

RAICES ANDINAS

Contribuciones al conocimiento y a la capacitación

IV. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

Caracterización y conservación de germoplasma

13

Caracterización morfológica de la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá, Cauca) de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

Norma Vásquez¹, Clara Medina¹, Mario Lobo¹

Resumen

Con el fin de determinar la variabilidad cualitativa y cuantitativa existente en la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá, Cauca) de *Arracacia xanthorrhiza*, se caracterizaron morfológicamente 62 accesiones a través de 28 descriptores cualitativos y 13 cuantitativos. La investigación se realizó en el departamento de Tolima a una altitud de 2 480 msnm. En la colección evaluada existe amplia variabilidad cualitativa y cuantitativa con niveles de similitud entre 37 % y 86 %. El 100 % de las características cualitativas presentó variabilidad, indicando que existen diferentes arreglos para estas variables a nivel de genotipos, por lo que es posible obtener combinaciones de caracteres deseables en un mismo material. En las características cuantitativas se observó también amplia variabilidad, indicando que

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Santa Fé de Bogotá Colombia.

existen diferentes grados de adaptación y se presentaron agrupamientos marcados por zonas geográficas. La colección evaluada cuenta con 62 clones de amplia variabilidad y amplias distancias cuantitativas, lo que le confiere gran valor como material genético base para programas de mejoramiento de la especie *Arracacia xanthorrhiza*.

Introducción

Como parte del programa colaborativo de Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos, desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) con la cofinanciación de la Cooperación Técnica Suiza (COSUDE) en cinco países de Sudamérica, se desarrolla en Corpoica, Regional Seis, el Proyecto: Colección, Caracterización y Conservación *ex situ* de material genético de *A. xanthorrhiza* en Colombia con el fin de determinar la diversidad existente y establecer las bases que aseguren su conservación.

Colombia es parte del centro de diversidad primaria del género *Arracacia*, diversidad conservada a lo largo del tiempo, ligada a etnias y culturas indígenas que la han mantenido para venta o autoconsumo. El sur de Colombia ha sido considerado un antiguo centro de dispersión porque además de intenso cultivo de esta planta en la cordillera central, la arracacha es cultivada por las tribus indígenas como un cultivo secundario desde la frontera ecuatoriana hasta Venezuela y la costa Caribe cerca de Santa Marta. En la cordillera central, las tribus Paez, Quillacingas y Monge son citadas como cultivadoras; en las vertientes superiores del Putumayo y en el valle del Sibundoy los aborígenes tienen para la arracacha un nombre propio y se distinguen 11 formas hortícolas de la planta (Vélez, 1952).

Bristol (1988) reportó que entre las 240 especies de plantas y cultivares, integrados en el agroecosistema de Sibundoy, había 13 clones de *A. xanthorrhiza*, la mayoría de ellos sólo conocidos en este valle y que *Neonelsonia acuminata*, especie estrechamente emparentada, es llamada "arracacha salvaje" en el Sibundoy.

Al parecer los materiales colombianos han sido movidos de sur a norte; son materiales que contienen genes importantes de adaptación que permiten diferentes combinaciones de características cualitativas y se conservan aislados genéticamente de los demás de la zona.

Muchas comunidades mantienen la arracacha en forma perenne. Este sistema permite que florezca y semille y que haya segregantes que crecen alrededor. La importancia de los materiales locales radica en que dispersan semillas creando nuevas combinaciones de genes que se convierten en nuevos clones, lo que explica la variabilidad que existe en esta planta que es de propagación asexual.

Colombia destaca entre los países andinos por tener las mayores áreas de producción comercial de arracacha con 8 342 ha cultivadas en 14 departamentos, sin embargo, es un cultivo con poco desarrollo y ha sido a través del tiempo una planta cultivada por pequeños productores en áreas de economía campesina, los cuales al estar sometidos a presiones externas pueden llegar a perder los materiales. Los problemas de violencia

en el país crean desplazamientos masivos que ocasionan erosión genética, sobre todo en materiales como estos, ligados a la preferencia de autoconsumo de los agricultores y que no tienen un valor de mercado, por lo que existe grave peligro de perderse en los desplazamientos.

