

RAICES ANDINAS

Contribuciones al conocimiento y a la capacitación

I. Aspectos generales y recursos genéticos de las raíces andinas

4 Conservación *ex situ* de germoplasma de cuatro raíces andinas: Chago, yacón, achira y arracacha

*Miguel Valderrama, Juan Seminario*¹

Introducción

La Universidad Nacional de Cajamarca, con el auspicio del Programa Colaborativo Biodiversidad RTAs (Convenio UNC-CIP-CONDESAN), inició en 1993 un trabajo de exploración, colección, introducción y conservación de germoplasma de cuatro raíces andinas: chago, yacón, achira y arracacha en un ámbito geográfico que involucra seis departamentos del norte peruano. Los trabajos de investigación sobre estas especies no convencionales (Querol, 1988), han permitido evaluar su potencial de uso a escalas cada vez mayores.

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

El enfoque de la conservación *ex situ* es fundamentalmente etnobotánico, lo que implica la colección de material biológico y recojo de información sobre el mismo, sobre los aspectos ecológicos y culturales que sustentan su conservación y uso. La propagación y conservación del germoplasma son vegetativas y se realiza en parcelas o jardines de colecta, en varios lotes y predios.

El enfoque de la conservación *ex situ* es fundamentalmente etnobotánico, lo que implica la colección de material biológico y recojo de información sobre el mismo, sobre los aspectos ecológicos y culturales que sustentan su conservación y uso. La propagación y conservación del germoplasma son vegetativas y se realiza en parcelas o jardines de colecta, en varios lotes y predios.

El manejo del germoplasma en campo, además de las prácticas agrícolas convencionales, orientadas a minimizar el deterioro del material mantenido, considera importante la aplicación de las prácticas campesinas de cultivo y conservación, las cuales fueron aprendidas en las exploraciones etnobotánicas. Ejemplos de estas prácticas son los "capados", el desaporque en arracacha, entre otros. La caracterización morfológica implicó la aplicación de un número mínimo de descriptores cualitativos, que cumplen los requisitos de facilidad de registro y de alto poder discriminatorio. La evaluación del germoplasma durante varias campañas permitió la identificación de entradas promisorias en cada especie, con énfasis en los componentes del rendimiento. Este material promisorio se devuelve a los campesinos.

Objetivos

Conservar la diversidad genética de chago, yacón, achira y arracacha.

Lugar de ejecución. La colección principal se mantiene en parcelas o jardines de colecta, en terrenos de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada a 7° 10' LS y 78° 30' LO, en el distrito, provincia y Departamento de Cajamarca, a 2,535 msnm. Las medias anuales de temperatura y precipitación son de 14 °C y 700 mm, respectivamente. Algunas características edáficas del sitio de conservación son: suelo franco arcilloso; 1.9 % de materia orgánica; 0.12 % de N; 15 ppm de P; 138 ppm de K.

Debido a que estas condiciones ecológicas no son las más adecuadas para las especies, en los últimos años se realizan actividades de conservación en otras localidades de clima más adecuado.

Colectas de germoplasma de cuatro raíces andinas. Geográficamente, el proceso de exploración y recolección de germoplasma, fue en sentido centrifugo, iniciándose en un ámbito local (distrito de Cajamarca) y avanzando hacia la periferia, hasta abarcar la mayor parte del norte peruano. La exploración se dirigió en primer lugar, hacia los lugares donde se advertía que las especies eran importantes. Se han explorado hasta el momento 6 departamentos, 22 provincias y 56 distritos del norte peruano (Figura 1). En un principio, estas exploraciones se realizaron en forma indiscriminada, tratando de acopiar un número considerable de entradas, lo cual permitió ir conociendo la variabilidad fenotípica dentro de cada especie (Seminario, 1988). El trabajo se inicia con

exploraciones *in situ* junto al campesino. Se colecta principalmente material vegetativo (5-10 propágulos/entrada) y secundariamente semillas y material para herbario. En estas primeras aproximaciones se detectan y colectan especies y con base en descriptores campesinos, se hace una primera descripción de cultivares locales y parientes silvestres.

