

**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE LA DIVERSIDAD
GENÉTICA DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorhiza* Bancroft.)
COLECTADAS EN LA ECO-REGION DEL EJE CAFETERO
COLOMBIANO.**

DIEGO FERNANDO TABARES ÁLVAREZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
CENTRO COMUNITARIO DE ATENCIÓN VIRTUAL CCAV EJE CAFETERO
2019**

**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE LA DIVERSIDAD
GENÉTICA DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.) COLECTADAS
EN LA ECO-REGION DEL EJE CAFETERO COLOMBIANO.**

DIEGO FERNANDO TABARES ÁLVAREZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo

**DIRECTOR DEL TRABAJO
MANUEL FRANCISCO POLANCO PUERTA
Ingeniero agrónomo. Esp. MSc. PhD.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
CENTRO COMUNITARIO DE ATENCIÓN VIRTUAL CCAV EJE CAFETERO
2019**

Notas de aceptación

Firma presidente del jurado

Firma jurado

Firma jurado

Dosquebradas, Risaralda, 2019

Dedicatoria

Dedico este logro como profesional inicialmente a Dios quien me fortalece me ilumina todos los días para lograr mis sueños, a mi madre quien es un ejemplo a seguir, a mis hermanos que han estado pendientes a que perseveré y no desfallezca hasta conseguirlo, a Danny Bermúdez (docente del colegio comunitario cerritos) quien me ayudo en formarme como profesional, a mi tío Jairo quien estuvo presente cuando inicie esta carrera, a quien le agradezco, ya que fue como un padre; quien luego partió de este mundo (2016) y hoy no está para compartir este logro, a quienes me orientaron, y me moldearon en la elaboración del proyecto.

*Si se define la inteligencia como la capacidad de resolver problemas,
las plantas tienen mucho que enseñarnos. (Stefano Mancoso)*

Agradecimientos

A Dios por la fortaleza y perseverancia otorgada hasta culminar este objetivo.

A mi familia, en especial a mi madre y mi hermano Omar, que con sacrificio me ayudaron a salir adelante y siempre estuvieron conmigo incondicionalmente, sin importar cuánto me tardara en culminar este ciclo de formación como profesional.

Al docente Danny Bermúdez, que desde el colegio me ayudo para que siguiera estudiando, orientándome para continuar con la educación superior

Al doctor Manuel Francisco Polanco, Docente de la Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente de la UNAD CCAV Eje Cafetero y asesor de este trabajo

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

A todos los que de forma directa o indirecta formaron parte de este proceso desde su inicio, hasta su culminación.

RESUMEN

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*), es una planta nativa de América, cuyo centro de origen es la región andina de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. Además, es probablemente una de las especies más antiguas y domesticada desde hace unos 3000 años, siendo cultivada y consumida por campesinos (Alvarado y Ochoa 2010). Con el desarrollo de esta investigación se logró realizar una caracterización morfo agronómica de la diversidad genética de esta especie; con el fin de determinar los caracteres morfológicos más importantes para la identificación y selección de genotipos promisorios de arracacha por su alto potencial agronómico. Por lo tanto, se realizó la colección de germoplasma de arracacha de la Universidad nacional Abierta y a Distancia, compuesta por 39 accesiones colectadas en la eco-región del eje cafetero (valle del cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, y Huila)

Para tal estudio, se pudo deducir que las 39 accesiones se descomponen en 4 grupos, concluyendo que los genotipos D25, D8, V19, D14, R23, D16 y D13, según las características morfológicas encontradas como: Color del follaje, base del peciolo haz, envés, forma del tubérculo, etc., obteniendo un peso promedio y considerable de tubérculos por planta de 106,9 gr; pueden ser tenidos en cuenta para futuros trabajos de mejoramiento de este cultivo.

Palabras claves: Accesiones, agricultura, arracacha, caracteres agronómicos, colección, tubérculos.

ABSTRACT

The arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), is a plant native to America, whose center of origin is the Andean region of Colombia, Venezuela, Ecuador, Peru and Bolivia. In addition, it is probably one of the oldest and most domesticated species for some 3000 years, being cultivated and consumed by farmers (Alvarado and Ochoa 2010). With the development of this research, an agronomic morpho characterization of the genetic diversity of this species was achieved; in order to determine the most important morphological characters for the identification and selection of promising arracacha genotypes due to their high agronomic potential. Therefore, the collection of arracacha germplasm of the National Open and Distance University was carried out, consisting of 39 accessions collected in the eco-region of the coffee axis (Cauca Valley, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, and Huila)

For this study, it was possible to deduce that the 39 accessions are broken down into 3 groups, concluding that genotypes D25, D8, V19, D14, R23, D16 and D13, according to the morphological characteristics found as: Foliage color, base of the petiole beam, underside, shape of the tuber, etc., obtaining an average and considerable weight of tubers per plant of 106.9 gr; They can be taken into account for future improvement work on this crop.

Keywords: Accessions, agriculture, arracacha, agronomic characters, collection, tubers.

CONTENIDO

| | Págs. |
|---|-------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 14 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4. OBJETIVOS | 17 |
| 4.1 Objetivo general..... | 17 |
| 4.2 Objetivos específicos | 17 |
| 5. MARCO REFERENCIAL | 18 |
| Incidencia de plagas | 23 |
| Incidencia de enfermedades | 28 |
| 6. MATERIALES Y MÉTODOS | 32 |
| 6.1. Localización..... | 32 |
| 6.7.1 Etapa vegetativa | 37 |
| 6.7.2 Etapa productiva..... | 38 |
| 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 40 |
| 8.1 Caracteres morfológicos más importantes para la identificación de morfotipos. | 40 |
| Caracteres Cualitativos | 42 |
| 8.2 Identificación y seleccionar genotipos promisorios de arracacha por su alto potencial agronómico..... | 48 |
| 9. CONCLUSIONES | 52 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA | 54 |

Listado de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Composición organoléptica del tubérculo de la arracacha..... | 20 |
| Tabla 2. Introducciones de arracacha en la colección de la UNAD Dosquebradas evaluadas | 33 |
| Tabla 3. Promedio, valor mínimo y máximo, desviación estándar y coeficiente de variación para cada una de las variables cuantitativas de la colección de arracacha de la UNAD colectadas en la ecorregión eje cafetero | 41 |
| Tabla 4. Análisis de frecuencias para descriptores cualitativos de arracacha. | 42 |
| Tabla 5. Resultados del análisis de correspondencia múltiple con relación a los descriptores cualitativos de la colección de arracacha de la UNAD Dosquebradas..... | 45 |
| Tabla 6. Resultados del análisis de componentes principales para descriptores cuantitativos y cualitativos de la colección de arracacha de la UNAD Dosquebradas..... | 47 |

Listado de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Imagen fotográfica de la chiza o mojoyoy que causa daños a las rices de la <i>Arracacia xanthorrhiza</i> | 25 |
| Figura 2. Fotografía de estado larval de tierrero o trozador <i>Agrotis Ipsilon</i> | 25 |
| Figura 3. Imagen fotográfica del áfido del tallo y raíz en la <i>Arracacia xanthorrhiza</i> | 26 |
| Figura 4. Imagen fotográfica del gusano verde del follaje que afecta la <i>Arracacia xanthorrhiza</i> | 26 |
| Figura 5. Imagen fotográfica del acaro rojo del follaje tomada en un cultivo de Gulupa | 27 |
| Figura 6. Imagen fotográfica del <i>trips</i> que afecta la <i>Arracacia xanthorrhiza</i> | 27 |
| Figura 7. Imagen fotográfica de nematodos que afectan los tubérculos y raíces de la <i>A. xanthorrhiza</i> | 28 |
| Figura 8. Mapa de la Ecorregión Eje Cafetero, sus regiones principales y áreas de influencia funcional. Fuente: CARDER | 32 |
| Figura 9. Establecimiento del cultivo de arracacha..... | 33 |
| Figura 10. Imagen fotográfica del tallo de <i>Arracacha Xanthorrhiza</i> | 35 |
| Figura 11. Imagen fotográfica de hojas de <i>Arracacha Xanthorrhiza</i> | 36 |
| Figura 12. Imagen fotográfica del tubérculo de <i>Arracacha Xanthorrhiza</i> | 36 |
| Figura 13. Relación entre el diámetro y el peso promedio de tubérculos de arracacha | 42 |
| Figura 14. Análisis de correspondencia múltiple con relación a los perfiles de los descriptores en arracacha. | 47 |
| Figura 15. Dendograma del agrupamiento cualitativo de accesiones de la colección de arracacha de la UNAD colectadas en ecorregión eje cafetero..... | 49 |

Lastado de anexos

| | | |
|-----|--------------|----|
| 11. | ANEXOS | 57 |
|-----|--------------|----|

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza Bancroft*), es una planta nativa de América, cuyo centro de origen es la región andina de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. Además, es probablemente una de las especies más antiguas y domesticada desde hace unos 3000 años, siendo cultivada y consumida por campesinos (Alvarado y Ochoa 2010).

Colombia es parte del centro de diversidad primaria del género *Arracacia*, diversidad que ha sido conservada por etnias y culturas indígenas que la han mantenido con fines comerciales o de autoconsumo. El sur de Colombia, sobresale como un antiguo centro de dispersión, porque además del intenso cultivo de esta planta en la cordillera central, ha sido cultivada por tribus indígenas como un cultivo secundario desde la frontera ecuatoriana hasta Venezuela y la Costa Caribe cerca de Santa Marta (Gutiérrez, 2011).

Por lo tanto, se cuenta con 9.649 ha sembradas en dicho cultivo, destacándose el departamento del Tolima como el principal productor de esta hortaliza al concentrar el 60,7% de la producción nacional, seguido de Boyacá (10,5%), Norte de Santander (11,8%), Cundinamarca (4%), Huila (3,9%) y Valle del Cauca (3,3%). Sobresalen también los departamentos de Cauca, Santander y Nariño, cuya producción departamental tiene un promedio de 1.565 toneladas (Agronet, 2018).

Este cultivo es poco estudiado en Colombia, pese a su poca importancia, por lo que con esta investigación se dará a conocer sobre la caracterización morfo agronómica de la arracacha, evaluando su estructura desde la parte cualitativa como cuantitativa. Siendo uno de los cultivos con alto valor nutricional que se puede explotar y hasta realizar mejoramientos genéticos, para que sea más aceptados en los mercados y en cada uno de los hogares.

Para la toma de datos se tuvo en cuenta una ficha de caracterización elaborada con la ayuda de la herramienta Excel, con la finalidad de facilitar y sistematizar los datos tomados en campo. Los cuales se recolectaron de manera cualitativa y cuantitativa, para que la información fuera más concisa y concreta, analizando cada una de las accesiones, con el fin de obtener de cada una la caracterización morfológica.

Con el desarrollo de esta investigación, se pretende dejar plasmado una buena fuente para futuros trabajos de mejoramiento de esta especie, teniéndose en cuenta las características morfo agronómicas evaluadas en las 39 accesiones de arracacha, desde su parte cualitativa como cuantitativa; identificando y seleccionando genotipos promisorios de arracacha por su alto potencial agronómico.

Sin embargo, los resultados arrojados de este trabajo dedujeron que las 39 accesiones evaluadas se descomponen en 4 grupos dependiendo de las características morfológicas encontradas. Es así, que el primer grupo (D11, D13, D16, D22, D23, D25, D26, D27, H03, H06, La Plata Huila (3A) y R22), el color del follajes es verde, con un color vino tinto en la base del peciolo, un color en el haz entre verde claro u oscuro, y la forma del tubérculo cilíndrico, con una coloración entre blanco y amarillo crema. Por lo tanto, el segundo grupo (C05, D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D08, D10, D12, D14, V18 y V20) el color de la planta es verde, color de la base del peciolo entre vino tinto y rojo siena, forma del tubérculo cónica y el color del anillo interno blanco. Para el tercer grupo (D24, Duitama Boy, V19, V21 y R23), presenta una coloración del follaje verde oscuro, la base del peciolo de color vino tinto, la forma del tubérculo es cónica, de color externo amarillo crema, lo mismo para el color del anillo. Por último, la accesión V17 corresponde al agrupamiento cuatro, el color del follaje y del haz de la lámina foliar es en esencia verde; el color del ápice del peciolo y de la base del peciolo en términos generales es vino tinto, mientras que el color de la nervadura tanto por el haz como por el envés es verde claro. Para el mismo clúster, en esencia la forma del tubérculo es cilíndrica, mientras que el color del anillo del tubérculo puede ser blanco.