Después del convenio de diversidad biológica, el recurso genético es patrimonio nacional. Según el artículo 15 del convenio, reside en los países la potestad del intercambio y hoy es difícil realizarlo, por esta razón se requiere conservar recursos para crear capacidad de intercambio y desarrollo del país en el futuro. Con la apertura económica hemos perdido competencia en muchas especies agrícolas y aunque en arracacha no se ha desarrollado su potencial de utilización y consumo podría servir en el futuro como una fuente de divisas. Aunque en Colombia no se trabaje actualmente en su mejoramiento, la arracacha sigue siendo una especie promisoría por su potencial agroindustrial en la extracción de harinas y almidones.

El recurso genético es recurso biológico al que se suma el conocimiento, dándole un valor agregado que lo convierte en bien público con valor importante para el país. Cuando se tiene una colección es preciso describirla, porque lo que no se conoce no se utiliza y lo que no se utiliza se pierde.

Como fase inicial para conocer la variabilidad y permitir su utilización, se realizó trabajo con 62 accesiones procedentes de los departamentos Tolima, Huila, Cauca y Boyacá.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se realizó en parcelas de observación, en la finca Santo Tomás ubicada a 4° 54–447' de latitud Norte y 075° 08–232' de longitud Oeste, en la vereda el Recodo del Municipio de Murillo, departamento de Tolima, a 2 480 msnm. Cada parcela consistió de un surco de 14 m de longitud con 20 plantas espaciadas a 0.7 m.

Material genético. El germoplasma caracterizado corresponde a 62 accesiones, colectadas en fincas de agricultores en 27 municipios de los departamentos de Huila, Tolima, Cauca y Boyacá (Tabla 1).

Descriptor. Se utilizó el listado de descriptores desarrollado por el Centro Internacional de la Papa, con modificaciones y adiciones realizadas por el Programa Nacional de Recursos Fitogenéticos de Corpoica. La información de campo se registró en forma individual en cinco plantas por accesión, utilizando formatos preestablecidos, en los cuales se anotó por material y por planta cada una de las 28 variables cualitativas y 13 cuantitativas. La caracterización de la parte aérea se realizó en plantas adultas de 10 meses de edad y las raíces reservantes se caracterizaron al momento de la cosecha (12 meses), los colores se referenciaron con la *Munsell Color Charts for Plant Tissues*. Los descriptores morfológicos fueron complementados con los datos de pasaporte.

Tabla 1. Procedencia de las accesiones de *Arracacia xanthorrhiza* caracterizadas

Accesión	Departamento	Municipio	Vereda	Altitud (m)
INT 001	Huila	San Agustín	Mesitas	1 800
INT 002	Huila	San Agustín	Mesitas	1 710
INT 003	Huila	San Agustín	Alto del Obispo	1 710
INT 004	Huila	San Aguatín	Eras	1 540
INT 005	Huila	Salado Blanco	San Rafael	1 500
INT 006	Huila	Salado Blanco	San Rafael	1 500
INT 007	Huila	Salado Blanco	San Rafael	1 500
INT 008	Huila	Salado Blanco	San Rafael	1 500
INT 009	Huila	La Argentina	Bajo Pencil	1 668
INT 011	Huila	La Argentina	Bajo Pencil	1 680
INT 012	Huila	La Argentina	Bajo Pencil	1 680
INT 013	Huila	La Argentina	Rosario	1 700
INT 014	Huila	Algeciras	La Primavera	2 080
INT 015	Huila	Algeciras	La Primavera	2 080
INT 016	Huila	Algeciras	La Primavera	2 080
INT 017	Huila	Algeciras	La Primavera	2 080
INT 018	Huila	Tello	Río Negro	1 880
INT 019	Huila	Tello	Río Negro	1 880
INT 020	Huila	Santa María	Baché	1 680
INT 021	Huila	Santa María	Baché	1 680
INT 022	Huila	Santa María	Baché	1 680
INT 023	Tolima	Dolores	Picacho	1 640
INT 024	Tolima	Dolores	Picacho	1 640
INT 025	Tolima	Dolores	Picacho	1 640
INT 026	Huila	Oporapa	Alto S. Francisco	1 500
INT 028	Huila	Oropapa	San Roque	1 850
INT 029	Huila	La Argentina	Pencil	1 680
INT 030	Tolima	El Fresno	Aguaditas	1 800
INT 031	Tolima	El Fresno	Aguaditas	1 800
INT 032	Tolima	Herveo	Mesones	2 220
INT 033	Tolima	Casablanca	Urbano	2 050
INT 034	Tolima	Murillo	Canaan	2 480
INT 035	Tolima	Cajamarca	La Luisa	2 060
INT 036	Tolima	Cajamarca	Las Hormas	1 880
INT 037	Tolima	Murillo	Urbano	3 180
INT 038	Tolima	Murillo	Urbano	3 180
INT 039	Tolima	Murillo	Urbano	3 180
INT 040	Tolima	Cajamarca	La Luisa	2 060
INT 041	Tolima	Cajamarca	Las Hormas	1 880
INT 042	Tolima	Cajamarca	Las Hormas	1 880
INT 043	Tolima	Cajamarca	La Luisa	2 060
INT 044	Boyacá	Saboyá	Tibistá	2 650
INT 045	Boyacá	Saboyá	Tibistá	2 650
INT 046	Boyacá	Saboyá	Tibistá	2 700
INT 047	Boyacá	Chiquinquirá	Casablanca	2 580
INT 048	Boyacá	Chiquinquirá	Casablanca	2 580
INT 049	Boyacá	Ramiriquí	Peñas	2 150
INT 050	Boyacá	SRosa Viterbo	Portachuelo	2 860
INT 051	Boyacá	Tutasá	El Tobal	3 200
INT 052	Boyacá	Pesca	Mochagá	2 580
INT 053	Tolima	Cajamarca	El Aguila	2 340
INT 054	Tolima	Cajamarca	El Aguila	2 340
INT 055	Cauca	Puracé	Paletará	2 900
INT 057	Cauca	Popayán	Pisojé bajo	2 100
INT 058	Cauca	Timbío	Siloé	1 840
INT 059	Cauca	Popayán	Pisojé bajo	2 100
INT 060	Cauca	Tambo	Piagua	1 680
INT 061	Cauca	Piendamó	Independencia	1 520
INT 063	Cauca	Toribio	Betulia	1 800
INT 064	Cauca	Inzá	El Lago-Turminá	1 800

