muy semejantes, lo que no permite determinar con precisión el número de variedades. Sin embargo, a partir de los nombres se pudo establecer que existen más de 48 variedades de papa, lo que se explica por la existencia de morfotipos idénticos que reciben más de un nombre. A través de una verificación en campo, se determinó que tres variedades reciben dos nombres, por lo que en el balance se ha establecido que en Candelaria existen 51 variedades de papa.

En la Figura 2 (b), que muestra la diversidad encontrada en la oca, se pueden apreciar 20 puntos diferentes de los cuales 17 se encuentran claramente aislados y tres están cercanos unos de otros. Eso indicaría la presencia de 18 variedades, coincidentemente con los nombres.

En el caso del isaño, Figura 2 (c), se puede apreciar que los puntos están bastante aislados, lo que permite definir 13 variedades morfológicamente diferentes, aunque se ha establecido una lista de sólo 11 nombres.

Distribución de las poblaciones varietales de tubérculos andinos a nivel comunal y familiar en la zona de Candelaria

La comunidad Alto San Isidro presenta el mayor número de variedades de tubérculos andinos con 41 variedades de papa, 17 variedades de oca y 10 variedades de isaño. En el resto de las comunidades se cultivan entre 29 y 33 variedades de papa, entre 9 y 12 variedades de oca y entre 3 y 5 variedades de isaño (Figura 3).

Cada familia campesina de la zona de Candelaria conserva una media de 8 variedades de papa, 3 variedades de oca y una variedad de isaño (Cuadro 4). Sin embargo, hay que tener en cuenta que algunos agricultores conservan hasta un máximo de 21 variedades de papa, 10 variedades de oca y 6 variedades de isaño. Estos valores junto a los otros valores estadísticos descriptivos (Cuadro 4), muestran una alta heterogeneidad en el número de variedades que conserva cada familia, lo que responde a un patrón aleatorio de distribución de la diversidad.

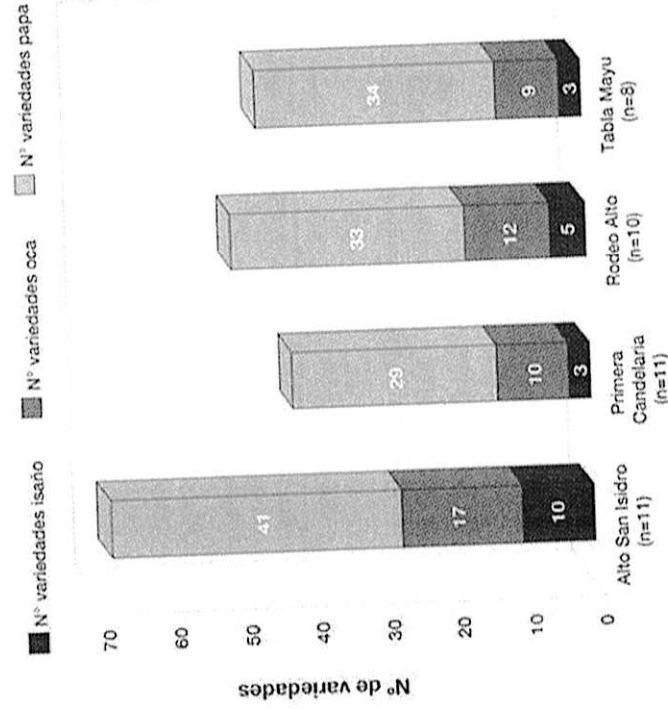
Para comprender mejor el patrón de distribución de las poblaciones varietales de tubérculos andinos, se adoptó convencionalmente la siguiente clasificación de las variedades por su grado de difusión en los lotes familiares de semilla:

1. Variedades "dominantes": las cultivadas por más del 75% de las familias
2. Variedades "frecuentes": las cultivadas por 41 a 74% de las familias
3. Variedades "poco frecuentes": las cultivadas por 11 a 40% de las familias
4. Variedades "raras": las cultivadas por menos del 10% de las familias.

En la Figura 4 se representa la ubicación de las variedades en cualquiera de las cuatro categorías de grados de difusión, y se muestra que pocas variedades, específicamente cinco variedades de papa (Waycha, Yana qoyllu, Yuraq imilla, Puka toralapa), son cultivadas por más del 40% de las familias campesinas y por lo tanto corresponden a los grados de difusión "frecuentes" y "dominantes". Así mismo la Figura 4 muestra que el resto de las variedades, que son más de 46, son cultivadas por menos del 40% de las familias productoras de papa. Llama la atención que de este grupo mayoritario, 31 variedades son consideradas "raras", es decir cultivadas por menos del 10% de la población.