Por último, este trabajo tendrá como incidencia en la comunidad, logrando influir en los campesinos o agricultores que se interesen por el mejoramiento de este cultivo comparando los genotipos evaluados analizándose con vigorosidad, dándole importancia y de este modo sea más reconocida en un futuro, llegando a convertir en una especie exportable y rentable para la agroindustria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La arracacha, tiene un alto índice nutricional, por lo que se debe de tener en cuenta en la alimentación de cada uno de los hogares. Se cultiva principalmente por su raíz reservante que es de sabor agradable y de fácil digestibilidad, y que posee un almidón muy fino, alto contenido de ácido fólico y vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico (vitamina C) y fósforo. Además, dado su valor nutricional el consumo de esta, es recomendado en la dieta de niños, ancianos y convalecientes” (Vizcarra, 2013)

Para la agroindustria, la arracacha se podría aprovechar para ser transformada en recetas u otros productos a base de esta, sin perder su esencia, como sopas, purés, pasteles, dulces, jugos, harina, arracacha frita, entre otras, con la finalidad de que sea reconocida y aceptada en los hogares colombianos, en sus diferentes presentaciones, y sea de importancia para la economía de los agricultores convirtiéndose en uno de los principales alimentos que se incluyan en la canasta familiar.

Por lo tanto, hoy en día, las investigaciones en arracacha son pocas, ya que es uno de los cultivos que no se le ha dado mucha importancia dentro del desarrollo agroindustrial. Aunque en Colombia no existe un programa formal de mejoramiento, la arracacha es una especie promisorio por su alto potencial agroindustrial en la extracción de harinas y almidones, además de ser un patrimonio genético que merece ser rescatado para convertirlo en producto de valor agregado. Como la diversidad genética de *A. xanthorrhiza* ha sido escasamente estudiada, este proyecto se propone ampliar los estudios que ayuden a conocer el nivel de variación genética disponible, a fin de seleccionar genotipos promisorios que puedan ser utilizados como materia prima en futuros trabajos de mejoramiento.

3. JUSTIFICACIÓN

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, reporta que en Colombia, para el 2018, se cultivaron un total de 9.649 ha. Para el año 2017 se tenía que Tolima fue el principal productor (4949 ha), seguido por Boyacá (881 ha), Norte de Santander (781 ha) y Huila (492 ha). Según esta misma fuente, los rendimientos estuvieron entre 3,51 t/ha en Nariño, 15,33 t/ha en Norte de Santander. Ese mismo año en el Departamento de Tolima, el municipio de Cajamarca fue el primer productor, con 51.276 t, seguido por el municipio de Ibagué, con 6.250 t; por el total de área sembrada (MADR, 2017), siendo uno de los cultivos de mayor importancia en la economía agrícola junto con la papa y la yuca.

Sin embargo, durante el año 2018 se obtuvo una producción total de 110.054 toneladas de arracacha. El departamento del Tolima ha sido el de mayor área sembrada, con 4273 ha, seguido por los departamentos de Norte de Santander, Boyacá, Valle del Cauca y Santander (MADR, 2018). Comparadas las cifras del año 2016 con las del año 2017, se nota un importante aumento en la producción de 26.904 t, lo que equivale a un aumento del 28 % en la producción total nacional, siendo el departamento del Tolima el de mayor beneficio. A pesar de su alta potencialidad para la agroindustria y sus buenas cualidades nutricionales (Herman, 1997; Jiménez, 2005; Rodríguez et al. 2004), es una de las especies que no se le ha dado suficiente importancia dentro de los planes de desarrollo agrícola, tanto nacional como departamental.

Por lo tanto, con los datos de producción analizados anteriormente este cultivo sería de gran importancia económica si se le diera valor agregado, por su alto índice nutricional,

convirtiéndolo por medio de la agroindustria en un cultivo de gran rentabilidad para los agricultores, llegándose en un futuro a ser exportable.

Hoy en día, no se cuenta con un sistema de mejoramiento de la arracacha, es por esto que con el desarrollo de esa investigación se dará a conocer cada una de las características morfológicas de las accesiones evaluadas, para que en futuros trabajos de mejoramiento puedan basarse, pudiendo identificar y seleccionar los genotipos promisorios con ciertas características de potencial agronómica.

Es importante, que se desarrollen trabajos en la identificación de características morfo agronómicas de la arracacha, para que sean seleccionados los genotipos promisorios y sean explotados según las características que se quieran obtener y que mas al contar con el fitomejoramiento, para que se obtengan grandes producciones con la agroindustria jugando un papel importante en la transformación de subproductos (como: harinas, purés, sopas, entre otros productos) generando impacto tanto social como económico y de esta forma surja este cultivo para la economía de nuestro país.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar Caracterización morfoagronómica de la diversidad genética de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft.*) colectadas en la Eco-Región del eje cafetero colombiano, contribuyendo de esta manera en la investigación de este cultivo en Colombia mediante el estudio de la diversidad genética

4.2 Objetivos específicos

Determinar los caracteres morfológicos más importantes para la identificación de morfotipos de arracacha.

Identificar y seleccionar genotipos promisorios de arracacha por su alto potencial agronómico.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

5.2. Origen y distribución de la arracacha

La región andina es el centro de origen de la arracacha, la cual ha sido domesticada y consumida por campesinos en países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia (Alvarado y Ochoa 2010). Este cultivo se ha mantenido gracias a las etnias y culturas indígenas que la han mantenido con fines comerciales y de autoconsumo (Gutiérrez, 2011).

5.3. Clasificación taxonómica

La arracacha es considerada una de las plantas domesticadas más antiguas de América en virtud de su gran variabilidad; aunque no se ha establecido la aérea de su origen. Sin embargo, se dice que esta especie data sus orígenes en la parte norte o septentrional de los Andes de sur América (Bukasov, 1981; Hernández & León, 1994; Knudsen et al., 2006; Benalcázar, 2011; Muñoz & Alvarado, 2015). Bancroft en 1825 describió la arracacha como una dicotiledónea, que según Jaramillo (1952) y Cronquist (1968) tiene la siguiente clasificación botánica:

- **División**..... Spermatophyta
- **Sub división**..... Magnoliophyta (Angiospermae)
- **Clase**..... Magnoliatae (Dicotiledónea)

- **Subclase**..... Rosidae
- **Orden**..... Umbellales (Ariales)
- **Familia**..... Umbelliferae (Apiaceae)
- **Genero**..... Arracacia
- **Especie**..... *Arracacia Xanthorrhiza Bancroft* (Hoker, 1831 y Muñoz (1968))

5.1.1 Descripción botánica

Las hojas presentan de tres a cuatro folíolos laterales opuestos y uno terminal, que miden hasta 50 cm. La coloración de las hojas y el pecíolo varía de verde a rojo, de acuerdo con el clon. El tallo es un tronco corto cilíndrico, vertical y rizomatoso que alcanza hasta 10 cm de altura y capaz de dividirse en la parte superior. Entre el tallo y las raíces se encuentra una corona que da origen a la parte aérea y a las raíces tuberosas. En la parte superior de la corona aparecen ramificaciones conocidas como hijuelos, brotes, hijos o propágulos, utilizados para la propagación vegetativa, en número variable de 10 a 30 y de donde nacen las hojas.

La parte subterránea está constituida principalmente por las raíces tuberosas, en número que varía entre 4 y 10, las cuales emergen de la parte inferior de la corona. Las raíces son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm y con un diámetro entre 3 y 8 cm. Las plantas que producen raíces de color amarillo tienen, generalmente, ciclo vegetativo más largo, presentan mayor resistencia a las adversidades climáticas y producen raíces más grandes. Las plantas de raíces blancas o rojas son menos resistentes a las variaciones climáticas y a veces producen raíces menores, siendo más precoces y con raíces de consistencia más suave y preferidas por los consumidores (Carrasquilla, 1944; Muñoz, 1969).

Las flores de arracacha pueden ser bisexuales o no y se distinguen de modo diverso en relación al centro y periferia de la umbela. Las flores de la periferia poseen pedicelos largos y el cáliz puede estar ausente o presentarse bastante disminuido. En las flores femeninas

como masculinas existen cinco pétalos, éstos son más erectos y ovales en las masculinas y más recurvadas en las extremidades de las flores femeninas.

En los dos tipos de flores los pétalos presentan una coloración rosada, blanca, gris o marrón; las brácteas son simples y en la mayoría de las veces están localizadas a un lado de la base de la flor femenina. Las flores masculinas poseen cinco estambres alrededor de un disco central, alternándose con los pétalos. Los filamentos están encorvados y presentan una coloración rosada volviéndose erectos con el desarrollo de la flor. En la fase inicial, las anteras presentan una coloración verde claro, pasando a un color blanco bien característico en la fase más avanzada. Las flores femeninas poseen una bráctea y cinco pétalos con ápices curvados, estando por lo tanto marcados y bien distinguidos en conjunto. El estigma es tan grande como el fruto en la fase en que el ovario está recién fecundado, cuyo tamaño puede facilitar la polinización artificial.

El fruto es un diaquenio lanceolado oblongo de 6 a 15 mm de largo y de 4 a 5 mm de ancho. Presenta un ápice puntiagudo, siendo comprimido lateralmente en toda su extensión. El fruto es el resultado de la unión entre dos carpelos y termina con la formación característica de un ápice bífido. En los frutos se encuentran canales que contienen un aceite característico especial que varían en tamaño, cantidad y disposición en el fruto, siendo importantes para distinguirlas entre las especies (Bustamante et al., 1994).

5.1.2 Composición química

La arracacha dada por su alto valor nutricional, es cultivada principalmente, para el consumo de sus raíces reservantes (tubérculos), las cuales poseen un almidón muy fino, niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo, alto contenido de calcio y vitamina A (ICBF, 1998).

Tabla 1. Composición organoléptica del tubérculo de la arracacha

| Componentes | g/100 g de materia fresca | |
|-------------|---------------------------|---------------|
| | Promedio | Variación |
| Humedad | 74,00 | 64,12 - 61,37 |

| | | |
|------------------|-------|------------------|
| Sólidos totales | 26,00 | 16,83 – 34,14 |
| Carbohidratos | 24,91 | 19,25 – 29,87 |
| Proteínas | 0,96 | 0,60 – 1,85 |
| Lípidos | 0,26 | 0,19 – 0,35 |
| Cenizas | 1,30 | 1,05 – 1,38 |
| Fibras | 0,85 | 0,60 – 1,24 |
| Almidón | 23,51 | 16,91 – 25,49 |
| Azúcares totales | 1,66 | 0,65 – 1,98 |
| Calorías | 104 | 96 - 126 |

Fuente: Santos & Pereira (1994), Tapia (1990) y Franco (1982)

5.1.3 Métodos de propagación

La propagación de la arracacha, se realiza mediante la reproducción sexual y asexual:

De manera asexual, a partir de los brotes que crecen en la parte aérea de la planta obteniendo en poco tiempo, gran cantidad de descendientes sanos. De este modo, propagar las características y cualidades que el agricultor este interesado en perpetuar como: Color, forma, sabor de la raíz, altura de la planta, contenido de almidón, proporción entre cepa y raíces comerciales, relación fuente y vertedero (parte aérea con parte subterránea), edad de la planta a cosecha y tolerancia a plagas y enfermedades. Por lo tanto, para lograr un cultivo mejorado de arracacha, se inicia con la selección de plantas madres de las cuales se obtendrán los colinos para la siembra.

En la preparación del terreno se debe conocer el tiempo que ha transcurrido los colinos en los almácigos que debe ser entre 45 a 60 días, haciendo una incorporación de materia orgánica (lombricompost, compost, micorrizas y hongos entomo patógenos); los cuales

nos permite un alto índice de prendimiento. Además, una buena preparación del terreno ofrece una facilidad para el manejo de labores culturales (manejo de arvenses, fumigaciones, cosecha, y aplicaciones de de herbicidas pre y pos emergencia).