En la Tabla 2 se describen los diferentes atributos clasificados en las categorías: cualitativos binarios, cualitativos multiestado con orden lógico, cualitativos multiestado sin orden lógico, cuantitativos continuos y cuantitativos discretos.

Toma, clasificación y análisis de datos. La información de campo se registró en formatos preestablecidos, con un listado de las variables en las hileras y columnas individuales para registrar el dato en cada una de las cinco plantas. Con esta información se conformó una base de datos en hoja electrónica (Excel 97) y posteriormente se clasificaron las variables en cuantitativas y cualitativas para efecto de los análisis estadísticos, utilizando los programas "Statistical Analysis System (SAS) y Numerical Taxonomy System (NTSYS)".

Con las variables cualitativas codificadas numéricamente se obtuvieron estimados univariados, los cuales incluyeron la moda, el coeficiente de variación y la desviación estándar por atributo. Las características que mostraron polimorfismo, se incluyeron en un análisis de conglomerados, el cual se basó en la obtención de una matriz de similitud entre partes de materiales, con base en el coeficiente simple de concordancia y con la matriz se construyó un fenograma mediante el empleo de algoritmo de las medidas no ponderadas (Figura 1). (Sneath y Sokal, 1973; Crisci y López, 1983).

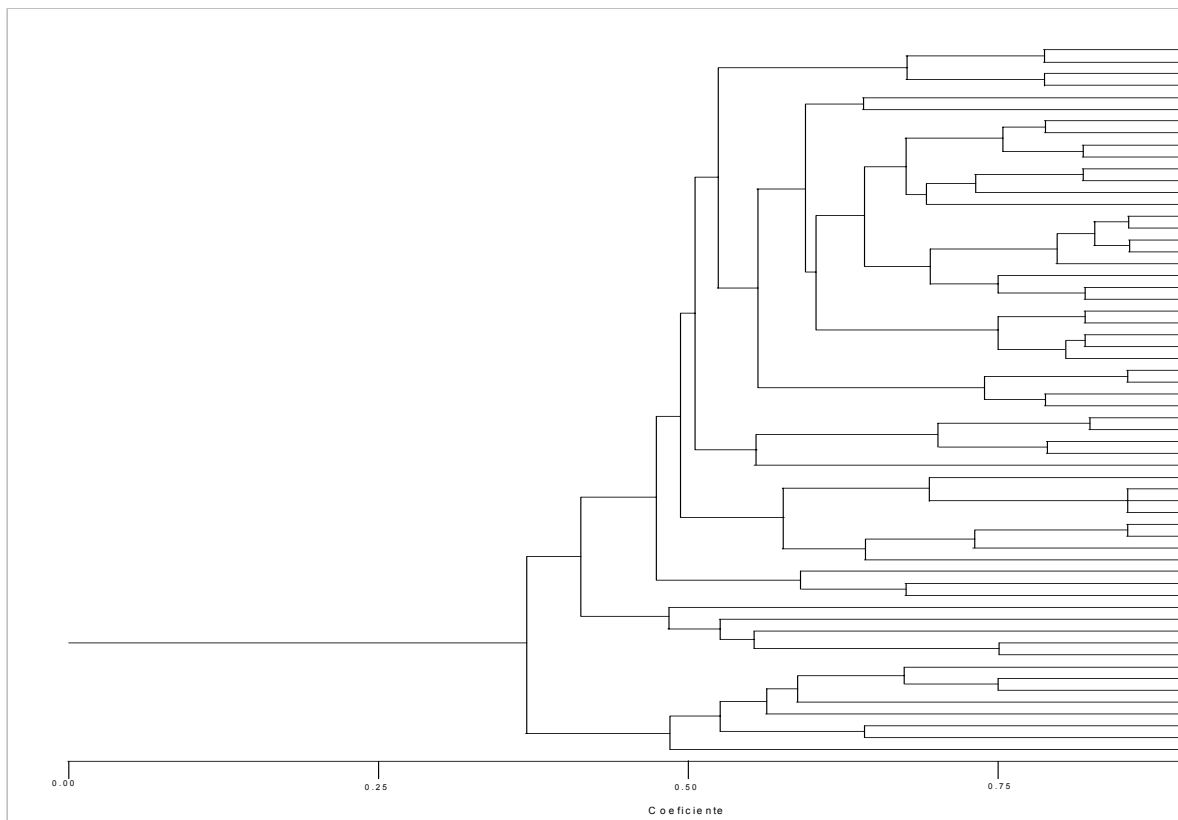


Figura 1. Fenograma cualitativo por departamento de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*).

Tabla 2. Clasificación de las variables registradas en la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá y Cauca) de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Variable	Cualitat. binaria	Cualitat. multiestado c/orden lógico	Cualitat. multiestado s/orden lógico	Cuantitat. continua	Cuantitat. discreta
Hábito de crecimiento		x			
Color predominante del follaje			X		
Color predominante del envés			X		
Color secundario del envés			X		
Color predominante del haz			X		
Color secundario del haz			X		
