

**CARACTERIZACIÓN DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA
(*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) POR SU POTENCIAL
PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMIDONES NATIVOS**

**ÁNGELA ROCÍO ROMERO BERNAL
ANA MAGDALENA GARNICA HOLGUIN**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BOGOTÁ D.C.
2009**

**CARACTERIZACIÓN DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA
(*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) POR SU POTENCIAL
PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMIDONES NATIVOS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingenieras de Alimentos**

**ÁNGELA ROCÍO ROMERO BERNAL
ANA MAGDALENA GARNICA HOLGUIN**

**Directora
MARIA DEL SOCORRO CERÓN LASSO
Ingeniera Agrónoma MSc.**

**Codirectora
LENA PRIETO CONTRERAS
Ingeniera Química**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BOGOTA D.C.**

2009

María del Socorro Cerón Lasso
Directora

Lena Prieto Contreras
Co-directora

Rafael Guzmán Cortés
Jurado

Alfredo López Morello
Jurado

*A Dios quien me ha dado la oportunidad de salir adelante
por permitirme culminar mi carrera profesional
A mis padres por su apoyo y confianza en mí
A mis amigos por su compañía en esta etapa de la vida.*

ANA MAGDALENA GARNICA HOLGUIN

A Dios por permitirme alcanzar esta meta

A mi mamá por su dedicación

A mi hermano por su apoyo

Y a mis amigos que siempre estuvieron conmigo

ÁNGELA ROCÍO ROMERO BERNAL

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su sincero agradecimiento por su aporte en el desarrollo del presente trabajo a:

- MARIA DEL SOCORRO CERON LASSO, Ingeniera Agrónoma Msc, Investigador Máster Principal de Recursos Genéticos Vegetales CORPOICA –TIBAITATA, directora del proyecto, por su entrega y ayuda en el desarrollo de este trabajo de grado.

- LENA PRIETO CONTRERAS, Ingeniera Química, codirectora de nuestro trabajo de grado por su dedicación y apoyo para la elaboración del mismo.

-YAQUELIN MOLINA CITA, Administradora de Empresas Agropecuarias, Investigadora asistente y todo el equipo de trabajo de Recursos Genéticos Vegetales, CORPOICA – TIBAITATA, por su colaboración en los análisis realizados.

-BALTAZAR CORONEL, Tecnólogo Agropecuario, Auxiliar técnico y su grupo de colaboradores, por su orientación en el desarrollo del trabajo en campo.

-MARIA CRISTINA GARCIA MUÑOZ, Ingeniera Química, Investigador Máster Principal de Procesos Agroindustriales CORPOICA –TIBAITATA, por su asesoría, orientación en la elaboración del documento y facilitarnos las instalaciones de los laboratorios.

- BEATRIZ ABADIA SERNA, Medica Veterinaria Msc., Investigador Máster principal y todo el grupo de trabajo del laboratorio de Nutrición, CORPOICA –

TIBAITATA, por su ayuda y orientación para las pruebas realizadas en sus instalaciones.

- LUZ MARY FIGUEROA ZEA, Bacterióloga, Coordinadora del Laboratorio de Biotecnología - Universidad de La Salle, por sus orientaciones para los análisis fisicoquímicos.

- JUAN CARLOS POVEDA PISCO, Licenciado en Química y Biología, Laboratorista de Química - Universidad de La Salle, por sus orientaciones para los análisis fisicoquímicos.

- ALBA ELIZABETH RIVERA, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Auxiliar de Investigación del Laboratorio de Farinología y Procesos Agroindustriales CORPOICA – TIBAITATA, por facilitarnos sus instalaciones para los análisis fisicoquímicos.

- JORGE ARGUELLES, Ingeniero Agrónomo especialista en Estadística. Investigador Máster Principal CORPOICA – TIBAITATA, por su colaboración para la realización de los análisis estadísticos.