La distancia de siembra optima es 1 m entre surcos y 0,7 entre planta, con un promedio de producción de 15.500 kg/ha durante el desarrollo del cultivo, realizar labores como aporque (60 días después del trasplante), la deshierba, manejo de plagas y enfermedades, fertilización granulada (esta se fracciona en tres aplicaciones durante el año y la dosis y fuentes dependen fundamentalmente de los análisis de suelos).

5.1.4 Condiciones agroecológicas

La arracacha se puede cultivar desde 200 a 3.200 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm), desarrollándose mejor entre 1.000 y 2.000 msnm, con temperaturas óptimas de 25 °C a 15 °C y precipitaciones entre 600 y 1.000 milímetros de lluvia anual o de 800 a 1.200 milímetros bien distribuidos cuando no se cuente con riego, procurando que la siembra como la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo coincidan con los periodos de lluvia; cabe anotar que la arracacha es una planta tolerante a la sequía. En Colombia el cultivo se encuentra ampliamente difundido en las cordilleras andinas y en alturas comprendidas entre los 1.500 y 2.500 msnm (Corpocia, 2003 y Alvarado, A. y Ochoa, L., 2010). En general, el cultivo de la arracacha se restringe a climas tropicales de montaña, relativamente fríos pero libres de heladas, similares a los requeridos para el cultivo del café (Rodríguez, G. A. y otros, 2000).

5.2 MANEJO AGRONÓMICO

5.2.1 Desarrollo y estados fenológicos

Dentro de la especie *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*, presenta sus estados fenológicos de la siguiente manera:

Una vez que se hace la propagación al transcurrir 45 a 60 días se realiza el trasplante a terreno definitivo. La cosecha se debe de realizar entre los 10 a 12 meses, ya que después de ese tiempo, pierde calidad, cosechándose muy fibrosa, presentándose en la mayoría de los casos un agrietamiento en los tubérculos.

5.2.2 Afectaciones fisiológicas

El cultivo de arracacha se ve afectado por:

Condiciones ambientales, dependiendo del clima y sus factores puede tener un mal desarrollo las plantas ó adelantar o retrasar la cosecha.

De nutrición, se debe de tener en cuenta un buen balance nutricional entre los elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg, S) y menores (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para que el cultivo nos brinde un buen desarrollo.

Presencia de plagas y enfermedades, que perjudican su normal funcionamiento, llegando en la mayoría de casos al mal desarrollo del cultivo, retraso en la cosecha o hasta la muerte de las mismas.

Todas estas afectaciones fisiológicas hay que tenerlas en cuenta al momento de instalar un determinado cultivo como la arracacha, para que no se vea afectado el desarrollo del cultivo como tal, y se pueda obtener unos buenos rendimientos y cosecha.

5.2.3 Afectaciones por incidencia de plagas y enfermedades

Incidencia de plagas

Chisa, mojoy o gallina ciega. Pertenece a la familia Coleóptera: melolonthidae, con sus géneros *Phyllophaga*, *Anómala*, *Isonychus*,

Cyclocephala, *Serica*, *Ancognatha*, *Macroductylus* y *Plectris* (**Figura 1**). Es considerada la plaga de mayor importancia económica en el cultivo de la arracacha, pues llega a causar pérdidas hasta del 40 % o más de la producción (alrededor de 15.000 t de arracacha/año). Su incremento se debe al uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, a la mala rotación de cultivos y a los inadecuados métodos de control. Así mismo, la dispersión de la plaga se realiza por el vuelo nocturno de los adultos atraídos por la luz artificial, por lo que para su captura y muestreo se utilizan trampas de luz negra, negra azul, luz día o luz blanca. Además, el ataque se inicia desde el momento de la siembra; las larvas dañan el colino, de modo que producen retraso en el desarrollo y aumento de los costos por resiembra (Vásquez y Sánchez 2004). En igual sentido, se realizan muestreos en el suelo removiéndolo hasta una profundidad de 60 cm en un cuadro de 40 por 40 cm, permitiendo con esto el conteo de los diferentes estados del insecto plaga y el estimado de los posibles daños y la población a migrar. Cuando la raíz de absorción se convierte en raíz de acumulación, el daño impide que se formen arracachas comerciales y, cuando el cultivo está próximo a la cosecha, el daño de la chisa puede producir la pérdida total del producto.



Figura 1. Imagen fotográfica de la chiza o mojojy que causa daños a las rices de la *Arracacia xanthorrhiza*

Fuente: Diego Tabares, 2018

Gusano viringo (*Agrotis ípsilon*, *Hufnagel*). Conocido también como tierrero o rosquilla, ataca el cultivo durante los primeros 10 a 15 días de emergencia; troza las plántulas atacando el tallo del colino, lo cual ocasiona resiembras y retraso en el desarrollo del cultivo.



Figura 2. Fotografía de estado larval de tierrero o trozador *Agrotis Ipsilon*

Fuente: Thelastpoet, 2018

Áfido del tallo y la raíz (*Brevicorynae brassicae*, *L.*). Es un insecto chupador de color verde claro o marrón oscuro a negro. Se localiza en raíz y tallo subterráneo, causa debilitamiento de la planta, está asociado con hormigas y causa daños especialmente en épocas secas. El insecto se localiza en el envés de la hoja y presenta formas con y sin alas. Es controlado especialmente con parasitoides.



Figura 3. Imagen fotográfica del áfido del tallo y raíz en la *Arracacia xanthorrhiza*

Fuente: Diego Tabares, 2018

Gusano verde del follaje (*Papilio polyxenes asterius*, *Stoll*). Es una mariposa del orden Lepidoptera que deposita los huevos en el follaje de la planta, la larva sale y consume total o parcialmente el follaje; a veces daña varias plantas. Sin embargo, su daño no es de importancia económica.



Figura 4. Imagen fotográfica del gusano verde del follaje que afecta la *Arracacia xanthorrhiza*

Fuente: Diego Tabares, 2018

Ácaro rojo del follaje (*Tetranychus urticae* *Koch*). Es de color rojo, se localiza en el envés de la planta donde raspa y succiona la savia, esto ocasiona un plateado en la hoja. Cuando el ataque es severo, puede producir secamiento

del follaje y retarda el desarrollo de la planta. Para su control se utilizan productos acaricidas.



Figura 5. Imagen fotográfica del acaro rojo del follaje tomada en un cultivo de Gulupa

Fuente: Diego Tabares, 2018

Trips del follaje (*Thrips sp.*). Insecto que raspa la hoja para succionar la savia, lo que produce un plateado similar al ataque de ácaros. La población aumenta en épocas de verano y, en ocasiones, causa defoliación severa. Tiene una gran capacidad de reproducirse. Cuando los daños son severos, estos parches ocupan la mayoría del área foliar, por lo que la planta no realiza el proceso de fotosíntesis y pierde más agua de lo normal por las heridas a través de las cuales los patógenos penetran fácilmente a los tejidos.



Figura 6. Imagen fotográfica del *trips* que afecta la *Arracacia xanthorrhiza*

Fuente: Diego Tabares, 2018

Pulgón verde del follaje (*Myzuz persicae*). Insecto chupador de importancia económica en vista de que es un transmisor de virus; los síntomas característicos de su ataque son el encrespamiento de las hojas y la producción de melaza que sirve de atrayentes de hormigas. Esta plaga se localiza en el envés de la hoja.

Nematodos, afecta directamente a la estructura radicular de la planta. Dentro de los principales controladores biológicos se destaca el *Hexamermis ermithidae* que ataca el tejido liso, al ser devorados los huevos o cuando las larvas del nematodo penetran la cutícula de la chisa.



Figura 7. Imagen fotográfica de nematodos que afectan los tubérculos y raíces de la *A. xanthorrhiza*.

Fuente: Diego Tabares, 2018

Incidencia de enfermedades

Pudrición seca (*Fusarium sp.*): Esta enfermedad ataca los colinos, cepas y raíces de la planta durante los primeros 90 días del cultivo, observándose achaparramiento de la planta, mayor severidad de enfermedades foliares o de las

hojas y descomposición de las raíces reservantes, provocando la muerte de la misma. Se desarrolla bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura entre 15 y 20 °C. La humedad relativa por encima del 70 % altera el desarrollo de la enfermedad, pero con menor humedad la infección y el desarrollo disminuyen (Acuña, 2014).

Pudrición acuosa: Esta enfermedad es causada por:

El hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Esta enfermedad es causada por la presencia de micelio (tejidos del hongo) y sclerocios (estructuras del patógeno), esta enfermedad se caracteriza, por la presencia de una clorosis o amarillamiento inicial de las hojas y peciolo, que luego se vuelven flácidas y caen sobre el suelo, observándose en los peciolo caídos una coloración rosada (sin mal olor), e igualmente, la cepa y las raíces presentan descomposición y una consistencia acuosa

La bacteria *Erwinia chrysanthemi* Burk. Esta enfermedad se presenta con el debilitamiento de una o varias hojas de la planta, seguido de una marchitez total, ablandamiento, decoloración de los peciolo hasta la muerte de la misma.

5.2.4 Sistemas de propagación

En la actualidad existen dos (2) sistemas o formas de propagar la arracacha:

Por semilla (sexual): Esta forma de producción sexual se da gracias a la producción de semillas botánicas o sexuales viables. Todo esto depende de las condiciones ambientales y la época de siembra, para que las plantas florezcan.

Para su geminación, se ha observado que el substrato más utilizado es la arena esterilizada, para obtener una emergencia uniforme de las plantas y de esta

manera contar con plantas sanas libres de patógenos. El porcentaje de germinación es atribuida al fenómeno de la dominancia.

De manera vegetativa (asexual): Esta forma de propagar es a partir de brotes que crecen en la parte aérea de la planta (Rizomas). De esta manera mantiene uniformidad y las características del clon que las origino.

5.2.5 Usos de la arracacha

La arracacha es cultivada principalmente por su raíz reservante y de agradable sabor y fácil digestibilidad, por su alto índice de nutrientes es recomendado en la alimentación para niños, ancianos y convalecientes. Además, ninguna de las partes de esta planta queda sin aprovecharse, por lo que los tallos jóvenes se usan en las ensaladas y las hojas se usan como alimento para ganado vacuno o porcino.

Para la medicina, se utiliza cocida y amasada en calidad de cataplasmas antiinflamatorios y antisépticos. También, sirve como diurética y estimulante, anti diarreico, para expulsar la placenta y para el manejo de las verrugas en la piel.

5.3 Estudios de caracterización y mejoramiento genético

Un amplio conocimiento sobre la variabilidad genética de una especie es indispensable para direccionar correctamente futuros trabajos de conservación y mejoramiento genético. De forma general, la caracterización y evaluación de germoplasma puede ser agromorfológica, bioquímica, citogenética y molecular. La caracterización y evaluación agromorfológica consiste en la obtención de datos de una serie de caracteres (descriptores) que ayudan al investigador en la diferenciación de las accesiones, así como en la identificación de aquellas con

características deseables para su utilización en el mejoramiento de plantas (NASS, 2001).

De acuerdo con Valls (2007), el proceso de caracterización y evaluación de cualquier material genético pasa por cinco etapas. La primera es la correcta identificación botánica de la especie. La segunda es la elaboración de los datos de pasaporte. La tercera etapa del proceso es la caracterización a través de descriptores fenotípicos de alta heredabilidad y que se expresan en todos los ambientes. La cuarta etapa corresponde a la evaluación preliminar que consiste en la búsqueda de diferencias de los caracteres descriptivos, que conduzcan a la discriminación entre las accesiones. La etapa final consiste en una evaluación profunda o complementaria, la cual puede agronómica, nutricional o de otro tipo.