Distribución color secundario del haz			X		
Color borde de los foliolos			X		
Borde de los foliolos			X		
Acumen del foliolo terminal		x			
Disección del foliolo terminal		x			
Color predominante peciolo			X		
Color secundario peciolo			X		
Distribución color secundario peciolo		x			
Cerosidad del peciolo	x				
Color de la vaina			X		
Estrías en el peciolo			X		
Color predominante pulpa de los colinos			X		
Color secundario de la pulpa de los colinos			X		
Distribución color secundario de la pulpa de los colinos		x			
Color predominante superficie raíz reservante			X		
Color secundario superficie raíz reservante			X		
Distribución color secundario de la raíz reservante			X		
Forma de la raíz reservante			X		
Color predominante pulpa raíz reservante			X		
Color secundario pulpa raíz reservante			X		
Distribución color secundario de la pulpa de la raíz reservante			X		
Altura de la planta a cosecha				x	
Número de foliolos por hoja					x
Longitud de la lámina foliar				x	
Ancho de la lámina foliar				x	
Longitud del peciolo				x	
Ancho del peciolo				x	
Número de colinos por planta					x
Número de raíces					x
Número de raíces reservantes útiles					x
Longitud raíz reservante				x	
Ancho raíz reservante				x	
Diámetro del corazón central				x	
Rendimiento por planta				x	

Con las variables cuantitativas se realizó también el análisis univariado, obteniéndose por cada atributo como medida de tendencia central, la media y como medidas de dispersión, la desviación estándar, el coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos. Con los atributos que exhibieron variabilidad, se realizó un análisis multivariado de componentes principales para determinar las características con mayor contribución a la expresión de la variabilidad total. Con estos atributos se hizo el análisis de conglomerados, el cual consistió en la construcción de una matriz de distancias euclidianas, con que se elaboró un fenograma cuantitativo mediante la aplicación del algoritmo de las medias no ponderadas. (Sneath y Sokal, 1973; Crisci y López, 1983).