-PABLO EMILIO MORALES RODRIGUEZ, Auxiliar técnico de Procesos Agroindustriales CORPOICA –TIBAITATA, por su colaboración en el laboratorio.

- CORPOICA - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, por la financiación de este proyecto.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la elaboración de este trabajo de grado.

NOTA ACLARATORIA

El presente trabajo de grado fue coordinado por el Grupo de Investigación en Recursos Genéticos y Mejoramiento Vegetal del Centro de Investigación Tibaitatá – CORPOICA. La línea de investigación involucrada en el trabajo de grado hace parte del programa de “Innovación tecnológica en el cultivo de la papa a través del mejoramiento genético para tolerancia a insectos y buenas características de procesamiento” liderado por CORPOICA. Por lo tanto los derechos de autor pertenecen a las autoras, a la Universidad de La Salle y a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA.

Para efectos del presente trabajo de grado, CORPOICA entregó para la evaluación, clones promisorios de papa que han sido evaluados dentro de otros proyectos finalizados. El desarrollo de cada uno de estos clones promisorios ha involucrado un trabajo multidisciplinario de varios años y una inversión superior a trescientos mil dólares. De acuerdo con lo establecido en el reglamento interno de trabajo de CORPOICA, la propiedad intelectual de los clones desarrollados en la institución pertenece a la entidad.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	21
1. MARCO REFERENCIAL	22
1.1 GENERALIDADES SOBRE LA PAPA	22
1.1.1 Origen	22
1.1.2 Botánica	23
1.1.3 Taxonomía	26
1.1.4 Diversidad agrícola y obtención de variedades mejoradas	27
1.1.5 Composición del tubérculo de papa	27
1.1.6 Situación de la papa en Colombia	29
1.1.7 Usos industriales del tubérculo de papa	30
1.2 ASPECTOS GENERALES DEL ALMIDÓN	34
1.2.1 Propiedades fisicoquímicas	35
1.2.2 Propiedades funcionales del almidón	37
1.2.3 Extracción de almidón	39
1.2.4 El almidón en la industria de los alimentos	42
1.2.5 Situación del almidón en Colombia	43
2 DISEÑO METODOLÓGICO	46
2.1 IDENTIFICACION DE CLONES PROMISORIOS PARA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN	47
2.1.1 Caracterización en etapa vegetativa	47
2.1.2 Caracterización en etapa de reproductiva	48
2.1.3 Caracterización básica de los tubérculos	50

2.1.4	Selección de clones promisorios para la extracción de almidón	52
2.2	EVALUACIÓN DE CLONES PROMISORIOS	52
2.2.1	Caracterización fisicoquímica de los tubérculos seleccionados	52
2.2.2	Proceso de extracción del almidón nativo de papa	57
2.2.3	Características fisicoquímicas de los almidones extraídos	61
2.2.4	Características funcionales de los almidones extraídos	64
2.3	METODO Y ANÁLISIS ESTADISTICO	68
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN	72
3.1	IDENTIFICACION DE CLONES PROMISORIOS PARA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN	72
3.1.1	Caracterización en etapa vegetativa	73
3.1.2	Caracterización en etapa de reproductiva	77
3.1.3	Caracterización básica de los tubérculos	83
3.1.4	Selección de clones promisorios para la extracción de almidón	87
3.2	EVALUACIÓN DE CLONES PROMISORIOS	88
3.2.1	Caracterización fisicoquímica de los tubérculos seleccionados	89
3.2.2	Proceso de extracción del almidón nativo de papa	91
3.2.3	Características fisicoquímicas de los almidones extraídos	94
3.2.4	Características funcionales de los almidones extraídos	96
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	100
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFIA	115
	ANEXOS	125