5.4 La eco región eje cafetero

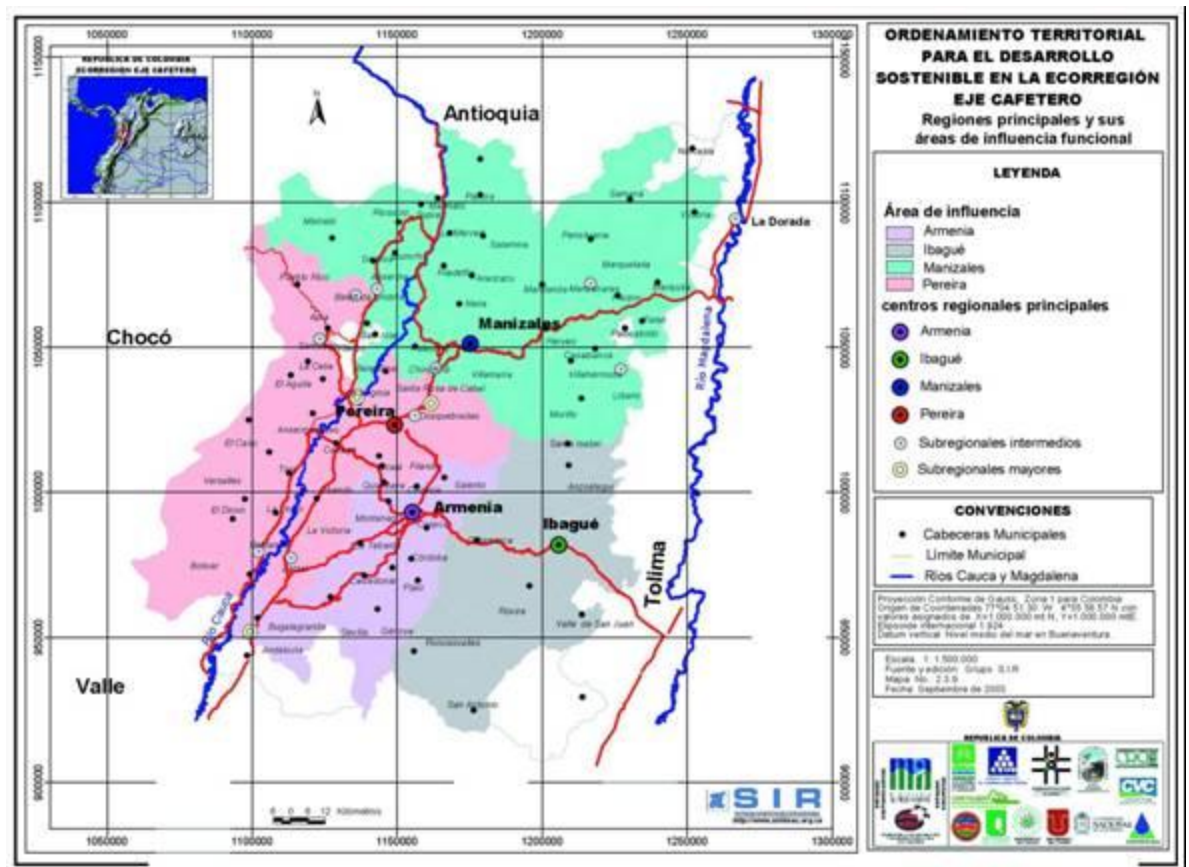


Figura 8. Mapa de la Ecorregión Eje Cafetero, sus regiones principales y áreas de influencia funcional. Fuente: CARDER

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización

La investigación se llevo a cabo en la Colección de germoplasma de arracacha de la UNAD, ubicada en un lote de terreno en el corregimiento la Bella del municipio de Pereira. A una altura de 1809 m.s.n.m, con una temperatura media anual de 18.1° C; y que corresponde a un clima de medio a frio húmedo, con suelos profundos de origen de cenizas volcánicas; Se encuentra ubicado en una zona de vida de la franja media del Bosque subandino o Bosque húmedo montano bajo según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (CARDER, 2012).

6.2. Material vegetal

Se trata de la colección de germoplasma de arracacha de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, compuesta por 39 accesiones de arracacha colectadas en la eco región del eje cafetero, (Departamentos de Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima y Huila).



Figura 9. Establecimiento del cultivo de arracacha.

Tabla 2. Introducciones de arracacha en la colección de la UNAD Dosquebradas evaluadas

| Accesión | Nombre tradicional | Procedencia | Color del follaje | Color del peciolo | No. tubérculos /planta | Forma del tubérculo |
|----------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| V-01 | Arracacha blanca | Valle del Cauca | Verde claro | Café verde | 8 | Cónico |
| B-02 | Yema de huevo | Boyacá | Verde claro | Café verde | 4 | Cónico |
| H-03 | Arracacha amarilla | Huila | Verde | Verde | 10 | Cónico |
| C-04 | Arracacha blanca | Cundinamarca | Verde claro | Café oscuro | 8 | Cónico |
| C-05 | - | Cundinamarca | Verde Claro | Café oscuro | 8 | Cónico |
| H-06 | - | Huila | Verde oscuro | Café oscuro | 5 | Cónico |
| H-07 | Arracacha blanca | Huila | Verde oscuro | Verde | 6 | Cónico |
| CA-08 | Criolla | Cauca | Verde claro | Verde | 8 | Cónico |
| H-09 | Patosa rayada | Huila | Verde claro | Café verde | 8 | Cónico |
| R-11 | - | Risaralda | Verde claro | Café verde | 8 | Ovoide |
| V-12 | Arracacha amarilla | Valle del Cauca | - | - | - | - |
| V-13 | Amarilla común | Valle del Cauca | Verde claro | Verde | 12 | Fusiforme |
| R-14 | Arracacha blanca | Risaralda | - | - | - | - |
| Q-15 | - | Quindio | Verde claro | Verde | 4 | Fusiforme |
| R-16 | Arracacha blanca | Risaralda | Verde oscuro | Café verde | 15 | Cónico |
| V-17 | Beteada | Valle del Cauca | - | - | - | - |
| V-18 | Paliamarilla rayon | Valle del Cauca | - | - | - | - |
| V-19 | Palimorada Blanca | Valle del Cauca | - | morado | - | - |
| V-20 | Siete colinos | Valle del Cauca | - | - | - | - |
| V-21 | Palimorada amarilla | Valle del Cauca | - | - | - | - |
| R-22 | Arracacha amarilla | Risaralda | Verde | Verde | - | Cónico |
| R-23 | - | Risaralda | Verde | morado | - | - |
| A-24 | Arracacha blanca | Antioquia | Verde claro | Verde | - | - |

6.3. Manejo de las accesiones en campo

Adecuación del terreno: El sitio en donde se estableció la colección de trabajo de germoplasma corresponde a un suelo proveniente de cenizas volcánicas, profundo, de color pardo oscuro, de textura franco arenosa, bien drenado, con buena capacidad de intercambio catiónico, bajo en fósforo, baja densidad aparente menor a 1g/cc, alta porosidad, y relativamente aislado de cultivos. El manejo de la parcela consistió fundamentalmente en la eliminación manual de arvenses, picado profundo con azadón pica, formando camellones, adición de cal agrícola (100g/m²), tres semanas antes del trasplante.

La parcela se diseñó en surcos de 15 m. de largo, separados 1,40 m. entre surcos. Se sembraron 3 rizomas de cada accesión (**Ver Figura 9**).

Siembra: Se empleó el método de porciones de cepas o rizomas (propágulos vegetativos) vigorosos y sanos, con tres a cuatro yemas vegetativas. Previa a la siembra los rizomas fueron lavados y desinfectados sumergiéndolos por espacio de 1 minuto en una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

Rebrote de las yemas: Las yemas de los rizomas tardaron en rebrotar entre 15 a 20 días.

En la siguiente imagen se puede visualizar la parcela sembrada, con la identificación de cada uno de los bloques (ver figura 10)

Se realizó la preparación del terreno con la ayuda de un azadón y palín, haciéndose sus respectivos surcos, llevándose a cabo la siembra de cada uno de las 39 accesiones con 3 repeticiones cada una; con las distancias que se mencionaron anteriormente.

6.4. Definición de los descriptores morfológicos empleados

Se optó por dar mayor importancia a aquellas características fáciles de observar, medir y cuantificar durante el desarrollo fisiológico de la planta. Para ello se ha tomado como referencia la lista de descriptores empleado por el IPGRI para la especie, consignados en la Tabla 1, y los descriptores botánico-taxonómicos y morfoagronómicos CIAT, (2004).

6.5. Ficha de caracterización

Se elaboró una ficha de caracterización a partir de los descriptores utilizados, con el objeto de facilitar y sistematizar, la toma y la posterior cuantificación de datos en la descripción morfológica y agronómica (**Anexo A y B**)

6.6. Material vegetal:

Tallo: El tallo tiene un crecimiento vertical y rizomatoso. Su forma es un tronco corto, cilíndrico; el cual tiene un promedio de longitud de 10 cm y diámetro de 23 cm. el color varía de acuerdo a la variedad entre blanco y amarillo crema. La forma de ramificación es la producción de colinos (entre 10 a 30). Sin embargo, no tiene presencia de pubescencia.



Figura 10. Imagen fotográfica del tallo de *Arracacha Xanthorrhiza*
Fuente: Diego Tabares, 2018

Hojas: Su color varía entre verde a rojo dependiendo de la variedad. La longitud promedio es de 11,75 cm y el ancho de 4,9 cm, el largo promedio del peciolo es de 29,12, el número de hojas por tallos está en un promedio de 22 hojas por planta, comprendiéndose por cada rizoma de 3 a 4 hojas. La presencia de pubescencia es baja. El color de la lígula es blanca, con una forma entre cónica a cilíndrica, con un número de hojas por tallo entre 10 a 30. Son hojas compuestas de forma trifoliada. Las mediciones se realizaron en el tercer par de hojas bien formadas de arriba hacia abajo.



Figura 11. Imagen fotográfica de hojas de *Arracacha Xanthorrhiza*
Fuente: Diego Tabares, 2018

Tubérculos: Según la investigación se pudo observar que el número promedio de tubérculos por planta es de 5,72, con un peso promedio de 293,47 gr, con un peso por tubérculo de 52,16 gr. La longitud promedio es de 8 cm y de diámetro de 10 cm, con un color externo entre blanco y amarillo crema dependiendo del clon; el color de la pulpa entre blanco y amarillo crema, con un olor de anillo entre blanco a morado. El color del propágulo es blanco y la cantidad varía dependiendo del clon entre 5 a 10.



Figura 12. Imagen fotográfica del tubérculo de *Arracacha Xanthorrhiza*
Fuente: Diego Tabares, 2018

6.7. Caracterización agromorfológica

Para la evaluación de los caracteres se empleo el listado de descriptores desarrollado por el Centro Internacional de la Papa, modificado por el Programa Nacional de Recursos Fitogenéticos de Corpoica. La caracterización se registró de forma individual en cinco plantas por parcela experimental, siendo que los descriptores de la parte aérea serán evaluados en plantas adultas de 10 meses de edad y los de las raíces reservantes al momento de la cosecha (aproximadamente 12 meses después de la siembra del experimento).

Con los datos de los descriptores evaluadas se realizó análisis estadísticos univariados y multivariados. Estimativas como la media, amplitud y coeficiente de variación serán calculadas para las variables cuantitativas y distribución de frecuencias para las variables cualitativas. Los datos fueron sometidos a un análisis de variancia siguiendo el modelo estadístico de BCA. Al encontrar diferencias significativas entre los genotipos se realizo una prueba de medias utilizando el IC ($P < 0.05$).

La diversidad genética entre los genotipos fue también estudiada a través de análisis estadísticos multivariados, utilizándose la distancia genética de

6.7.1 Etapa vegetativa

A los 20 días después de sembrado, se inicio la respectiva medición del largo del peciolo y se conto el número de hojas. Del mismo modo, se observo el color del follaje de cada accesión llevándose un registro de cada uno.

Este proceso se llevaba a cabo cada 15 días después de l primera medición hecha, por el transcurso de 12 meses

6.7.2 Etapa productiva

Como es una planta que su cosecha se da por medio de tubérculos de manera subterránea, se pudo observar escarbándose el suelo un desarrollo de cada uno de los tubérculos, los cuales a los 12 meses estaban en un punto para ser cosechados; tiempo que se realizó la medición de peso, de largo y ancho del tubérculo, con la ayuda de un metro para costura y una gramera.