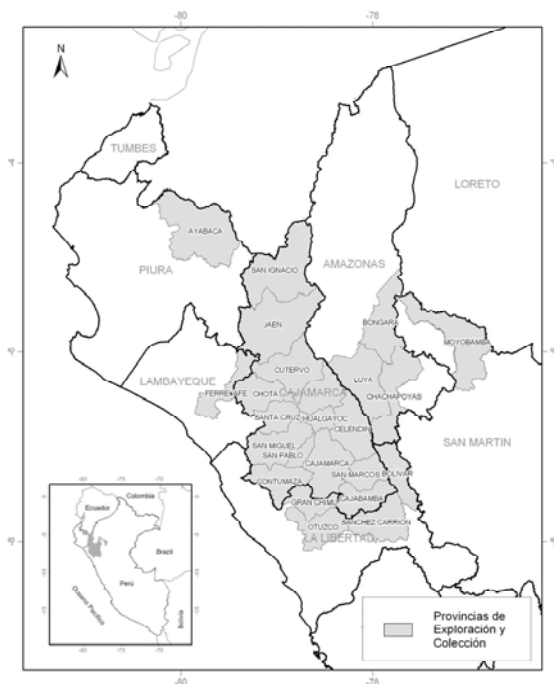
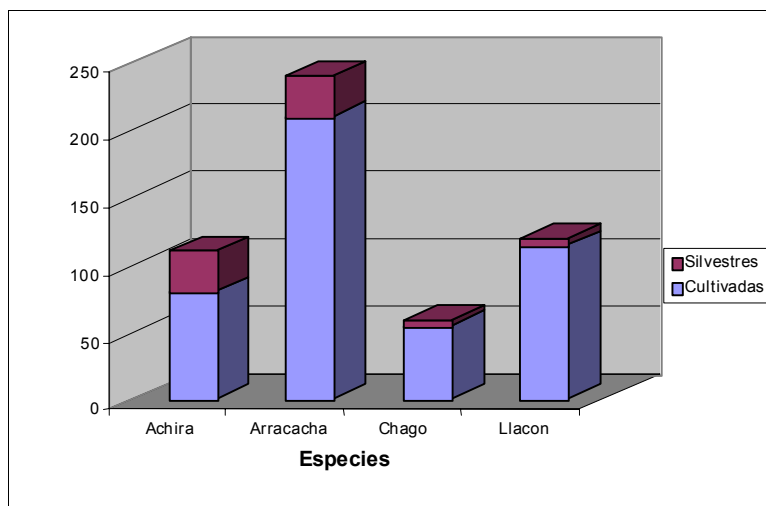


Figura 1. Ambito de exploración y colección de germoplasma de chago, yacón, achira y arracacha en el norte Peruano.

Desde 1991 a la fecha, se colectaron un total de 516 entradas, distribuidas de la siguiente forma (Figura 2): 109 de *Canna* (31 parientes cercanos), 235 *Arracacia* (30 silvestres), 56 de *Mirabilis* (11 silvestres) y 119 de *Smallantus* (tres silvestres). Del total de colectas (516), el 15% corresponde a parientes silvestres.

Figura 2. Número de colectas de cultivares y parientes silvestres de cuatro raíces Andinas, realizadas por la Universidad Nacional de Cajamarca: 1991-2000.



En la Figura 3 se observa la evolución de las colectas en el periodo 1991-2000. En los primeros años del programa (93-95), el énfasis de las colectas estuvo dirigido a chago, yacón y achira. En el caso de achira, las últimas colectas se hicieron en 1988. Desde 1994 se inició la colección de arracacha, alcanzando el máximo de colectas en 1996 (88 entradas), año en el cual hubo buenas condiciones meteorológicas que favorecieron la producción de propágulos en las provincias de Chota, Cutervo y Santa Cruz. En estas provincias, la variabilidad genética de arracacha es muy amplia. En el último año las colectas se incrementaron en 8% en relación al año anterior, distribuidos como sigue: chago 3 (todas silvestres), yacón 5 (todas cultivadas), arracacha 38 (26 silvestres y 12 cultivadas). La mayor parte de las colectas del último año 74 % corresponden a parientes silvestres de arracacha y chago.