En cuanto al cultivo de oca, las variedades 'kayara', 'señora' y 'titicoma' son las más difundidas en la zona (cultivadas por más del 40% de los productores), mientras que el resto de variedades son "poco frecuentes" y "raras". Para el isaño no existen variedades "dominantes"; se encontró una variedad "frecuente", 3 variedades "poco frecuentes" y 9 variedades "raras".

La distribución descrita anteriormente pone de manifiesto varias implicaciones sobre la conservación *in situ* de la diversidad genética de tubérculos andinos en Candelaria. Por un lado implica que más del 45% de las variedades calificadas como "raras" son aparentemente susceptibles a diversos factores de riesgo que eventualmente pueden determinar su desaparición al encontrarse en posesión de pocas familias. Por ejemplo, en 1982-1983 y debido al fenómeno climático denominado "El Niño", se declaró emergencia en Bolivia



Comunidades
(n = número de agricultores entrevistados)
Figura 3. Distribución comunal de la diversidad de tubérculos andinos (evaluada por el número de variedades) en Candelaria.

Cuadro 4. Valores estadísticos descriptivos del número de variedades de papa, oca e Isaña por familia, según la comunidad dentro de la zona de Candelaria.

Comunidad	Especie	Número de variedades					mediana	RIQ
		mínimo	máximo	media				
Alto San Isidro (11 familias)	Papa	3	21	8,9		9,0	7,0	
	Oca	1	10	4,3		3,0	7,0	
	Isaña	0	6	1,3		0,0	3,0	
Primera Candelaria (11 familias)	Papa	5	13	8,4		8,0	2,0	
	Oca	1	5	3,5		4,0	3,0	
	Isaña	0	2	0,6		0,0	1,0	
Rodeo Alto (10 familias)	Papa	5	15	8,1		8,0	3,0	
	Oca	1	7	3,2		3,0	3,0	
	Isaña	0	4	0,8		0,0	1,0	
Tabla Mayu (8 familias)	Papa	2	13	9,1		10,5	4,5	
	Oca	0	6	2,1		1,5	2,0	
	Isaña	0	2	0,6		0,5	1,0	
General	Papa	2	21	8,6		8,0	4	
	Oca	0	10	3,4		3,0	4	
	Isaña	0	6	0,8		0,0	1,0	

RIQ = Rango Inter Cuartil

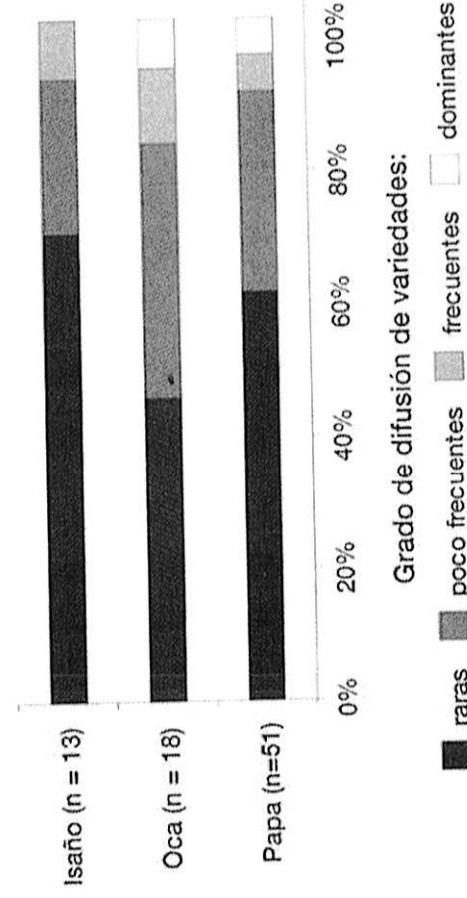


Figura 4. Relación porcentual del número de variedades (n) por cultivo y por su grado de difusión.

por los desastres provocados: sequías prolongadas, heladas y granizadas en las zonas altas que ocasionaron pérdidas considerables de cosechas y dejaron a las comunidades de agricultores sin semilla suficiente para iniciar el nuevo ciclo agrícola. Sin embargo, existen mecanismos locales que de alguna manera contrarrestan estos factores de riesgo, como el intercambio de variedades traducido en flujos locales de semillas que permiten la restitución de la semilla perdida a partir del germoplasma de otros agricultores vecinos de la comunidad o de comunidades aledañas.