6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Diseño experimental

Se desarrollo un diseño donde las accesiones de colección de germoplasma de arracacha de la UNAD, se sembraron completamente al azar, con tres repeticiones de cada genotipo utilizando una estructura de medidas repetidas con el tiempo, en donde cada genotipo es una unidad experimental. Los surcos quedaron a una distancia de 1.5 mts y la distancia entre planta de 60 cm y una distancia de 1 mts entre bloque. De este modo se llevo a cabo los siguientes análisis:

6.8.1 Análisis de los descriptores cuantitativos

Se realizó un análisis de varianza múltiple mediante el uso del procedimiento Anova y pruebas de medias con LSD del programa estadístico SAS, con el fin de conocer si existieron diferencias significativas entre las introducciones para el conjunto de descriptores cuantitativos.

6.8.2 Análisis de los descriptores cualitativos

Se realizó el análisis de correspondencia múltiple, mediante el uso del comando Proc Corresp del programa estadístico SAS. El conjunto de descriptores cualitativos quedó sintetizado en dos dimensiones o variables sintéticas.

6.8.3 Análisis de clasificación conjunto

Se realizó un análisis de componentes principales categóricos para los descriptores cualitativos y cuantitativos por medio del procedimiento Prinqual del programa estadístico SAS a partir 19 descriptores entre cuantitativos y cualitativos de la matriz original. Se depuraron variables debido a que no presentaron variabilidad. La selección fue por el criterio de afectación de Ward para la obtención del dendograma

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 3. Análisis de varianza – ANOVA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos | 328,864469 | 13 | 25,2972668 | 65,7564135 | 1,176E-101 | 1,73857262 |
| Dentro de los grupos | 204,666667 | 532 | 0,38471178 | | | |
| Total | 533,531136 | 545 | | | | |

Se trato de realizar el análisis de varianza – ANOVA, lo cual arrojó un error, ya que la evaluación se desarrolló en una gran diversidad de genotipos con tres (3) repeticiones. Del mismo modo, hubo buen desarrollo en algunos materiales como en otros que no contaron con la misma suerte. Según **la tabla 3**, nos muestra un valor de probabilidad 1,176E, siendo mayor a 0,05. Es decir que existe una variabilidad significativa entre los materiales evaluados.

8.1 Caracteres morfológicos más importantes para la identificación de morfotipos.

Caracteres Cuantitativos

La información corresponde al registro de la información de manera individual de tres plantas por accesión, mediante los descriptores morfoagronómicos.

En la **Tabla 4** se incluye la información de promedios, valores máximos y mínimos obtenidos con las características cuantitativas registradas en el estudio de las accesiones, evaluadas en la colección de trabajo de germoplasma de arracacha de la UNAD. Todos los atributos exhibieron polimorfismo, observándose valores de desviación estándar que en el caso de:

La variable número de tubérculos/planta de 3.7 y se observa un coeficiente de variación de 53.7 con un valor promedio de 5.72.

En cuanto a la variable peso promedio del tubérculo, el menor y mayor peso fue de 160.25 y 13.60 gramos respectivamente, con un valor promedios de 52.16 g y una variabilidad en términos del coeficiente de variación de 68.9%.

En lo relacionado a la longitud del tubérculo, el valor promedio observado es de 8.20 cm, mientras que la desviación estándar arroja un valor de 6.77 cm. En cuanto al coeficiente de variación el valor observado es de 82.5%; el valor mínimo y máximo de esta variable son en su orden de 2.05 y 43.75 cm.

Para el diámetro del tubérculo se observó una variabilidad en términos del coeficiente de variación del 25%, la cual en comparación con los demás descriptores resulto ser la de menor valor.

En lo concerniente al peso de los tubérculos por planta, se observa un valor promedio de 293.47 g/planta con un coeficiente de variación del 95.3%; este último valor resulta ser el más alto cuando se compara con los demás descriptores.

Tabla 4. Promedio, valor mínimo y máximo, desviación estándar y coeficiente de variación para cada una de las variables cuantitativas de la colección de arracacha de la UNAD colectadas en la ecorregión eje cafetero

| Descriptor | Mínimo | Promedio | Máximo | Desviación estándar | CV (%) |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|---------------|
| No. Tubérculos/planta | 1.00 | 5.72 | 17.00 | 3.07 | 53.7 |
| Peso promedio tubérculo | 13.60 | 52.16 | 160.25 | 35.94 | 68.9 |
| Longitud tubérculo (cm) | 2.05 | 8.20 | 43.75 | 6.77 | 82.5 |
| Diámetro tubérculo (cm) | 6.13 | 9.93 | 16.75 | 2.48 | 25.0 |
| Peso tubérculos (g/planta) | 24.90 | 293.47 | 1442.30 | 279.65 | 95.3 |

Análisis de correlación entre variables Cuantitativa.

Al establecer una relación de tipo lineal entre diámetro y el peso promedio del tubérculo **Figura 13**, se observa un coeficiente de correlación de 0.828. Cada variación de un centímetro en el diámetro significa un incremento en el peso promedio del tubérculo de 11.888 gramos.

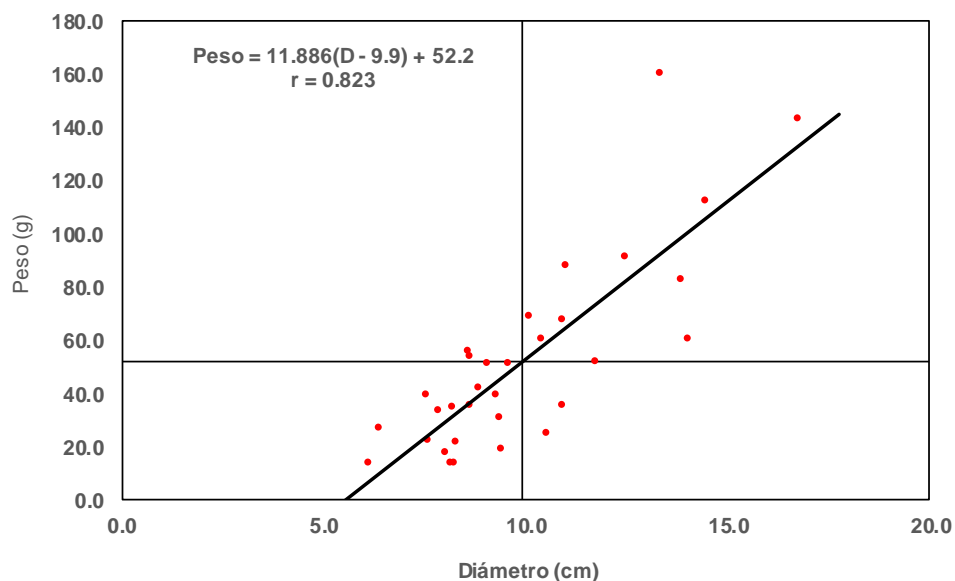


Figura 13. Relación entre el diámetro y el peso promedio de tubérculos de arracacha

Caracteres Cualitativos

En la **tabla 5**, se presenta los resultados de los descriptores cualitativos, referente a color de follaje, conformación de la planta, color base del peciolo entre otros caracteres, por medio de un análisis de frecuencia.

Tabla 5. Análisis de frecuencias para descriptores cualitativos de arracacha.

| Descriptor | Categoría | Frecuencia | |
|---------------------|--------------|------------|----------|
| | | Absoluta | Relativa |
| Conformación Planta | Abierta | 2 | 6.25 |
| | Semiabierta | 30 | 93.75 |
| Color Follaje | Verde Oscuro | 9 | 28.13 |

| | | | |
|------------------------------|---------------------|----|-------|
| | Verde Claro | 3 | 9.38 |
| | Verde | 20 | 62.50 |
| | Rojo Siena | 9 | 28.13 |
| | Verde | 5 | 15.63 |
| Color Base Pecíolo | Vino Tinto | 16 | 50.00 |
| | Rojo-Verde | 1 | 3.13 |
| | Blanco | 1 | 3.13 |
| | Verde | 24 | 75.00 |
| Color Ápice Pecíolo | Rojo Siena | 4 | 12.50 |
| | Verde Claro | 1 | 3.13 |
| | Verde Tino | 3 | 9.38 |
| | Verde Oscuro | 6 | 18.75 |
| Color Haz Lámina | Verde Claro | 1 | 3.13 |
| | Verde | 25 | 78.13 |
| | Café | 1 | 3.13 |
| Color Base Lámina | Verde | 30 | 93.75 |
| | Vino Tinto | 1 | 3.13 |
| | Vino Tinto | 5 | 15.63 |
| Color Nervadura Envés | Verde Claro | 12 | 37.50 |
| | Verde Oscuro | 15 | 46.88 |
| | Vino Tinto | 5 | 15.63 |
| Color Nervadura Haz | Verde Claro | 15 | 46.88 |
| | Verde Oscuro | 12 | 37.50 |
| Forma Tubérculo | Cónica | 20 | 62.50 |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----|-------|
| | Cilíndrico | 12 | 37.50 |
| Color Externo Tubérculo | Amarillo Crema | 7 | 21.88 |
| | Blanco | 25 | 78.13 |
| Color Interno Tubérculo | Amarillo Crema | 4 | 12.50 |
| | Blanco | 28 | 87.50 |
| Color Anillo Tubérculo | Amarillo Crema | 8 | 25.00 |
| | Blanco | 22 | 68.75 |
| | Morado | 1 | 3.13 |
| | Café | 1 | 3.13 |

Según los datos consignados en la **Tabla 5** se encontró lo siguiente:

- Para la conformación de la planta, el 93.75% (30) es semiabierta mientras que el 6.25% (2) es abierta.
- En lo relacionado al color del follaje, el 62.50% (20) es verde mientras que el 28.13% (9) es verde oscuro, seguido por el 9.38% (3) que corresponde a verde claro.
- En cuanto al color de la base del peciolo, en el 50.00% (16) de las accesiones se observa coloración vino tinto, en el 28.13% (9) rojo siena, mientras que en el 15.63% (7) la tonalidad es verde.
- En lo concerniente al color del ápice en el peciolo, en el 75.00% (24) de las accesiones la gama observada es verde, mientras que en 12.50% (4), 9.38% (3) y 3.13% (1) las tonalidades que se observan son rojo siena, verde tino y verde claro respectivamente.
- Para el color del haz de la lámina foliar, el 78.13% (25) de los materiales corresponde a tintes verde oscuros, el 18.75% (6) a gamas verdes, mientras que el 3.13% (1) a coloraciones verde claro.

- En cuanto al color de la base de lámina foliar, en el 93.75% (30) de las accesiones la coloración observada es verde. En dos de los materiales, lo que concierne al 3.13% (2) en cada caso, los tintes observados corresponden a café y vino tinto.
- En lo relacionado al color de la nervadura en el envés de la lámina foliar, en el 46.88% (15) y 37.50% (12) de los materiales el color observado corresponde a verde oscuro y verde claro respectivamente; en el 15.63% (5) de los casos la gama corresponde a vino tinto.
- Para el color de la nervadura en el haz de la lámina foliar, en el 46.88% (15) y 37.50% (12) de los materiales el color observado corresponde a verde claro y verde oscuro respectivamente; en el 15.63% (5) de los casos, la tonalidad gama atañe al vino tinto.
- En lo correspondiente a la forma del tubérculo, en el 62.50% (20) de las accesiones la forma concierne a la cónica, mientras que en 37.50% (12) atañe a la cilíndrica.
- En cuanto al color externo del tubérculo, en el 78.13% (25) el matiz observado se refiere al blanco; el 21.88% (7) incumbe a la tonalidad amarillo crema.
- En lo concerniente al color interno del tubérculo, el 87.50% (28) y 12.50% (4) corresponde en su orden a coloraciones blanco y amarillo crema.
- Para el color del anillo del tubérculo, la coloración blanca se observa en el 68.75% (22) de las accesiones, mientras que en el 25.00 (8) el matiz corresponde al amarillo crema. Finalmente en dos de los materiales, lo que concierne al 3.13% (2) los matices observados son el morado y el café.