Resultados y discusión

Variabilidad Cualitativa. En la Tabla 3 se muestran los valores modales, el coeficiente de variación y la desviación estándar obtenidos con los atributos cualitativos registrados en la colección estudiada. Se aprecia variabilidad en las 28 características señalando un alto grado de polimorfismo morfológico para este tipo de variables que generalmente son poco afectadas por el ambiente, pues corresponden a genes mayores u oligogenes cuya expresión se puede individualizar.

El 100 % de las características cualitativas tuvieron variabilidad, la cual es mayor porque los genes ligados a estos oligogenes también son variables. Esto indica la existencia de más de un alelo por característica, es decir, que hay polimorfos para todas las características, por lo tanto completa variabilidad. Medina y Lobo (1999) afirman que las características cualitativas corresponden en alto grado a la expresión de alelos de genes específicos y que estos alelos marcan igualmente genes ligados a ellos.

La variabilidad encontrada señala que en el germoplasma analizado existe una amplia posibilidad de encontrar una gama de características deseables, lo cual es importante desde el punto de vista de la demanda por atributos específicos de parte de consumidores, agricultores e investigadores.

En la Figura 1 se presenta el dendograma cualitativo obtenido mediante coeficientes de similitud, graficado con el método UPGMA (algoritmo de la media aritmética no ponderada). Se aprecia que la similitud mínima entre los materiales fue de 37 %, este resultado unido al 100 % de variabilidad en los atributos cualitativos indica que existen diferentes arreglos para estas variables a nivel de genotipos, por lo que es altamente posible obtener combinaciones de caracteres deseables en un mismo material, lo cual es muy importante para trabajos de mejoramiento, pues existe un arsenal de genes cualitativos y al propagarse la especie en forma vegetativa, estas combinaciones deseables de caracteres se pueden clonar.

Tabla 3. Valores modales, coeficiente de variabilidad (C.V.) y desviación estándar, obtenidos con los atributos cualitativos registrados en la colección colombiana (Tolima, Cauca, Boyacá, Huila) de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Característica	Moda	Coefficiente Variación	Desviación Estándar
Hábito de crecimiento	3	26.781	1.051
Color predominante del follaje	2	40.422	0.827
Color predominante del envés	2	23.237	0.499
Color secundario del envés	0	166.13	0.747
Distribución color secundario del envés	0	169.345	1.710
Color predominante del haz	2	58.949	2.081
Color secundario del haz		82.429	1.5794
Distribución color secundario del haz	1*	46.830	0.922
Color borde de los foliolos	2	28.149	0.697
Borde de los foliolos	3	38.822	0.610
Acumen del foliolo terminal	1	15.603	0.296
Disección del foliolo terminal	2	36.025	0.614
Color predominante del peciolo	2	56.136	1.495
Color secundario del peciolo	1	80.860	1.435
Distribución color secundario del peciolo	1	78.788	1.573
Cerosidad del peciolo	1*	154.738	0.456
Color de la vaina	0	39.579	2.2353
Estrías en el peciolo	5	15.535	0.151
Color predominante de la pulpa de los colinos	1	34.555	0.645
Color secundario de la pulpa de los colinos	2	131.427	1.534
Distribución color secundario pulpa de los colinos	0	134.969	0.570
Color predominante superficie raíz reservante	0	35.175	0.646
Color secundario superficie raíz reservante	2	168.350	1.186
Distribución color secundario raíz reservante	0	166.748	0.492
Forma de la raíz reservante	0	31.690	0.738
Color predominante pulpa raíz reservante	2	25.484	0.442
Color secundario pulpa raíz reservante	2	99.260	2.288
Distribución color secundario pulpa raíz reservante	0	109.181	0.776

Se conformaron siete grupos con las 62 accesiones, en los cuales se aprecia que existe algún grado de agrupamiento por zona geográfica y por departamento. Se agruparon materiales del sur de Huila, Cauca y Boyacá, mientras que los demás materiales se entremezclan. Se presentan materiales de Boyacá que agrupan con los de Tolima, así como también materiales de Huila agrupando con los de Tolima.