La dispersión de miniparcelas en el ecosistema parece ser otra estrategia que ayuda a mitigar los riesgos principalmente climáticos. En consecuencia, la distribución de las poblaciones varietales de tubérculos andinos puede responder a una

estrategia de conservación comunal basada en el principio de precaución "de no guardar todos los huevos en una misma canasta" para asegurar que al menos algunos tubérculos se conserven frente a un eventual accidente natural o incidente social, lo que ha permitido la persistencia de las variedades hasta la actualidad. Los factores de riesgo de pérdida de variedades bajo las condiciones de la agricultura de montaña son varios, además de los climáticos. Así, podemos señalar entre otros los elevados índices de migración rural-urbano temporal y definitiva de las poblaciones jóvenes al interior o inclusive fuera del país, que están ocasionando el abandono de las tierras de cultivo y los poblados agrícolas, así como los bajos precios de los productos agrícolas en el mercado. En todo caso es necesario profundizar más investigaciones para

entender mejor la lógica de este tipo de gestión local de la diversidad basada en la alta dispersión de variedades.

Análisis de los principales factores socioeconómicos que influyen sobre las decisiones de los agricultores en la gestión local de la diversidad de los tubérculos andinos

Se examinaron factores sociales como la fuente de ingresos económicos de la familia, el acceso a medios directos de extensión y capacitación, el nivel de bienestar de la familia campesina, con relación al número de variedades de los tubérculos andinos conservadas en el seno familiar.

Influencia del nivel socioeconómico sobre la conservación de variedades por parte de los agricultores de Candelaria

Mediante una estratificación socioeconómica participativa los agricultores de las comunidades involucradas en el estudio fueron clasificados en tres grupos, siguiendo criterios de apreciación de tres informantes clave seleccionados por su destacado grado de conocimiento de la vivencia local y la situación socioeconómica de las familias. Los informantes clave clasificaron a las familias en alguna de las siguientes categorías: a) nivel socioeconómico alto, b) nivel socioeconómico intermedio y c) nivel socioeconómico bajo.

Los agricultores del nivel socioeconómico alto en la percepción de los informantes clave son aquellos que poseen mayor cantidad de tierra que varía entre 10 y 20 ha y pueden dar "en compañía"¹ parte de ellas. Poseen de 15 a 20 cabezas de ganado vacuno y más de 30 ovejas; disponen de capital y mayor capacidad de trabajo, es decir que tienen disponibilidad

de dinero para comprar insumos productivos y para contratar mano de obra extrafamiliar (entre 8 y 50 jornales entre la siembra y la cosecha).

Por el contrario los agricultores del nivel socioeconómico bajo son aquellos que poseen menos de 2 ha de tierras, generalmente no poseen ganado vacuno y algunos tienen hasta 10 ovejas. Básicamente la producción se realiza con bajos niveles de insumos y empleando la mano de obra familiar, ya que no cuentan con capital para contratar jornaleros.

Los agricultores del estrato intermedio poseen niveles de riqueza en tierra y ganado que se encuentran en un rango intermedio entre los agricultores de nivel socioeconómico alto y bajo.

Como muestra el Cuadro 5, el número de variedades de tubérculos andinos cultivados por los agricultores agrupados según su nivel socioeconómico presentó débiles diferencias, y aunque se observa que los agricultores del nivel socioeconómico alto cultivan un número de variedades más grande que el resto, las diferencias no son significativas.

Influencia del tipo de ocupación del agricultor sobre la conservación de variedades

La fuente de ingresos depende de la actividad principal y de las actividades secundarias de los agricultores de Candelaria, cuya estrategia de vida se basa en la producción agrícola complementada con diversas actividades secundarias destinadas a generar ingresos adicionales para su familia.

Para los fines comparativos del estudio, los agricultores han sido agrupados en 4 categorías considerando los casos más frecuentes (Cuadro 5). El primer grupo son aquellos agricultores que se dedican exclusivamente a la "Agricultura"; el segundo grupo, "Ag.+transporte", está formado por los

Cuadro 5. Medianas del número de variedades de papa, oca e isaño, y número total de variedades según tres factores socioeconómicos, y valores de P de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar los niveles de cada factor.