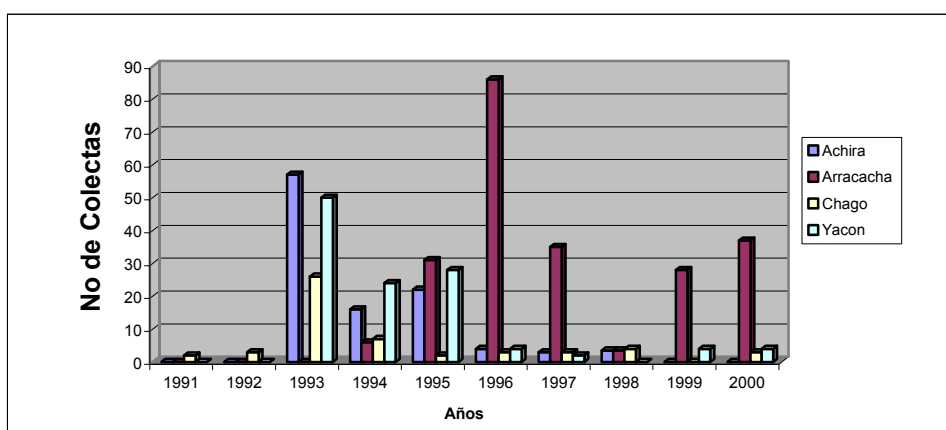


Figura 3. Número de colectas de cultivares y parientes silvestres de cuatro raíces andinas, realizadas por la UNC: 1991 – 2000.

En los últimos años, aunque la colección de germoplasma ya no es prioritaria, se continuó con esta actividad por las siguientes razones: (a) Hay necesidad de coleccionar los parientes silvestres especialmente de chago y arracacha, con el propósito de identificarlos y establecer las relaciones biosistemáticas con sus parientes cultivados. Esta actividad permitió explorar nuevas zonas, especialmente hacia el oriente (Amazonas) y coleccionar materiales cultivados, (b) Los morfotipos cultivados que existen en la colección están definidos y descritos y sólo se coleccionaron materiales que probablemente constituyen nuevos morfotipos.

Conservación y pérdidas de germoplasma en campo

En la Tabla 1 se expone además del número de colectas totales por especie, el número y porcentaje de entradas conservadas actualmente y las pérdidas durante el periodo de 1991-2000.

Tabla 1. Germoplasma de raíces andinas conservado por la UNC (a setiembre del 2000)

Especie	Colectadas*	Conservadas		Perdidas	
		No.	%	No.	%
Achira	109	103	94	6	6
Racacha Arracacha	235	168	72	67	28
Chago Mauka	56	46	82	10	18
Yacón Lakwash	119	102	86	16	14
Total/Promedio	516	419	84	99	19

*Incluye parientes silvestres.

Del total de entradas colectadas, el 19% se perdieron en el lapso considerado. La evolución de las pérdidas por año en el lapso 1993-2000 fue variable (Figura 4). Las pérdidas en yacón se produjeron en 1994 debido al efecto de pudrición por exceso de agua en el suelo. En cambio, las mayores pérdidas para arracacha y chago se registraron en 1998 (pos fenómeno del Niño), causadas por pudrición (*Fusarium* sp.) debido al exceso de agua en el suelo y en segundo lugar, debido a efecto de las heladas. En arracacha se registró el mayor porcentaje de pérdidas acumulado (67 = 28 %), en el lapso de cinco años (1996-2000).