Análisis de Correspondencia Múltiple para descriptores cualitativos de la arracacha

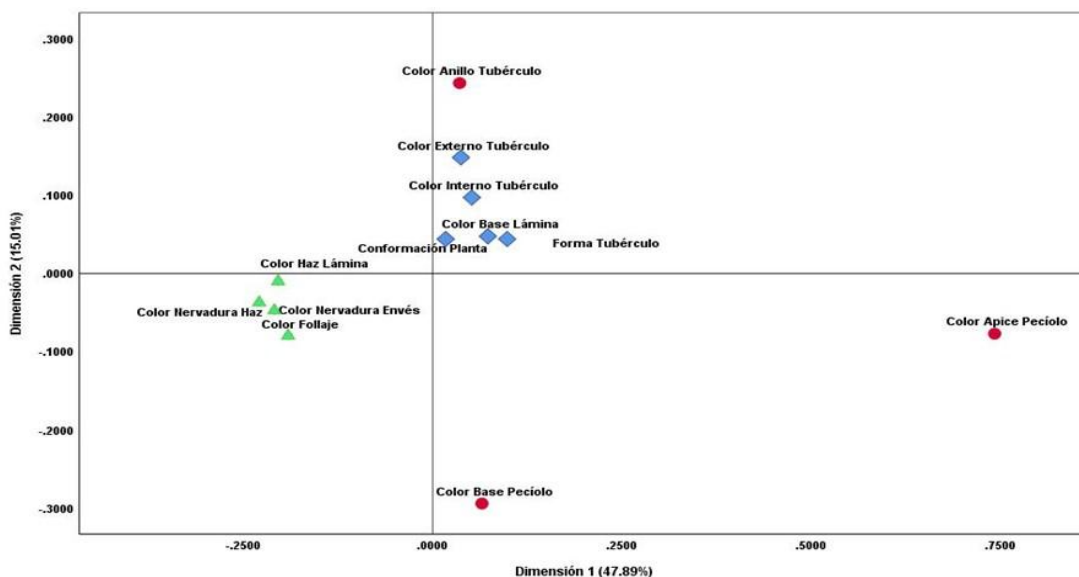
De acuerdo con los resultados del análisis de correspondencia múltiple (**Tabla 6 y Figura 14**), la primera dimensión que explica el 47.89% de la variabilidad está relacionada con el color tanto del follaje como del haz de la lamina foliar y de la nervadura tanto del haz como del envés.

Tabla 6. Resultados del análisis de correspondencia múltiple con relación a los descriptores cualitativos de la colección de arracacha de la UNAD Dosquebradas.

Componente principal

| Variables | 1 (47.89) | 2 (15.01%) |
|--------------------------------|-----------|------------|
| Conformación planta | 0.017 | 0.044 |
| Color follaje | -0.191 | -0.080 |
| Color base del peciolo | 0.065 | -0.294 |
| Color ápice de peciolo | 0.742 | -0.077 |
| Color haz lamina | -0.204 | -0.010 |
| Color base lamina | 0.073 | 0.048 |
| Color nervadura envés | -0.209 | -0.047 |
| Color nervadura haz | -0.229 | -0.037 |
| Forma tubérculo | 0.098 | 0.044 |
| Color externo tubérculo | 0.037 | 0.148 |
| Color interno tubérculo | 0.052 | 0.097 |
| Color anillo tubérculo | 0.036 | 0.244 |

Por otra parte, la segunda dimensión que explica el 15.01% de la variación esta en correspondencia con la conformación de la planta, el color de la base de la lamina foliar, la forma del tubérculo y el color tanto externo como interno del tubérculo. Esta información indica que en el germoplasma existen caracteres importantes, que puede servir para la selección de posibles parentales con caracteres cualitativos deseables para mejoradores,



agricultores y consumidores

Figura 14. Análisis de correspondencia múltiple con relación a los perfiles de los descriptores en arracacha.

Tabla 7. Resultados del análisis de componentes principales para descriptores cuantitativos y cualitativos de la colección de arracacha de la UNAD Dosquebradas.

| Variables | Componente principal | |
|--------------------------------|----------------------|-----------|
| | 1 (56.5%) | 2 (13.7%) |
| No. Tubérculos/planta | 0.235 | 0.058 |
| Peso tubérculos (g) | 0.397 | 0.099 |
| Longitud tubérculo (cm) | 0.387 | 0.161 |
| Color follaje | 0.292 | 0.113 |
| Color base peciolo | 0.153 | 0.281 |
| Color ápice peciolo | 0.351 | -0.024 |
| Color haz lámina | 0.343 | -0.300 |
| Color nervadura envés | 0.363 | -0.267 |
| Color nervadura haz | 0.351 | -0.344 |
| Forma tubérculo | 0.132 | 0.470 |
| Color anillo tubérculo | 0.125 | 0.606 |

Los resultados del análisis de componentes principales para datos cuantitativos y cualitativos (**Tabla 7**) permiten explicar que el 70.2% de la variabilidad existente en la colección de arracacha de la UNAD Dosquebradas es explicada por dos componentes principales. El primer componente (56.5%) lo explican las variables peso y longitud del tubérculo así como el color tanto del follaje como del ápice del peciolo, del haz de la lamina foliar y de la nervadura del haz y del envés. El color tanto de la base del peciolo

como del anillo del tubérculos así como la forma del tubérculo parecen explicar el segundo componente, el cual retiene el 13.7% de la variabilidad.

8.2 Identificación y seleccionar genotipos promisorios de arracacha por su alto potencial agronómico.

Análisis de Cluster

Finalmente, los resultados del análisis clúster vía análisis de componentes principales para datos cualitativos, al hacer un corte transversal en el dendograma derivado del coeficiente de distancia, a la altura de un R^2 semiparcial de 0.16 ((**Figura 15**)). Se puede observar la estructuración de cuatro grupos de las accesiones. En primer clúster donde se concentran las accesiones D11, D13, D16, D22, D23, D25, D26, D27, H03, H06, La Plata Huila (3A) y R22, el peso y longitud promedio del tubérculo de 43.44 gramos y 6.87 centímetros respectivamente; el color del follaje, del ápice del peciolo y del haz de la lámina foliar es en esencia verde; el color de la base del peciolo en términos generales es vino tinto, mientras que el color de la nervadura tanto por el haz como por el envés es verde claro u oscuro. Para el mismo clúster, en esencia la forma del tubérculo es cilíndrica mientras que el color del anillo del tubérculo puede ser blanco o amarillo crema.

En cuanto al clúster dos donde se agrupan los materiales C05, D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D08, D10, D12, D14, V18 y V20, el peso y longitud promedio del tubérculo de 54.15 gramos y 7.40 centímetros respectivamente; en el color del follaje se observan todos los matices de verde que se utilizan en este descriptor. El color tanto del ápice del peciolo y del haz de la lámina foliar es en términos generales es verde; el color de la base del peciolo es vino tinto o rojo siena, mientras que el color de la nervadura por el haz es verde oscuro mientras que la coloración de la nervadura por el envés es verde claro u oscuro. Dentro del mismo clúster, en la forma del tubérculo es cónica mientras que el color del anillo del tubérculo es blanco.

El clúster tres agrupa los materiales D24, Duitama Boy, V19, V21 y R23. El peso y longitud promedio del tubérculo de 50,74 gramos y 6.35 centímetros respectivamente; el color del follaje y del haz de la lámina foliar es en esencia verde; el color del ápice del peciolo y de la base del peciolo en términos generales es vino tinto, mientras que el color de

la nervadura tanto por el haz como por el envés es verde oscuro. Para el mismo clúster, en esencia la forma del tubérculo es cilíndrica o cónica, mientras que el color del anillo del tubérculo puede ser blanco, morado o amarillo crema.

La accesión V17 corresponde al agrupamiento cuatro. El peso y longitud promedio del tubérculo de 13,6 gramos y 6.58 centímetros respectivamente; el color del follaje y del haz de la lámina foliar es en esencia verde; el color del ápice del peciolo y de la base del peciolo en términos generales es vino tinto, mientras que el color de la nervadura tanto por el haz como por el envés es verde claro. Para el mismo clúster, en esencia la forma del tubérculo es cilíndrica, mientras que el color del anillo del tubérculo puede ser blanco.

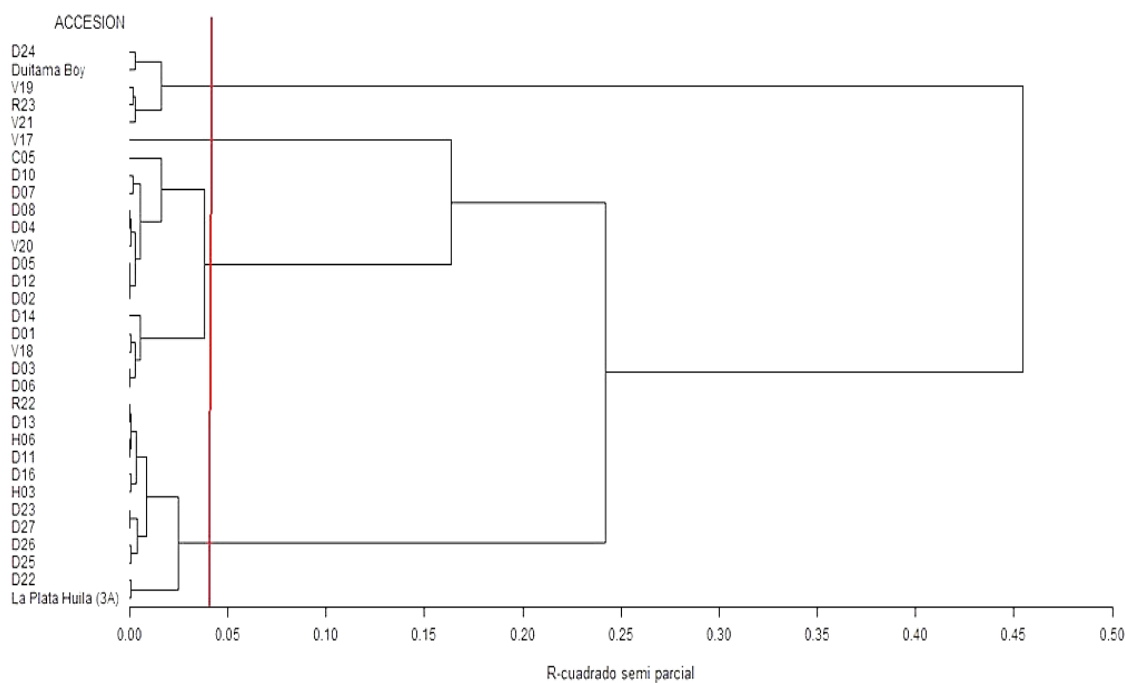


Figura 15. Dendrograma del agrupamiento cualitativo de accesiones de la colección de arracacha de la UNAD colectadas en ecorregión eje cafetero.

DISCUSIÓN

Con el desarrollo de este trabajo investigativo, se pudo determinar las características agro morfológicas más importantes para la identificación de morfotipos de las 39 accesiones de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*); con el fin de identificar y seleccionar genotipos promisorios por su alto potencial agronómico.

Según los datos consignados en la **tabla 4** se puede denotar que hay una diferenciación significativa en cada uno de los materiales evaluados. Por lo tanto, con la ayuda del clúster (**ver figura 14**). Se ha agrupado estos germoplasmas en 4 grandes grupos. Lo cual nos deja por discutir que dependiendo de la región, se puede observar un comportamiento diferencial, según las características morfológicas evaluadas para el caso de altura de la planta. Las accesiones D27 tuvo una conformación de planta deseable seguido por D22, con 60,19 cm al final del desarrollo. De este modo, al analizar las que no tuvieron una altura considerable fue Duitama Boy, seguido por la accesión D3 con 25 cm al final del desarrollo.

Es así, que al evaluar el número de hojas por planta, se encontró que la accesión H06 tuvo un buen desarrollo, seguido por La Plata Huila 3A, con 37,6 hojas por planta al final del desarrollo vegetativo. Según los datos consignados en **la tabla 3**, se puede apreciar que la accesión D25 tuvo un peso deseable en el total de tubérculos obtenidos seguido por D8, aunque la cantidad de tubérculos, estuvo en un promedio de 5,5 obteniéndose un peso promedio de 303,81 gramos al final de desarrollo vegetativo.