LISTA DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1.	Diferencias morfológicas entre subespecies de <i>S. tuberosum</i>	26
Cuadro 2.	Composición promedio de un tubérculo de papa	28
Cuadro 3.	Variables para la caracterización de clones de papa en etapa vegetativa	47
Cuadro 4.	Formato para recolección de datos en etapa vegetativa	47
Cuadro 5.	Formato para recolección de datos en etapa de floración	48
Cuadro 6.	Variables para la caracterización de los clones de papa en etapa reproductiva	49
Cuadro 7.	Formato para recolección de datos en etapa de cosecha	49
Cuadro 8.	Variables para la caracterización de los clones de papa en etapa de cosecha	50
Cuadro 9.	Variables para la caracterización básica de los tubérculos	50
Cuadro 10.	Variables para la caracterización fisicoquímica del tubérculo	53
Cuadro 11.	Variable para cuantificación de rendimiento	61
Cuadro 12.	Variables para la caracterización fisicoquímica de los almidones extraídos	61

Cuadro 13.	Variables para la caracterización funcional de los almidones extraídos	64
Cuadro 14.	Datos obtenidos durante la caracterización en etapa vegetativa	74
Cuadro 15.	Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa vegetativa	76
Cuadro 16.	Datos obtenidos durante la caracterización en la etapa de floración	77
Cuadro 17.	Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa de floración	79
Cuadro 18.	Datos obtenidos durante la caracterización en etapa de cosecha	80
Cuadro 19.	Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa de cosecha	83
Cuadro 20.	Promedios de caracterización básica de los tubérculos	83
Cuadro 21.	Estadística descriptiva para la caracterización básica de los 74 clones evaluados	85
Cuadro 22.	Valores promedio para variables de caracterización básica de los 17 clones seleccionados	87
Cuadro 23.	Resultados de la caracterización fisicoquímica de los 17 clones seleccionados	88
Cuadro 24.	Estadística descriptiva para la caracterización fisicoquímica de los 17 clones seleccionados	89
Cuadro 25.	Resumen del balance de materia del proceso de extracción de almidón para el clon 5	91

Cuadro 26.	Porcentajes (%) de rendimiento de extracción para los 17 clones seleccionados	92
Cuadro 27.	Estadística simple del rendimiento en extracción del almidón para los 17 clones seleccionados	93
Cuadro 28.	Resumen de porcentajes (%) de pérdidas durante el proceso de extracción de almidón	93
Cuadro 29.	Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón extraído de los 17 clones seleccionados	94
Cuadro 30.	Estadística descriptiva para la caracterización fisicoquímica del almidón extraído de los 17 clones seleccionados	95
Cuadro 31.	Resultados de la caracterización funcional para los almidones extraídos de los 17 clones seleccionados	97
Cuadro 32.	Estadística descriptiva para las variables funcionales del almidón de los 17 clones seleccionados	97
Cuadro 33.	Matriz de correlación de Pearson para las variables cuantitativas	101
Cuadro 34.	Componentes principales de los 17 clones seleccionados	103
Cuadro 35.	Vectores característicos para los seis primeros componentes	104
Cuadro 36.	Promedio de las variables evaluadas para cada agrupamiento derivado del análisis de clúster	106
Cuadro 37.	Interpretación de las variables cuantitativas para clones 23 y 26 a partir del análisis de frecuencias	111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Partes de la planta de papa	23
Figura 2. Uso integral de la papa	33
Figura 3. Estructura de la amilosa	36
Figura 4. Estructura de la amilopectina	37
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso industrial de extracción de almidón nativo de papa	40
Figura 6. Espectrofotómetro Spectronic 601 Milton Roy	55
Figura 7. Mufla marca Thermolyne	57
Figura 8. pH-metro Orion	57
Figura 9. Diagrama de bloques para el proceso de extracción de almidón nativo de papa	56
Figura 10. Deshidratador de Bandejas	60
Figura 11. Espectrofotómetro Genesys 10 UV	65
Figura 12. Viscosímetro de Brookfield DV-E	68
Figura 13. Caracterización en etapa reproductiva de los clones promisorios de papa	73
Figura 14. Dendograma con 11 clúster de los 17 clones promisorios de papa	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Descriptores varietales para papa del Centro Internacional de la Papa – CIP	125
Anexo B. Formas de los tubérculos	127
Anexo C. Factores de corrección para gravedad específica de la papa	128
Anexo D. Tabla de estimación de contenido de materia seca y almidón en papa a partir de la gravedad específica.	129
Anexo E. Balance de materia para clones potenciales	130
Anexo F. Balance de materia en cada operación del proceso de extracción	131
Anexo G. Pérdidas en gramos y porcentajes de los 17 clones de papa	134
Anexo H. Análisis de frecuencias para los 11 grupos clúster	136