El balance general de la conservación *ex situ*, del germoplasma de estas cuatro raíces andinas, durante el periodo 1991-2000 en la UNC (Figura 4), indica que achira (*Canna edulis*), es la especie menos vulnerable a los factores bióticos y abióticos adversos del medio. En el otro extremo se ubican la arracacha en primer lugar y el chago en segundo lugar, especies que mostraron alta susceptibilidad a patógenos fúngicos cuando hay exceso de humedad. En una posición intermedia se ubica el yacón. Sin embargo, las cuatro especies son muy susceptibles a las heladas frecuentes en la zona (-3 a -9 °C), aunque todas muestran buena capacidad de rebrote.

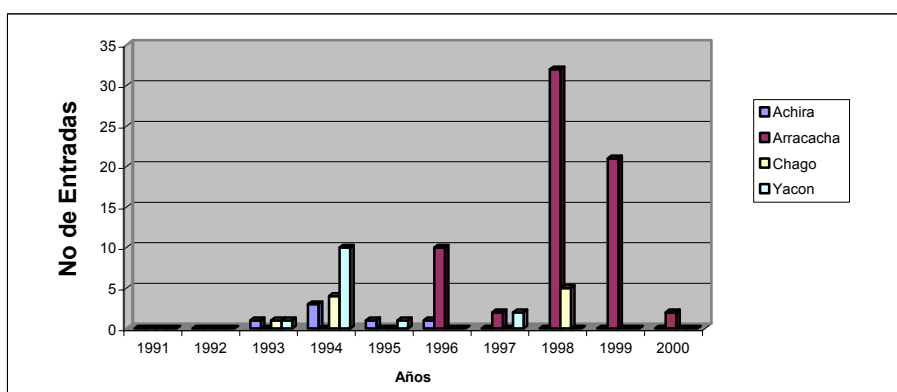


Figura 4. Número de entradas perdidas por año del germoplasma de cuatro raíces andinas de la UNC.

La prevención fitosanitaria, las labores culturales adecuadas (sobre todo el riego) y las épocas de siembra, son factores a tomar en cuenta para lograr mejores resultados en la conservación *ex situ* de estas especies.

Debido a que las condiciones climáticas de la localidad de Cajamarca, donde se mantiene la mayor parte del germoplasma, no son las más adecuadas, principalmente por la caída de heladas con cierta frecuencia y a excesos de humedad en los meses de lluvia (napa freática alta), una réplica de germoplasma de arracacha (85 entradas) se instaló en la localidad de Hualqui (distrito de Jesús), este material se mantiene en buen estado. Por razones semejantes y en la estrategia de vigorizar las relaciones *ex situ-in situ*, otras réplicas de germoplasma se instalaron en lotes y predios diferentes. En la Tabla 2 se expone la ubicación de los lotes de mantenimiento, el número de entradas por lote y el número de años que se mantiene sin cosechar ni hacer nuevas siembras.

Tabla 2. Ubicación de lotes de mantenimiento de germoplasma, número de entradas por lote y tiempo de mantenimiento.

Especie	Localidad	Pedio	Altitud (msnm)	Lote	No. entradas	No. años	
Achira	Cajamarca UNC	1	2 535	1	52	5	
				2	103	4	
Arracacha	Cajamarca UNC	1	2 535		126	2	
				La Bendiza	1	96	1
				Hualqui	1	85	0.5
				Cutervo			
				Minas	1	15	1
				Huarrago	1	15	1
				Puquio	1	04	1
Chago	Cajamarca UNC	1	2 535	1	17	2	
				2	46	1	
Yacón	Cajamarca UNC	1	2 535	1	80	4	
				2	102	1	

Manejo del germoplasma en campo

Los aspectos de manejo agronómico y algunos requerimientos de los cultivos se detallan en la Tabla 3. Predomina la propagación vegetativa en todas las especies; sin embargo, en chago se realizaron evaluaciones de producción a partir de semilla sexual, con rendimientos relativamente inferiores a los encontrados en siembras con semilla vegetativa. En las otras especies las pruebas de producción a partir de semilla no fueron exhaustivas.