Factor	Grupo	n	Papa		Isaño		Oca		Total	
			Mediana	P valor	Mediana	P valor	Mediana	P valor	Mediana	P valor
Nivel socioeconómico	Alto	8	9,0	0,5292	0,5	0,0890	3,5	0,50626	14,0	0,6401
	Medio	23	9,0		0,0		2,0		10,0	
	Bajo	9	8,0		1,0		4,0		13,0	
Ocupación	Agricultura	25	8,0	0,9337	0,0	0,1254	2,0	0,63326	13,0	0,6068
	Ag.+transporte	8	9,0		0,0		3,0		12,0	
	Ag.+construcción	3	7,0		0,0		4,0		10,0	
	Ag.+otros	4	8,0		1,5		5,0		15,5	
Acceso a medios de capacitación	Ninguna	21	8,0	0,4842	0,0	0,0955	2,0	0,22494	11,2	0,0480
	Ocasional	9	8,0		1,0		4,0		13,3	
	Media avanzada	8	10,0		1,0		4,0		15,5	

Se asume significancia estadística a un nivel de $P < 0,05$

¹ La producción "en compañía" es un acuerdo por el que el agricultor propietario de la tierra busca un socio que le provea de la semilla y otros insumos y la cosecha se distribuye en un 50% para cada socio.

tienen como actividad secundaria el transporte, ya sea como propietarios de camionetas o como choferes de camiones pequeños que los pobladores locales alquilan para transportar sus productos; el tercer grupo, "Ag.+construcción", que es minoritario, está conformado por los agricultores que se dedican a la construcción ya sea localmente o en otras zonas urbanas aledañas en calidad de albañiles o ayudantes de albañiles; finalmente el cuarto grupo, "Ag.+otros", incluye a los agricultores que tienen actividades secundarias muy específicas como catequistas, o que trabajan en alfabetización y otras tareas.

En general no existen grandes diferencias en el número de variedades que maneja cada grupo de agricultores con actividades secundarias distintas. No obstante se ha puesto en evidencia que el grupo "Ag.+otros" maneja una media de 15 variedades y es superior frente al resto de las categorías de agricultores que manejan entre 10 y 13 variedades. Las implicaciones de estas diferencias son difíciles de explicar.

Influencia del acceso a los medios de formación directa sobre la conservación de variedades

Se ha efectuado un agrupamiento de los agricultores según el nivel de formación agrícola que han recibido en el curso de los tres últimos años. Se establecieron tres categorías (ver Cuadro 5):

- i) en el primer grupo, "Ninguna", se encuentran los agricultores que no tuvieron acceso a la formación o capacitación impartida por las instituciones de investigación o desarrollo que actúan en la zona de Candelaria.
 - ii) en el segundo grupo, "Ocasional", se encuentran los agricultores que han recibido una formación ocasional y de muy corto plazo, es decir que han participado en algunos días de campo o días demostrativos y han seguido formaciones específicas de corta duración.
 - iii) El tercer grupo, "Media avanzada", concierne a los agricultores que han recibido una formación de tipo intermedio, particularmente aquellos que han participado en cursos y/o seminarios de mediana duración (al menos de una semana) o en las Escuelas de Campo (ECA) o Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL).
- El Cuadro 5 muestra la media del número de variedades conservadas en el seno de cada grupo. Se puede observar que los agricultores que siguieron una formación de nivel "Medio y avanzado" cultivan alrededor de 16 variedades; número significativamente superior a los grupos de agricultores que no tuvieron acceso a medios de formación directa y a los agricultores que ocasionalmente acceden a formaciones de corta duración (medianas de 11 y 13 variedades respectivamente). Ello significa que el acceso a medios de formación directa como ECA y CIAL posiblemente favoreció la conservación de un mayor número de variedades en el seno familiar. Este

resultado se explica por el hecho de que la capacitación en Escuelas de Campo y CIAL incluyó sesiones donde se analizó la importancia de conservar la diversidad de tubérculos andinos para la economía y la seguridad alimentaria de las familias, y por el hecho de que estos agricultores participaron también en ferias de biodiversidad² representando a su comunidad.