Es posible que la mayoría de materiales de Boyacá sean provenientes del sur del país, dado que la dispersión de los materiales domesticados se dió de Sur a Norte. Cauca es el departamento más al sur y junto con el sur de Huila son regiones de asentamiento de comunidades indígenas que posiblemente llevaron a otras zonas indígenas material seleccionado de acuerdo a características morfológicas específicas para autoconsumo.

Una característica fundamental para el agrupamiento es el color de la raíz; cinco de los siete grupos son materiales de raíces amarillas, evidenciando una preferencia de consumo hacia esta característica, lo cual es también un factor de selección. Xanthorrhiza quiere decir raíz amarilla.

Variabilidad cuantitativa. En la Tabla 4 se presentan el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los caracteres cuantitativos de la colección en estudio. Las características cuantitativas corresponden a poligenes, genes con efectos mayores acumulativos muy afectados por el ambiente.

De 13 variables cuantitativas, 12 presentaron variabilidad, sólo el número de foliolos por hoja no tuvo variabilidad, es posible que esta característica se aproxime al tipo de característica cualitativa determinada por genes mayores.

Tabla 4. Promedios, coeficiente de variación y desviación estándar obtenidos con las variables cuantitativas registradas en la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá, Cauca) de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Característica	Media	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coeficiente Variación	Desviación Estándar
Altura planta a la cosecha	40.050	71	13	28.345	11.352
Número foliolos por hoja	5	5	5	0	0
Longitud de lámina foliar	29.870	78	13	36.617	10.937
Ancho de lámina foliar	31.880	48	11	26.414	8.421
Longitud del peciolo	35.205	59	10	29.842	10.506
Ancho del peciolo	1.027	1.7	0.3	32.183	0.330
Número de colinos por planta	19.060	67	1	54.965	10.476
Número de raíces	15.859	36	2	37.705	5.979
Numero raíces reservantes útiles	7.231	26	0	72.523	5.244
Longitud de raíz reservante	14.738	32.5	0	40.215	5.927
Ancho de raíz reservante	4.413	7.6	0	33.883	1.495
Diámetro del corazón central	2.329	5.5	0	42.450	.988
Rendimiento por planta	1 064.497	4 400	20	88.082	937.636

Los valores máximos y mínimos marcan un amplio intervalo de variabilidad corroborado por el coeficiente de variación. Una amplia variabilidad en características cuantitativas indica que existen diferentes grados de adaptación. Son selecciones clonales de agricultor con intervalos de adaptación muy estrechos. Se puede ver que el agrupamiento es mucho más marcado por zona geográfica, lo cual es lógico porque variables cuantitativas están relacionadas con factores de adaptación

El análisis de componentes principales realizado con los caracteres cuantitativos se utilizó como técnica reduccional, sin embargo, hasta el componente 6 entraron todas las variables como expresión de la variabilidad, explicando el 88 % de la variabilidad; con base a este resultado, se seleccionaron todas las variables para análisis de conglomerados.

En la Figura 2 se presenta el fenograma cuantitativo, obtenido a partir de una matriz construida con los coeficientes de distancia entre los materiales, en el que se aprecia una amplia dispersión de los materiales conformando grupos y subgrupos a diferentes distancias.