El sistema de siembra más utilizado es en surcos; sin embargo, en el último año, el germoplasma de arracacha fue sembrado bajo el sistema de camellones. Los primeros

resultados indicaron que hay un incremento del 13 % en la productividad respecto al sistema convencional (Coronel, 2000). No obstante, este sistema incrementa los costos de mano de obra y sólo es recomendable en zonas con periodos de lluvia bien definidos. El distanciamiento de siembra varía de 1-0.70 m entre surcos y de 0.70-0.50 m entre plantas.

Se considera que el número mínimo de plantas a mantener en campo debe ser 10, dadas las condiciones climáticas adversas en las que se conserva.

Dos lotes de germoplasma de achira, que constan de 52 y 103 entradas, se mantienen desde hace 5 y 4 años respectivamente en el mismo lugar, sin ser cosechados. Las labores de manejo de estos lotes consisten en dos deshierbos al año, un riego en época de estiaje y podas cada seis meses (Tabla 3), para evitar cruzamiento entre cepas de entradas diferentes.

Un lote de 126 entradas de arracacha, sembrado con el sistema de camellones se mantiene durante 15 meses sin cosechar.

Un lote de 17 entradas de chago, se mantiene por dos años, sin cambio de lugar ni cosecha. Las labores principales para su manejo son deshierbos, riegos y aporques.

En yacón se mantiene un lote 80 entradas por cuatro años consecutivos en el mismo lugar. El manejo consiste en "capados" periódicos (extracción de raíces maduras), para proveer raíces a ensayos de deshidratación y propágulos para experimentos de producción. Otras labores aplicadas son deshierbos, riegos en épocas de estiaje y podas cuando la parte aérea se muere naturalmente por efecto de las heladas.

Réplicas del germoplasma de yacón y chago (98 y 44 entradas, respectivamente) fueron reubicadas, de manera que las entradas están ordenadas según morfotipos, lo cual permite una mejor disposición y manejo de material.

El objetivo de mantener más de una réplica de entradas en el mismo predio y no cosechar anualmente, es alargar el tiempo de mantenimiento en campo, disminuyendo los costos de cosechas y plantaciones anuales, y tener material biológico suficiente para otras evaluaciones y pruebas. Los parientes silvestres se mantienen en invernadero.

Tabla 3. Manejo en campo del germoplasma de cuatro raíces andinas

Especie	Formas de propagación		Siembra			Labores culturales							Periodo crecimiento (meses)	
	Vegetativa	Semilla	Forma	Dist. surcos/ plantas (m)	Mínimo plantas/ entrada	Des- hierbos	Apor- ques	Riegos*	Podas	Capados	Control sanitario			Fertiliz.o rgánica
											plagas	Enferme- dades		
Achira	Rizomas	Sí	Surcos	0.8 / 0.6	6	2	2	1	2	Rizomas	no	no	no	9-11
Arracacha	Colinos, Tallo	¿	Surcos Camellón	0.8 / 0.50	15	4	0	3	0	Raíces y brotes	si	si	Sí	8-12
Chago	Tallos subterráneos esquejes	si	Surcos	0.70 / 0.60	10	3	1	3	1	Raíces y cepa	Sí	no	no	9-12
Yacón	Cepa esquejes	si	Surcos	0.80 / 0.60	6	3	1	2	1	Raíces y cepa	no	no	Sí	10-12

Estado de la documentación del germoplasma de cuatro raíces, conservado *ex situ*

La caracterización morfológica del germoplasma en tres especies de chago, yacón y achira fue realizada en el 100 %. De igual modo, se completó el agrupamiento en morfotipos para las tres especies.

Criterios de caracterización y agrupamiento de germoplasma en morfotipos

El número de descriptores morfológicos cualitativos para cada especie y el número de morfotipos se detallan en las Tablas 4 y 5. Se utilizó un número de descriptores básicos con características de funcionalidad y fácil aplicabilidad en campo. Sólo algunos estados de descriptores cuantitativos fueron sometidos a redefinición en el último año.