Influencia de la edad de los agricultores sobre la conservación de variedades en Candelaria

La influencia de la edad de los agricultores fue determinada mediante análisis de covarianza, por tratarse de una variable cuantitativa. Se ha encontrado un efecto significativo de la edad sobre la conservación de la diversidad de tubérculos andinos (Figura 5); es más, esta influencia depende del acceso de los agricultores a la capacitación ($p = 0.04$). Cuando el agricultor no tiene acceso a la capacitación el número de variedades tiende a aumentar ligeramente con la edad; no obstante este incremento no es estadísticamente significativo ($P = 0.2258$). En cambio en el caso de los agricultores con acceso ocasional a la capacitación, el número de variedades tiende a disminuir significativamente con la edad ($P = 0.0041$). Cuando hubo acceso a capacitación medio-avanzada, el número de variedades tendió a aumentar significativamente con la edad del agricultor ($P = 0.0013$) (Figura 5). ¿Por qué existe una influencia de la capacitación en interacción con la edad del agricultor sobre la conservación? Las razones son difíciles de explicar, seguramente es necesario analizar en profundidad el tipo e intensidad de la capacitación para hallar una respuesta, y este estudio no ha abordado esos aspectos.

Conclusiones y perspectivas

La papa es el cultivo más diversificado entre los tubérculos andinos de Candelaria puesto que presenta una población varietal compuesta de 51 variedades; la oca es el segundo cultivo con mayor grado de diversificación, con una población varietal de 18 variedades, y el isaño es menos diversificado, con 13 variedades. La papa y la oca son las especies más difundidas entre las familias campesinas de Candelaria, puesto que son cultivadas por todas las familias. En cambio el isaño es cultivado solamente por un 55% de las familias campesinas.

Las variedades de tubérculos andinos clasificadas como "raras" requieren una atención especial para mitigar los riesgos de pérdida de variedades. En este caso es necesario complementar la conservación *in situ* en campos de agricultores con la conservación *ex situ*, depositando una muestra de estas variedades en el Banco Nacional de Raíces y Tubérculos Andinos. Las variedades poco frecuentes deben ser monitoreadas a lo largo del tiempo para alertar sobre los riesgos de pérdida y para restituir su importancia local. El

² Las ferias de biodiversidad son eventos organizados anualmente en las comunidades y se constituyen en espacios de revalorización de los alimentos, costumbres y tradiciones autóctonas.