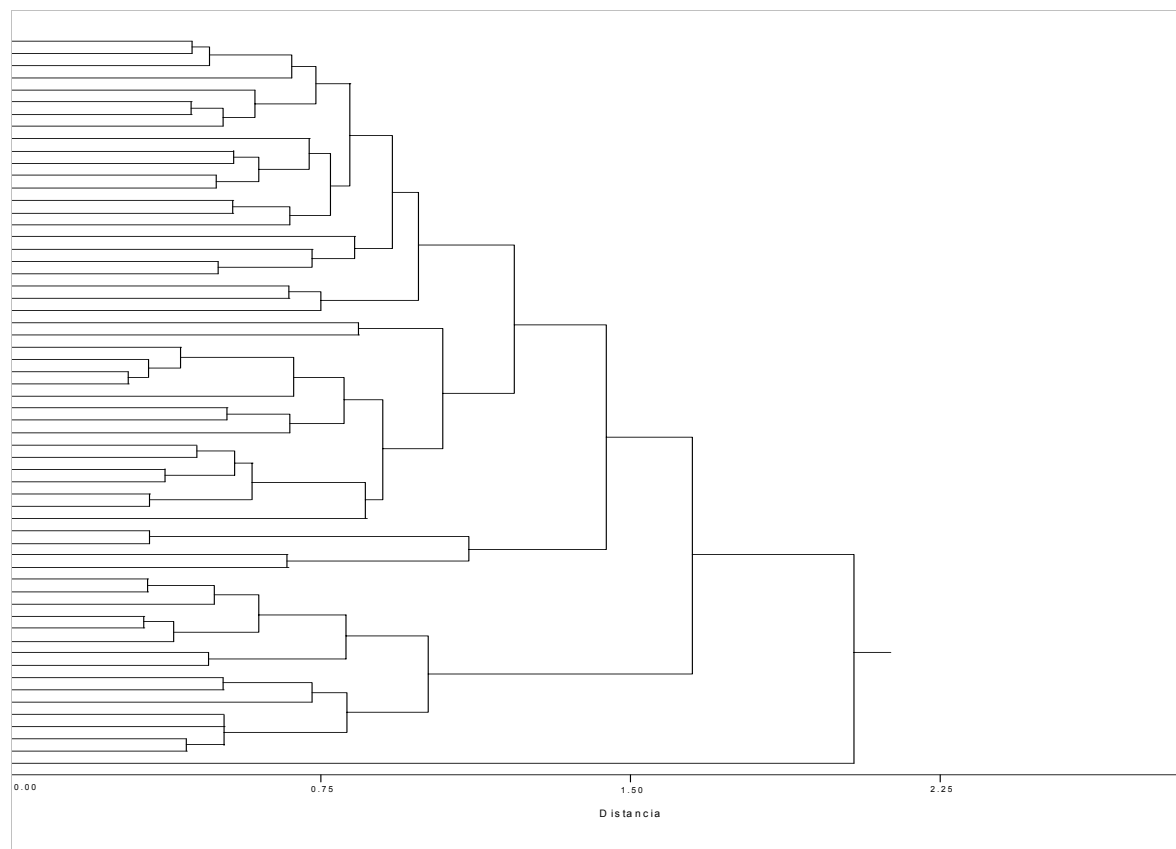


Figura 2. Fenograma cuantitativo de arracacha (*Arracacia xanthorriza*). Colección Tolima, Huila, Boyaca, Cauca.

Los agrupamientos cuantitativos no tienen coincidencia alguna con los cualitativos, lo que se atribuye al hecho de que los patrones evolutivos cualitativos y cuantitativos son diferentes ya que en los primeros hay una acción importante de selección antrópica, especialmente de las características relacionadas con productividad, mientras que la selección por características cuantitativas depende en alto grado de la adaptación y el rendimiento de los materiales en determinados ambientes (Medina y Lobo, 1999).

Los agrupamientos por departamentos indican que los factores cuantitativos relacionados con productividad, están relacionados con variables de adaptación. Desde el punto de vista de mejoramiento para incrementar el rendimiento, este fenograma es la base para seleccionar parentales distantes genéticamente, lo cual da vigor híbrido y estos se pueden clonar.

En la colección evaluada existe amplia variabilidad cuantitativa y cualitativa. Tanto en lo cuantitativo como en lo cualitativo se encontraron diferencias estadísticas y biológicas; se observó amplia variabilidad a nivel de dendogramas con niveles de similitud entre 37 % y 86 %.

Esta gran variabilidad presente en los materiales colombianos representa un potencial muy amplio para programas de mejoramiento de la especie *A. xanthorrhiza*, la cual según Dos Santos (1998) muestra un alto grado de heterocigosis y segrega ampliamente cuando es reproducida vía sexual. Es así como la arracacha cultivada en Brasil, que procede de un solo clon introducido de Colombia, presenta características semejantes y una gran uniformidad genética, pero a través de mejoramiento EMBRAPA (Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria), de 36 clones avanzados obtenidos por reproducción sexual del clon cultivado, de los cuales 26 tienen potencial de alta productividad y 10 son materiales precoces.

En contraste, la colección colombiana evaluada en este trabajo cuenta con 60 clones de amplia variabilidad y amplias distancias cuantitativas, lo que le confiere gran valor como material genético base para programas de mejoramiento, utilizando métodos como: selección individual a partir de poblaciones obtenidas mediante generaciones sexuales de cada clon, hibridación natural en parcelas de libre polinización e hibridación dirigida entre parentales seleccionados con base en distancias cuantitativas para obtención de semilla.