Tabla 4. Estado de la documentación del germoplasma de cuatro raíces andinas (en % de entradas)

Especie	Total entradas mantenidas	Datos pasaporte	Caracterización morfológica	Evaluación preliminar
Achira	103	100	100	100
Arracacha	168	100	40 96*	94*
Chago	46	100	14 100	100
Yacón	102	100	50 100	100
			31	

*Se refiere a 96% y 94% respectivamente del total de cultivadas. Los parientes silvestres están en proceso de identificación taxonómica.

Tabla 5. Número mínimo de descriptores cualitativos para la caracterización de cuatro raíces andinas

Especie	Descriptores								
	Planta	Hoja	Tallo	Flor	Fruto y semilla	Raíz	Rizoma	Cepa	Total
<i>Mirabilis expansa</i>	1	9	2	7	2	7	-	1	29
<i>Smallantus sonchifolius</i>	2	9	3	7	1	3	-	2	27
<i>Canna edulis</i>	-	10	2	13	4	-	4	2	35
<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	1	7	1	-	-	8	-	-	17

En arracacha, el concepto de “forma hortícola” fue el primer nivel de caracterización basado en el color de la pulpa de la raíz, que es altamente discriminatorio y de fácil registro. Según este descriptor, el germoplasma se clasifica en dos grandes grupos: blancas y amarillas. Luego, cada uno de estos se subdividen en blancas pigmentadas y amarillas pigmentadas, lo que resulta en cuatro formas hortícolas. Las entradas caracterizadas se agrupan de la siguiente forma: 26 % amarilla, 2 % amarillas pigmentadas, 48 % blancas y 24 % blancas pigmentadas.

El segundo nivel de agrupamiento fue morfotipos, los cuales en el último año se incrementaron de 37 a 40 (Tabla 6). El agrupamiento de los morfotipos según forma hortícola resulta en: amarillas 30 %, amarillas pigmentadas 5%, blancas 43 %, y blancas pigmentadas 22 %.

Tabla 6. Morfotipos y parientes cercanos de cuatro raíces andinas conservados por la Universidad Nacional de Cajamarca

Especie	Estado biológico	No. morfotipos	Parientes silvestres identificados
<i>Canna edulis</i>	Cultivares	10	
	(comest.)	15	
	Ornamentales	06	
	Intermedias		
<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Cultivares	40	
	Silvestres	4	<i>A. peruviana</i> ; <i>A. incis</i> ; <i>A. elata</i> ; <i>A. ecuatorialis</i>
<i>Mirabilis expansa</i>	Cultivares	5	
	Silvestre arvenses	5	<i>M. postrata</i> ; <i>M. expansa</i> y <i>M. intercedens</i>
<i>Smallantus sonchifolius</i>	Cultivares	8	
	Silvestres-arvenses	3	<i>Smallantus siegesbekius</i> <i>Siegesbeckia jorullensis</i> <i>Munnosia lirata</i>

Identificación de entradas promisorias

Dentro del proceso de conservación *ex situ*, las evaluaciones preliminares del germoplasma de chago, achira y yacón en tres campañas y el de arracacha en dos campañas y dos localidades (UNC y La Bendiza), permitieron identificar entradas que destacaron por su rendimiento en raíces. En la Tabla 7 se muestra una relación de entradas para cada especie, las cuales presentaron buen comportamiento. Estas deben ser sometidas a pruebas de rendimiento con diseño estadístico adecuado.

En el caso de chago se identificaron 10 entradas dentro de tres morfotipos, como promisorias por su rendimiento en raíces. En yacón fueron identificadas 16 entradas promisorias que corresponden a los tres morfotipos de mayor distribución en el norte peruano. En achira las entradas seleccionadas como promisorias fueron 14, las que corresponden a siete morfotipos comestibles. Para arracacha se agrupó las entradas promisorias según la forma hortícola a la cual pertenecen; de estas, nueve entradas corresponden a la forma hortícola amarilla, ocho a la forma hortícola blanca (entradas: 7, 28, 46, 49, 61, 66, 116 y 140) y cinco entradas (9, 86, 91, 93, y 141) a la forma hortícola

blanca pigmentada. No se encontraron entradas promisorias en la forma hortícola amarilla pigmentada (Tabla 7).