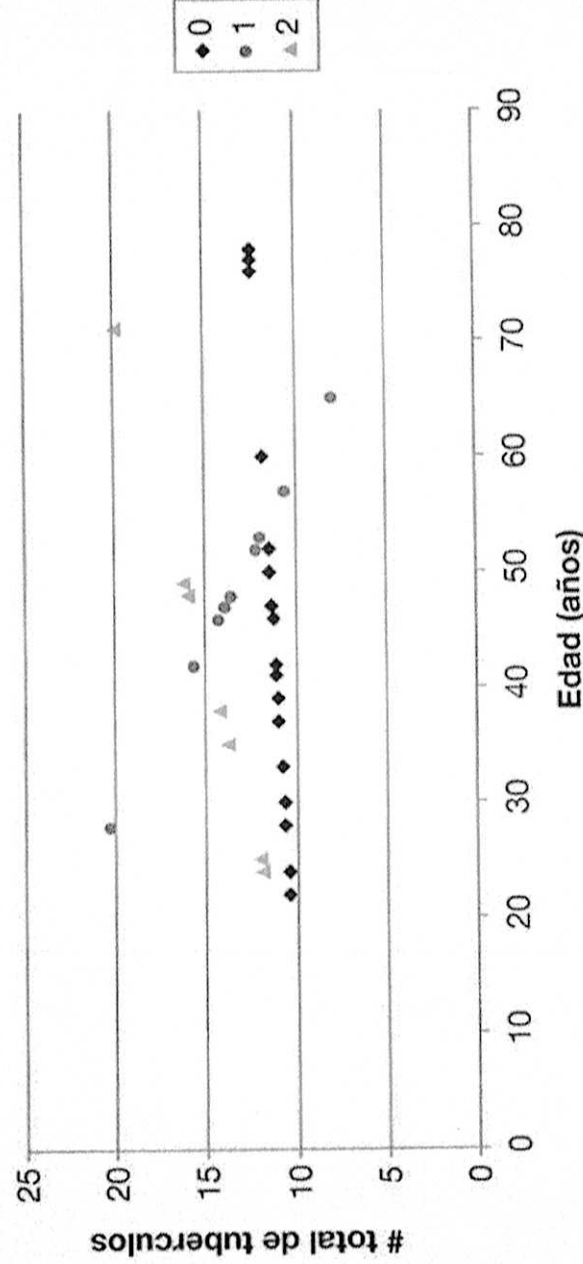


Figura 5. Efecto de la edad del jefe de la familia sobre el número total de variedades de tubérculos andinos, según los niveles del acceso directo a medios de capacitación (0 = agricultores que no tuvieron acceso a medios de capacitación; 1 = agricultores que accedieron ocasionalmente a la capacitación; 2 = agricultores que accedieron a medios de capacitación media y avanzada).

resto de las variedades tienen una permanencia más estable en el sistema de producción de Candelaria.

Promover la formación directa de los campesinos es un medio eficaz para favorecer la conservación *in situ* de los tubérculos andinos en los campos de los agricultores. Sin embargo, es necesario ampliar las investigaciones sobre la influencia de otros factores socioeconómicos y ecológicos en la conservación *in situ*. Se encontró que el acceso a medios de extensión y capacitación directa, como la formación en Escuelas del Campo y Comités de Investigación Agrícola Local que se implementaron en Candelaria, influyeron positivamente sobre la conservación de un número mayor de variedades. Por el contrario, los otros factores ejercen una influencia débil o nula sobre la conservación de un mayor número de variedades a nivel familiar.

La función ecológica de las variedades en el sistema de producción (rotación de cultivos, adaptación a condiciones específicas del suelo, resistencia a enfermedades y plagas, etc.) así como en el sistema socioeconómico (autoconsumo, utilización en comidas muy especiales, aceptación en el mercado local y urbano, etc.) debe ponerse de relieve para valorizar principalmente las variedades poco difundidas en las comunidades campesinas de Candelaria.

Reconocimientos

Los autores reconocen a la Dirección General de la Cooperación de Bélgica que proporcionó apoyo financiero y técnico para este estudio a través del proyecto «Promoción de la diversidad de los tubérculos andinos y sus productos transformados», coordinado por el Profesor Jean-François Ledent (Universidad Católica de Lovaina) Bélgica y por el Ing. Augusto Guidi (Fundación PROINPA) Bolivia.

Referencias bibliográficas

- Brush S. 2000. The issues of *in situ* conservation of crop genetic resources. En: Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity. IDRC e IPGRI, pp. 3-23.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 2001. Informes Técnicos Anuales: 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000 del Programa Internacional de Conservación de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. Lima, Perú.
- Franco T. e Hidalgo R. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 8: 60-89 pp.
- Fundación PROINPA. 2001. Primer informe compendio: campañas 1998-2001. Cochabamba, Bolivia. pp. 13-23.
- PRODJSEC. 2002. Plan de Desarrollo Municipal Ajustado 2003-2007 del Gobierno Municipal de Colomi. Viceministerio de Planificación Estratégica y Participación Popular; Programa de Desarrollo de Comunidades Rurales PDCR-II.
- IPGRI/CIP. 2001. Descriptores de oca (*Oxalis tuberosa* Mol). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 40 p.
- Jarvis D., Meyer L., Klemick H., Guarino L., Smale M., Brown A. et al. 2000. A training guide *in situ* conservation on-farm. Version 1. IPGRI, Roma, Italia.
- Jarvis D., Hodgking T., Eyzaguirre P., Ayad G., Bhuwon S. y Guarino L. 1998. Farmer selection, natural selection and crop genetic diversity. En: Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on farm. IPGRI, Roma, Italia.
- Lebart L., Morineau A., Piron M. 2000. Statistique Exploratoire Multidimensionnelle. Dunod, ed. Paris, Francia.
- Sokal R. y Rohlf J. 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. Freeman H., ed. Nueva York, EEUU.
- Sprent P. 1993. Applied non parametric statistical methods, Chapman. Londres, Reino Unido.
- Terrazas F. y Valdivia G. 1998. Space Dynamics of *in situ* Preservation: Handling of the Genetic Diversity of Andean Tubers in Mosaic Systems Candelaria, Cochabamba (Bolivia). En: Plant Genetic Resources Newsletter, 114:9-15.
- Triola, M. 2000. Estadística elemental, séptima edición. Addison Wesley Longman. Méjico. pp. 286-325.