Hermann y Heller (1997) anotan que al parecer, la variabilidad morfológica de los genotipos cultivados de arracacha es baja, aunque reconocen la falta de datos experimentales al respecto. Arbizu y Robles (1986), Meza (1995) señalan que por la riqueza de nombres y las descripciones disponibles, se puede afirmar que el Perú es quien tiene la mayor diversidad morfológica de arracacha.

La caracterización morfológica de la colección de *A. xanthorrhiza* demostró baja variabilidad fenotípica; Mazón (1993) usando patrones isoenzimáticos estableció que se dispone de poca variabilidad en los materiales, igual situación reporta Castillo (1997) en estudios de polimorfismo de ADN, concluyendo que la diversidad molecular del germoplasma ecuatoriano es baja.

En general, los investigadores ecuatorianos y peruanos reportan poca variabilidad en su germoplasma, posiblemente porque los sitios de domesticación no siempre son los de mayor variabilidad y los sitios alejados del centro de domesticación tienen materiales con mayor variabilidad alélica.

Conclusiones

- Los descriptores empleados en este trabajo para la evaluación morfológica de *A. xanthorrhiza* tienen poder discriminante.
- La colección colombiana (Cauca, Boyacá, Tolima, Huila) de *A. xanthorrhiza* presentó una amplia variabilidad cualitativa con polimorfismo en la totalidad de las características registradas.

- Se presentó amplia variabilidad cuantitativa, con núcleos de agrupamiento relacionados con las zonas geográficas de los sitios de colecta.
- Los agrupamientos cualitativos y cuantitativos no presentaron ninguna coincidencia.
- La colección evaluada posee gran valor como material genético base para programas de mejoramiento de la especie *A. xanthorrhiza*.

Manejo en campo del germoplasma de cuatro raíces andinas

Periodo crecimiento	Formas propagación		Siembra			Labores culturales/ año							Periodo crecimo. (meses)	
	Vegetativa	Semilla	Forma siembra	Distancia surcos / plantas (m)	No. mínimo plantas/ entrada	No. deshierbos	No. aporques	No. riegos*	No. podas	Capados	Control fitosanitario plagas - enferm.			Fertilizac. orgánica
Achira	Rizoma	Si	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	Si	8 - 12
Chago	Tallos subter. Esquejes	Si	Surcos	0.70 / 0.60	10	3	1	3	1	Raíces y Cepa	Si	No	No	9 - 12
Yacón	Cepa Esquejes	Si	Surcos	0.80/0.60	6	3	1	2	1	Raíces y Cepa	No	No	Si	10 - 12

Referencias bibliográficas

- Arbizu, C.; E. Robles. 1986. Catálogo de recursos genéticos de raíces y tubérculos andinos. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Investigación de Cultivos Andinos, Ayacucho, Perú. 82 p.
- Bristol, M.L. 1988. Arracachas comestibles del Sibundoy. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol XVI (63):107–110.
- Castillo, R. 1997. Caracterización molecular de 29 morfotipos de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) de la colección ecuatoriana, IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, Libro de Resúmenes, p. 42.
- Crisci, J.V.; M.F. López. 1983 Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de Biología. Monografía No. 26. Secretaría General de la O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C. 132 p.
- Hermann, M.; J. Heller (eds.). 1997. Andean root and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Resources Institute, Rome, Italy. p. 73–172.
- Mazon, N.; R. Castillo; M. Hermann; P. Espinosa. 1996. La Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador Publicación Miscelánea No. 67, 41 p.
- Mazón, N. 1993. Análisis de la variación morfológica e isoenzimática de la colección ecuatoriana de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), Tesis, Facultad de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador 135 p.
- Medina, C.; M. Lobo. 1999. Variabilidad morfológica del tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasciforme*) precursor del tomate cultivado. Revista CORPOICA 3(2):
- Meza, G. 1995. Variedades Nativas de virraca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Cusco. Centro de Investigación de Cultivos Andinos , Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú. p. 14.
- Dos Santos, F.F. 1998. Mandioquinha–Salsa. Manejo Cultural. F.F. dos Santos y C.A. Simoes do Carmo (eds.) Brasilia: Embrapa-SPI/Embrapa CNPH, 79 p.
- Sneath, P.H.; R.R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy W.H.Freeman and Co., San Francisco. 573 p.
- Velez, G.G. 1952. El cultivo de la arracacha en el oriente antioqueño. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Medellín. 31 p.