GLOSARIO

Antocianina. La antocianina o antocianidina pertenece al grupo de los bioflavonoides y es un pigmento rojo azulado que protege a las plantas, sus flores y sus frutas contra luz ultravioleta (UV) y por su propiedad antioxidante evita la producción de radicales libres.

Cáliz. Es el conjunto de sépalos en una flor.

Cimosa. Tipo principal de inflorescencia donde todas las ramas, principal y secundarias, llevan flores.

Clon. Es un conjunto de individuos genéticamente idénticos que descienden de un mismo individuo por mecanismos de reproducción asexual.

Corola. Conjunto de pétalos.

Decumbente. Son los tallos que sin fuerza para mantenerse erguidos se arrastran por el suelo sin enraizar en él.

Emergencia. Es la germinación del cultivo

Estolón. Vástago rastrero que nace de la base del tallo y echa a trechos raíces que producen nuevas plantas.

Germoplasma. Es el conjunto de genes que se transmite en la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar el genoma de las especies vegetales silvestres y no genéticamente modificadas de interés para la agricultura.

Inflorescencia. Son las ramificaciones del tallo que portan las flores.

Fitomejoramiento. Es el mejoramiento de las plantas para satisfacer las necesidades humanas.

Fotoperiodo. Es la relación entre horas de luz y de oscuridad que interviene durante la vida de la planta.

Perenne. Especies cuyo ciclo vegetativo es superior a dos años y son cosechadas a intervalos de tiempo que dependen del manejo agronómico, la edad de la plantación y condiciones de mercado.

Pistilo. Es la parte femenina de la flor, encargada de producir los óvulos. El pistilo tiene forma de botella y presenta tres partes: el estigma, el estilo y el ovario.

Pedicelo. Es el tallo de una flor individual en la inflorescencia de una dicotiledónea o de una monocotiledónea.

Sépalo. Los sépalos son una especie de hojitas de color verde que cubren y protegen a la flor cuando está todavía cerrada formando el capullo floral.

Surco. Es la vía de conducción del agua de riego dentro de un campo de cultivo que se forma con el arado.

Vigor. En una planta, el vigor es el resultado del tipo y la profundidad de suelo, del agua que recibe y de la radiación solar que la afecta.

INTRODUCCIÓN

La papa presentó una fuerte expansión en el mundo, situándose como el cuarto alimento básico en la década de los noventa, después del trigo, el arroz y el maíz. Figura entre los diez alimentos más importantes producidos en los países de desarrollo. Esta expansión se derivó de su gran capacidad de adaptación a los distintos climas y sistemas de cultivo. Además, la papa es importante para la extracción de almidón porque en la industria de alimentos se emplea ampliamente por sus propiedades deseables como la baja temperatura de gelatinización, baja tendencia a la retrogradación, alta viscosidad, alta capacidad de retención de agua, sabor suave y buena estabilidad.