Tabla 7. Entradas promisorias del germoplasma de cuatro raíces andinas conservadas por la Universidad Nacional de Cajamarca

Especie	Morfotipo	Entradas promisorias	Rendimiento promedio (kg/planta)
Chago	I	15, 25, 28, 29	4.20 (3.6)
	II	08, 18, 19	(2.1)
	III	16,20,21	2.70 (1.2)
Yacón	I	12, 23, 26, 28, 45	1.70 (3.8)
	II	31, 38, 40, 60, 70, 118	5.0 (4.0)
	III	08, 10, 15, 50, 52	5.60 (2.6)
Achira	I	69	5.50 (4.2)
	II	35, 37, 49	3.50 (2.7)
	III	32	4.0 (5.6)
	IV	39, 58	3.70 (1.6)
	V	01, 08, 18, 44	5.0 (3.3)
	VI	05, 54	4.0 (6.8)
	VII	65	5.0 (2.2)
Arracacha	Amarillas	08, 18, 19, 43, 81, 114, 120, 126, 193	1.40 (5.5)
	Blancas	07, 28, 46, 49, 61, 66, 116, 140	1.65 (6.2)
	Blancas Pigmentadas	09, 86, 91, 93, 141	

Los datos entre paréntesis corresponden a la desviación standard: Tamaño de muestra: 5 plantas/entrada.

No. de campañas: Chago y achira 3 campañas (1995, 1996, 1997).

Yacón , rendimientos promedio de 3 campañas (1996, 1997, 1998).

Arracacha, rendimientos promedio de 2 campañas (1998, 2000).

Conclusiones

El ámbito de exploración y colecta de germoplasma de las cuatro raíces andinas, comprendió seis departamentos, 22 provincias y 56 distritos del norte peruano.

Durante el periodo 1993-2000 se colectaron 516 entradas de cuatro raíces andinas (chago, yacón, achira y arracacha), 15% corresponden a parientes silvestres. En el último año se colectó el 8 % del total, en su mayor parte silvestres (74 %). Las pérdidas totales fueron del 19 % y fueron más altas en arracacha (28 %) y más bajas en achira (6 %).

Referencias bibliográficas

Coronel, T. 2000. Informe de prácticas pre-profesionales. Programa de Investigación de Raíces Andinas. UNC – FCAF. Cajamarca 35 p.

Querol, D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Industrial Gráfica S.A. Lima, Perú.

- Seminario, J. y M. Valderrama. 1999. Línea de Acción: Conservación y utilización de Germoplasma de Raíces Andinas. Informe Anual 1998-1999. Universidad Nacional de Cajamarca, Banco de Germoplasma de Cultivos Andinos. Programa Colaborativo Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces Andinas (CIP-COSUDE-CONDESAN)
- Seminario, J.; I. Sánchez y M. Valderrama. 2000. Línea de acción: Conservación y Utilización de Germoplasma de Raíces Andinas. Informe Anual 1999-2000. Universidad Nacional de Cajamarca, Banco de Germoplasma de Cultivos Andinos. Programa Colaborativo Conservación y uso de la Biodiversidad de Raíces Andinas (CIP-COSUDE-CONDESAN).
- Seminario, J.; C. Granados y J. Ruiz. 1999. Recursos Genéticos de Raíces Andinas: I. Exploración para Chago, Yacón, achira y arracacha en el norte del Perú. En: Raíces y Tubérculos Andinos. Avances de Investigación I. Fairlie, T., M. Morales y M. Holle (editores). CIP-CONDESAN. Lima Perú.
- Sevilla, R.; M. Holle. 1995. Recursos Genéticos Vegetales. Producción Personal. CIP-UNALM, Lima, Perú.