Todo lo anterior, nos deja por decir que las accesiones evaluadas, se comportan diferente para cada región por lo que se pudo observar que hubo accesiones como

CO4, D17, D15 D3, D9 y Duitama boy que no tuvieron un buen desarrollo vegetativo, ya sea que las condiciones ambientales y de terreno no fueron las más adecuadas.

Por lo tanto, en esta investigación hubo una variación en cuanto a su conformación de la planta siendo en un 93.75% semi abierta, el color del follaje la mayoría fue verde (62.5%), en cuanto al color de las nervaduras el 46.88% y el 37.5% corresponden a verde oscuro y verde claro. Al final, la forma y color del tubérculo en un 62.5% son cónicas y un 78.13% es de color blanco (**ver tabla 4**).

Cuando se analizaron el color externo de los tubérculos, no se encontraron diferencias significativas, ya que la mayoría fue de color blanco (78.13%) el resto amarillo crema. Sin embargo, la longitud promedio de cada tubérculo es muy variable desde 2 a 43.7 cm. Además, al observar el color externo del tallo no hubo variación ya que fue blanco para todos las accesiones evaluadas.

Es por lo anterior, que los materiales colectados, para que se obtengan unos buenos rendimientos; como se ha mencionado se deben de producir según su región de procedencia, por lo que no se puede sembrar en cualquier lugar, ya que las características morfológicas de cada uno de los materiales son diferentes en cada región, para obtener unos buenos tubérculos o conformación de la planta en cuanto a color, numero de hojas, entre otros caracteres; se debe de adecuar el material a las condiciones agroecológicas del lugar, por medio de cruzamientos entre un material de la región deseable con el del sitio que se quiere hacer su explotación agrícola.

De esta manera, los genotipos D25, D8, V19, D13, D14, R23, D16; con la caracterización que se realizo con la ayuda de la ficha elaborada, son los más promisorios para tener en cuenta al momento de realizar un mejoramiento de esta especie; el color del follaje y del haz de la lámina foliar es verde. El color del ápice y de la base del peciolo está entre verde a rojo, igualmente el color de la nervadura tanto por el haz como por el envés es entre verde a rojo. Cuenta con un peso y longitud promedio de tubérculo de 106,9 gramos y 9,9

centímetros. En cuanto a su porte, se obtuvo un promedio de altura de 53 cm y número de hojas 22, con un promedio de rizomas (tubérculos) de 7,5 por planta

Todo lo anterior, nos deja por discutir que son buenos materiales, para ser aprovechados y explotados por la agricultura de nuestro país y por personal calificado, que entregue buenos genes de mejoramiento y de este modo se aprovechen todas esas características identificadas en estas 7 accesiones de arracacha.

9. CONCLUSIONES

- Con la ayuda del análisis de clúster podemos deducir que las 39 accesiones evaluadas se descomponen en 4 grupos dependiendo de las características morfológicas encontradas. Es así, que el primer grupo (D11, D13, D16, D22, D23, D25, D26, D27, H03, H06, La Plata Huila (3A) y R22), el color del follaje es verde, con un color vino tinto en la base del peciolo, un color en el haz entre verde claro u oscuro, y la forma del tubérculo cilíndrico, con una coloración entre banco y amarillo crema. Por lo tanto, el segundo grupo (C05, D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D08, D10, D12, D14, V18 y V20) color de la planta verde, color de la base del peciolo entre vino tinto y ojo siena, forma del tubérculo cónica y el color del anillo interno blanco. El tercer grupo (D24, Duitama Boy, V19, V21 y R23), presenta una coloración del follaje verde oscuro, la base del peciolo de color vino tinto, la forma del tubérculo es cónica, de color externo amarillo crema, lo mismo para el color del anillo. Por último, La accesión V17 corresponde al agrupamiento cuatro, el color del follaje y del haz de la lámina foliar es en esencia verde; el color del ápice del peciolo y de la base del peciolo en términos generales es vino tinto, mientras que el color de la nervadura tanto por el haz como por el envés es verde claro. Para el mismo clúster, en esencia la forma del tubérculo es cilíndrica, mientras que el color del anillo del tubérculo puede ser blanco.

Esta investigación arrojó que las accesiones C04, D17, D15, D3, D9, DUITAMA BOY, no tuvieron un buen desarrollo, por lo que no tuvo presencia de tubérculos y las plantas alcanzaron una altura promedio de 9,4 y un promedio de 2,5 hojas. Además, hubo presencia de nematodos en la accesión D9.

- La arracacha, es uno de los cultivos que se debe de empezar a tener en cuenta en la alimentación, por su alto valor nutricional (**ver tabla 1**), ya que con esta investigación se ha podido establecer unos índices que nos denotan una caracterización específica de cada una de las accesiones evaluadas en campo, las cuales fueron agrupadas y clasificadas, tanto por su parte cualitativa como cuantitativa, evaluando la morfología desde la parte aérea como subterránea (tubérculos), en cuanto a cantidad de tubérculo por planta y su peso. Lo que nos deja por percibir que hay buen material para ser explotado y mejorado por la agroindustria.
- Las accesiones D22, D25, D27, V20, LA PLATA HUILA 3A, H06, R23, R22, D13, D12, D11, D5, D8, D1, tuvieron una altura promedio de 53 cm, un promedio de 22 hojas y un promedio de 7 rizoma por planta. De acuerdo con la **tabla 2**, Promedio, valor mínimo y máximo, desviación estándar y coeficiente de variación, se pudo deducir que las accesiones D25 (160,25 gr), D8 (143,55 gr), V19 (112,57 gr), D13 (91,35 gr), D14 (88,42 gr), R23 (82,60 gr) y D16 (69,29 gr), fueron los más indicados para cumplir con los objetivos impuestos para esta investigación, que son genotipos promisorios para tener en cuenta para futuros trabajos de mejoramiento.
- Con la variabilidad encontrada no se puede precisar el patrón de distribución de la especie en la región. Además, son los agricultores los que la han distribuido aleatoriamente la especie, al compartir en los intercambios de germoplasma que se suceden en las regiones. Por lo tanto, con la diversidad de caracteres encontrados en cada uno de los materiales de arracacha en dicha investigación, deja por concluir que son buenos para ser mejorados; y obtener así, una buena

producción, en cuanto a las accesiones D25, D8, V19, D13, D14, R23 y D16, los cuales se habían enunciado en el numeral anterior.

10. BIBLIOGRAFÍA

Alayo Sanchez, B. D. (2015). Caracterización fisicoquímica y reología de almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) Variedad amarilla procedente de la provincia San Ignacio - departamento de Cajamarca. *Universidad César Vallejo* , 10-71.

Alvarado Gaona, A., & Ochoa, L. (2010). TECNOLOGÍAS LOCALES DE PRODUCCIÓN DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* , 125, 126.

Auris, G., & Pacheco Delahaye, E. (2007). Efecto de la temperatura sobre la calidad postcosecha del apio criollo. *Agronomía Tropical* , 1-9.

Carvalho, A. D., Madeira, N. R., & Silva, G. O. (2017). Adaptability and stability of commercial yield of arracacha in southern region of Minas Gerais State. *Horticultura Brasileira* , 100-105.

DANE. (2015). Bio insumos. En DANE, *El cultivo de la arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft), hortaliza de grandes bondades nutricionales y de alta potencialidad agroindustrial* (pág. 1 a la 10). Bogotá: Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria.

Gaona Garcia, L. (2015). *Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Bogotá: Corpoica.

Gutiérrez Malaxechebarría, Á. M. (2011). Nueva asociación en la producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en Cajamarca (Colombia). *NAELPA* , 205-228.

Ibagué, U. d. (2017). *Protocolo de buenas prácticas para la poscosecha de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Ibagué: Logística para la cadena HORTOFRUTÍCULA del Tolima.

Londoño Restrepo, S. M., Rincón Londoño, N., Contreras Padilla, M., Millan Malo, B. M., & Rodríguez García, M. E. (2018). Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and patng characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-Like starches and flours (Arracacia xanthorrhiza). *ELSEVIER* , 1188-1197.

Minagricultura. (2019). Cifras sector agropecuario. *El campo es de todos* , 3-20.

Minagricultura. (2017). Evaluaciones agropecuarias municipales. *Agronet* , 1-4.

Morillo, E., Randers Knudsen, S., & Sécond, G. (2017). Assessment of genetic relationships between cultivated arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancr.) and its wild close relatives in the area of domestication using microsatellite markers. *Conserve Genet* , 1267-1275.

Muñoz, A. L., Alvarado G, A., & Almanza Merchán, P. J. (2015). Caracterización preliminar del cultivo de arracacha Arracacia xanthorrhiza Bancroft en el departamento de Boyacá. *Revista de ciencias agrícolas* , 4-9.

Parra Fuentes, M. (2018). *VARIABILIDAD GENÉTICA DE SIETE CULTIVARES DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) PRODUCIDOS EN LOS MUNICIPIOS DE BOYACÁ Y TURMEQUÉ (BOYACÁ) UTILIZANDO MARCADORES MICROSATÉLITES*. Bogotá.

Quilapanta, R., Dávilla, M., Vásquez, C., & Frutos, V. (2018). Morfotipos de arracacia xanthorrhiza Bancr.(Zanahoriaa Blanca) de Ecuador, como fuente de variabilidad del germoplasma. *Scientia Agropecuaria* , 281-286.

Randers Knudsen, S., Hermann, M., Dos Santos, F., & Sorensen, M. (s.f.). Inducción de floración en el cultivo de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroftt). *RAICES ANDINAS. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación* , 197-213.

Randers Knudsen, S., Orting, B., & Sorensen, M. (2006). Multiplicación y conservación de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancr.) y ajipa (Pachyrhizus Ahipa Wedd. Parodi). *Botánica Económica de los Andes Centrales* , 1-26.

Rivera V, J. J., Vásque A, N. c., Carvajal, A. M., Vera Vera, L. F., Gracia G, R. E., & Urquijo C, C. (1994). *Programa de investigación en el cultivo de arracacha*. Tolima: Corpoica.

Rodríguez Borray, G. A., García Berna, H. R., Camacho Tamayo, J. H., Arias, F. L., Vera varón, J. J., & De la Torre Duque, F. La harina de arracacha (arracacha xanthorrhiza). En Corpoica, *Manual técnico para su elaboración* (págs. 2-8). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA).

Rodríguez Borray, G. A., García Berna, H. R., Camacho Tamayo, J. H., Arias, F. L., Vera varón, J. J., & De la Torre Duque, F. La harina de arracacha (arracacha xanthorrhiza). En Corpoica, *Manual técnico para su elaboración* (pág. 2). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA).

Rojas Cruz, D. L., & Barreto Bernal, P. C. (2016). Diagnóstico de competitividad del sector productor d arracacha. Caso municipio de Boyacá (Colombia) 2014. *CENES* , 245-278.

Salas Cuestas, S. Y. (2018). Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) modificado por irradiación UV-C. 1-110.

Seijas Chacón, H., & Pabon Mora, C. (2017). Coeficiente de difusión y pérdida de humedad durante el proceso de pre- fritura de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). *LIMENTECH. Ciencia y tecnología alimentaria* , 17-20.

Seminario, J., & Coronel, T. (s.f.). Aspectos etnobotánicos y económicos de la arracacha en mollebamba, Huambos. *RAÍCES ANDINAS. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación* , 261-277.

Sevillano R, R. B., Otiniano, A. J., & Baudon, J. P. (2006). Inducción floral de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *IDESIA* , 31-36.

Vásquez, N., Medina, C., & Lobo, M. (s.f.). Caracterización morfológica de la colección colombiana (Toloma, huila, Boyacá, Cauca) de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). *RAICES ANDINAS. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación* , 1-14.

Vizcarra, p. (2013). Boletín No. 149 - 13: La Arracacha. *Vizcarra proyectos* .

Yépez, R. (2010). *Botánica económica II*. Bogotá.