Mundialmente la industria del almidón ha estado limitada a pocos cultivos tradicionales, pero como lo señala Bou Rached¹ desde hace algún tiempo se ha venido estudiando la incorporación de materias primas no convencionales provenientes de raíces y tubérculos, como la papa. Esto es debido, principalmente a que la tasa de crecimiento en la producción de maíz, trigo y arroz ha disminuido mientras que la tasa de producción de papa se ha acelerado, aumentando así su importancia relativa frente a otros alimentos.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA², reportaron en el Acuerdo Marco de Competitividad que Colombia produce 1.000 toneladas de almidón nativo de papa

¹ BOU RACHED, Lizet; DE VIZCARRONDO, Consuelo y RINCON, Alicia M. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. [en línea]. Diciembre 2006, vol.56, no.4. [consulta: 10-01-2009]. p.375-383. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00046222006000400010&lng=es&nr m=iso>. ISSN 0004-0622.

² COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA - IICA. Acuerdo marco de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Bogotá D.C.: Colección documentos IICA, Serie de competitividad, 1999. No. 14.

al año, lo cual es una cantidad baja de producción y los industriales han tenido que adaptarse a las características y condiciones de las variedades disponibles. No obstante, este requerimiento de la industria representa el 10% de la producción nacional de papa pues el resto es para consumo en fresco.

El Consejo Nacional de Papa, de acuerdo a información suministrada por la CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA³, estableció que en el año 2007, la superficie anual dedicada al cultivo de papa era de 160.690 hectáreas y la producción nacional alrededor de 2,8 millones de toneladas de tubérculos al año, siendo los principales departamentos productores: Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. Ante esa producción, CORPOICA⁴ menciona que Colombia presenta sobreproducción de papa con el 10 al 15% de remanente no comercializable, constituyéndose en pérdidas poscosecha, pero una alternativa para aprovechar este remanente sería utilizarlo en la obtención de almidones nativos de papa, ya que este tubérculo posee una concentración aproximada del 16% de almidón, confirmando que es una buena fuente de polisacáridos que se puede explotar para utilizarlos en industrias alimentarias, textiles y papeleras, entre otras.

Por todo lo anterior y por las exigencias de la industria, se ha propuesto como objetivo en este trabajo de grado la caracterización de clones promisorios de papa *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum* por su potencial para la producción de almidones nativos. Estos clones los han desarrollado en CORPOICA y fueron suministrados para cumplir el objetivo planteado; también, es importante señalar que los resultados del trabajo de grado hacen parte del programa “Innovación

³ CONSEJO NACIONAL DE PAPA. Citado por CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA En: Estadísticas papa 2004-2008. Agosto 2008. [Base de datos]

⁴ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Proyecto “Obtención de variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum*), por su potencial de producción de almidones nativos en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá” Bogotá D.C.: CORPOICA, 2008. p14.

tecnológica en el cultivo de la papa a través del mejoramiento genético para tolerancia a insectos y buenas características de procesamiento”, de CORPOICA en convenio con la Universidad de La Salle y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR.

Durante el desarrollo del trabajo de grado, se evaluaron 81 clones promisorios de papa por medio de: 26 variables cuantitativas y 21 variables cualitativas; con base en los análisis de estadística descriptiva y promedios de cada clon se seleccionaron 17 clones avanzados de papa que presentaron características fisicoquímicas aceptables, teniendo como referencia los parámetros exigidos por la industria para la obtención de almidones nativos. Finalmente, se evaluó la calidad de los almidones nativos extraídos de los clones promisorios de papa y por medio de estadística multivariada se obtuvo que los clones 23 y 36 presentaron las mejores características para la obtención de almidones nativos de calidad.

Cabe señalar que la evaluación de las variables cualitativas a parte de describir a los clones seleccionados, aportó información importante sobre las características morfológicas y agronómicas de los 81 clones evaluados. Además, las variables cuantitativas permitieron conocer las características óptimas para la producción de almidones nativos a partir de los clones promisorios de papa estudiados, los cuales servirán para tenerlos en cuenta en la obtención de variedades mejoradas o en futuros programas de mejoramiento, cuyo objetivo sea el buscar una nueva alternativa de uso del tubérculo en el país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los clones promisorios de papa por sus componentes vegetativos, reproductivos y fisicoquímicos.
- Identificar los clones promisorios por su potencial para la extracción de almidón nativo.
- Evaluar los almidones obtenidos de los clones elegidos, a partir de propiedades fisicoquímicas y funcionales.
- Establecer el clon o los clones promisorios de papa que presenten la mejor calidad de almidón nativo.