Cultivos Andinos FAO. Raíces Andinas. Recuperado de:
www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contento/libro10/cap03_3.htm

11. ANEXOS

Anexo A. Ficha de caracterización

| T° Promedio: | | Precipitación: | | | HR%: | Luminosidad: Hrs | | | | | | |
|--|--|-----------------------|---------------|-------------------------|---------|-------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Características del suelo | | | | | | | | | | | | |
| RELIEVE | | Pendiente % | Prof efectiva | cm | Textura | | Drenaje | | Impedimentos | | | |
| Plano | | | Profundo | | Fr | | Excesivo | | Piedra | | | |
| Ondulado | | | Media | | A | | Bien drena | | Hardpan | | | |
| Pendiente | | | Superficial | | Ar | | moderado | | Nivel freatico | | | |
| Color. | | | | | FA | | Drenaje | | Compactación | | | |
| pH | | | | | Far | | D. impedido | | | | | |
| % Materia orgánica | | | | | Otra: | | | | | | | |
| 2. MATERIAL VEGETAL | | | | | | | | | | | | |
| Tipo | | Conformacion planta | | Color del follaje | | Color de la vaina | | Color base del peciolo | | Color apice del peciolo | | |
| Criollas | | Compata | | Verd oscuro | | Café rojizo | | Café verde | | Café verde | | |
| Nativas | | Abierta | | Verde claro | | Café | | Cafe oscuro | | Café oscuro | | |
| Mejoradas | | Semiabie | | Verde | | Café oscuro | | Café | | Verde | | |
| | | | | Verde | | Rosado | | Vino tinto | | vino tinto | | |
| Color haz lamina | | Color borde lamina | | Aserradura bordes folio | | Apice de foliolo | | Forma base foliolo later | | Color del tallo | | |
| Ver oscuro | | Café | | Superficial | | Muy acumin | | Cuneado | | Café claro | | |
| verde claro | | Café oscu | | Intermedio | | Acuminado | | Truncado | | Pajizo | | |
| verde | | Vino tinto | | Profunda | | | | | | Blanco | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Tuberculo | | | | | | | | | | | | |
| Color externo de la | | Color anillo vascular | | Color medula | | Forma de raíz | | No. Tuberculos/planta | Longitud promedia tuberculos | Diametro pormedio tuberculo | Peso total tuberculos planta | Peso promedio tuberculo |
| Crema | | Crema oscu | | Amarillo | | Cónica | | | | | | |
| Café | | Blanco | | Blanco | | Fusiforme | | | | | | |
| Blanco | | Lila | | | | Tuberosa | | | | | | |
| Observaciones Generales, tomar fotografia de planta y sus partes principales | | | | | | | | | | | | |
| Nombre Apellidos v Celular del colector | | | | | | | | | | | | |

Figura 16. Ficha de caracterización implementada para la investigación

Anexo B. Fichas de las 6 accesiones (D25, D8, V19, D14, R23, D16) promisorias por su alto potencial agronómico

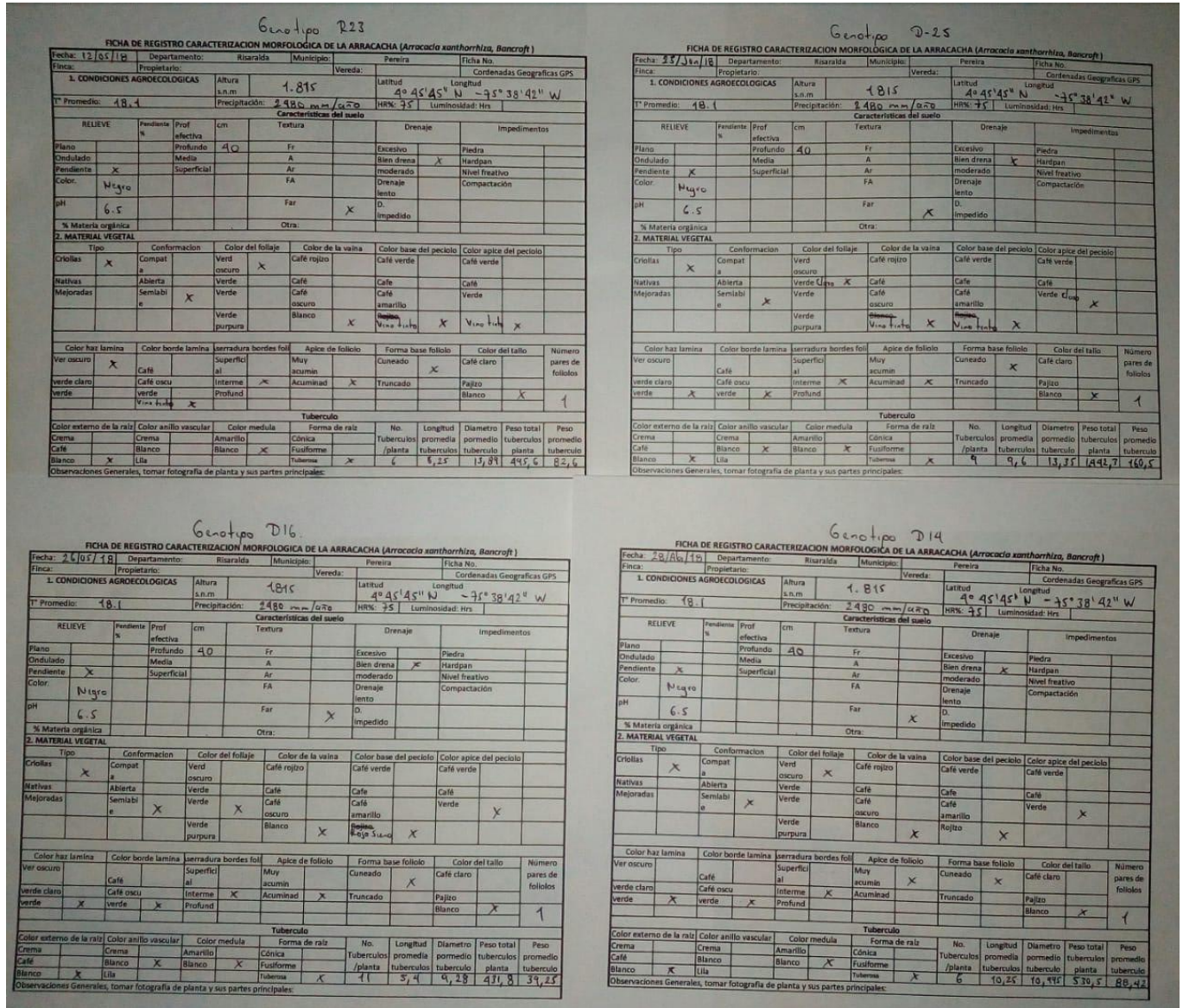


Figura 17. Modelo de ficha diligenciada, para los materiales R23, D25, D16 y D14

Genotipo D8

FICHA DE REGISTRO CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza, Bancroft)

| Fecha: 07/Ab/18 | Departamento: Risaralda | Municipio: Pereira | Vereda: Pereira | Ficha No. | | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Finca: Propietario: | | Altura s.n.m: 1.815 | Latitud: 4° 45' 45" N | Longitud: -75° 38' 42" W | | | | |
| T° Promedio: 18.1 | | Precipitación: 2480 mm/año | HR%: 75 | Luminosidad: Hrs | | | | |
| Características del suelo | | | | | | | | |
| RELIEVE | Pendiente % | Prof efectiva | cm | Textura | Drenaje | Impedimentos | | |
| Plano | | Profundo | 90 | Fr | Excesivo | Piedra | | |
| Ondulado | | Media | | A | Bien dreña | Hardpan | | |
| Pendiente | | Superficial | | Ar | moderado | Nivel freático | | |
| Color: Negro | | | | FA | Drenaje lento | Compactación | | |
| pH: 6.5 | | | | Far | D. impedido | | | |
| % Materia orgánica | | | | Otra: | | | | |
| 2. MATERIAL VEGETAL | | | | | | | | |
| Tipo | Conformación | Color del follaje | Color de la vaina | Color base del peciolo | Color apice del peciolo | | | |
| Criollas | Compat a | Verd oscuro | Café rojizo | Café verde | Café verde | | | |
| Nativas | Abierta | Verde | Café | Café | Café | | | |
| Mejoradas | Semiabi e | Verde | Café oscuro | Café amarillo | Verde | | | |
| | | Verde purpura | Blanco | Blanco | | | | |
| Color haz lamina | Color borde lamina | Serradura bordes foli | Apice de foliolo | Forma base foliolo | Color del tallo | Número pares de foliolos | | |
| Ver oscuro | Café | Superficial | Muy acumin | Cuneado | Café claro | | | |
| verde claro | Café oscu | Interme | Acuminad | Truncado | Pajizo | | | |
| verde | verde | Profund | | | Blanco | 1 | | |
| Tuberculo | | | | | | | | |
| Color externo de la raíz | Color anillo vascular | Color medula | Forma de raíz | No. Tuberculos /planta | Longitud promedio tuberculos | Diametro promedio tuberculo | Peso total tuberculos planta | Peso promedio tuberculo |
| Crema | Crema | Amarillo | Cónica | 2 | 11 | 16.75 | 287.1 | 143.55 |
| Café | Blanco | Blanco | Fusiforme | | | | | |
| Blanco | Lila | | Tuberosa | | | | | |

Observaciones Generales, tomar fotografía de planta y sus partes principales.

Genotipo V19

FICHA DE REGISTRO CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza, Bancroft)

| Fecha: 7/Jul/18 | Departamento: Risaralda | Municipio: Pereira | Vereda: Pereira | Ficha No. | | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Finca: Propietario: | | Altura s.n.m: 1.815 | Latitud: 4° 45' 45" N | Longitud: -75° 38' 42" W | | | | |
| T° Promedio: 18.1 | | Precipitación: 2480 mm/año | HR%: 75 | Luminosidad: Hrs | | | | |
| Características del suelo | | | | | | | | |
| RELIEVE | Pendiente % | Prof efectiva | cm | Textura | Drenaje | Impedimentos | | |
| Plano | | Profundo | | Fr | Excesivo | Piedra | | |
| Ondulado | | Media | | A | Bien dreña | Hardpan | | |
| Pendiente | | Superficial | | Ar | moderado | Nivel freático | | |
| Color: Negro | | | | FA | Drenaje lento | Compactación | | |
| pH: 6.5 | | | | Far | D. impedido | | | |
| % Materia orgánica | | | | Otra: | | | | |
| 2. MATERIAL VEGETAL | | | | | | | | |
| Tipo | Conformación | Color del follaje | Color de la vaina | Color base del peciolo | Color apice del peciolo | | | |
| Criollas | Compat a | Verd oscuro | Café rojizo | Café verde | Café verde | | | |
| Nativas | Abierta | Verde | Café | Café | Café | | | |
| Mejoradas | Semiabi e | Verde | Café oscuro | Café amarillo | Verde | | | |
| | | Verde purpura | Blanco | Blanco | | | | |
| Color haz lamina | Color borde lamina | Serradura bordes foli | Apice de foliolo | Forma base foliolo | Color del tallo | Número pares de foliolos | | |
| Ver oscuro | Café | Superficial | Muy acumin | Cuneado | Café claro | | | |
| verde claro | Café oscu | Interme | Acuminad | Truncado | Pajizo | | | |
| verde | verde | Profund | | | Blanco | 1 | | |
| Tuberculo | | | | | | | | |
| Color externo de la raíz | Color anillo vascular | Color medula | Forma de raíz | No. Tuberculos /planta | Longitud promedio tuberculos | Diametro promedio tuberculo | Peso total tuberculos planta | Peso promedio tuberculo |
| Crema | Crema | Amarillo | Cónica | 3 | 8.83 | 14.46 | 537.7 | 179.23 |
| Café | Blanco | Blanco | Fusiforme | | | | | |
| Blanco | Lila | | Tuberosa | | | | | |

Observaciones Generales, tomar fotografía de planta y sus partes principales.

adifonso

Figura 17. Modelo de ficha diligenciada, para los materiales D8 y V19