1 MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se mencionan las generalidades sobre el cultivo de la papa, como las características agronómicas y morfológicas de la planta y del tubérculo; además, se identifican los principales componentes de la papa, se señala su importancia a nivel nacional y se nombran los usos industriales. Por otra parte, se presentan las características generales del almidón, la descripción del proceso de extracción y las aplicaciones de este en la industria de alimentos.

1.1 GENERALIDADES SOBRE LA PAPA

A continuación se presenta el origen de la papa, la estructura de la planta y sus características morfológicas, además se menciona la situación de la papa en Colombia y los usos a nivel industrial del tubérculo.

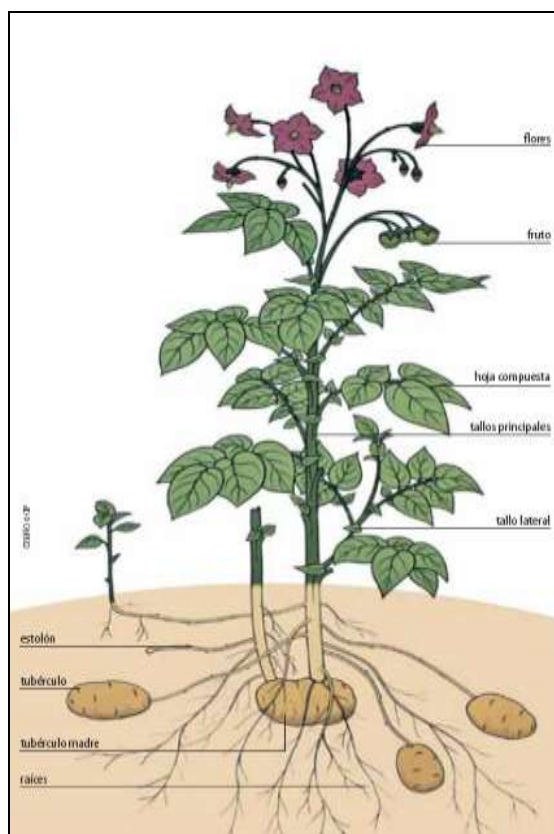
1.1.1 Origen. Lujan⁵ afirma que la papa es una planta originaria de los Andes suramericanos. La papa *Solanum tuberosum* se divide en dos subespecies: *andigenum* y *tuberosum*. Con respecto al origen genético, la subespecie *andigenum* es la subespecie original y la que ha dado origen a *tuberosum*. Como lo menciona Hawkes⁶, la subespecie *tuberosum* es ampliamente cultivada en todo el mundo (América del Norte, Asia, Europa y África). La subespecie *andigenum* es nativa de los Andes del Perú y se distribuye desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina.

⁵ LUJAN, Lauro. La ecología de la papa. En: Revista Papa, no. 12. Bogotá D.C: Federación Colombiana de Productores de Papa, 1994. p 36.

⁶ HAWKES, J. The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources. Inglaterra: Belhaven Press, 1990. 259 p.

1.1.2 Botánica. *S. tuberosum* es una planta anual, herbácea y de naturaleza perenne según Tamaro⁷, produce tallos aéreos que crecen de 0,5 a 1 metros (m) de altura. Pueden presentarse flores terminales y dar como resultado un fruto de 1 a 3 centímetros (cm) de diámetro, que contiene una gran cantidad de semillas. Los frutos o bayas no son comestibles y las semillas se emplean sólo en la siembra. El sistema fibroso de raíces se extiende superficialmente y se desarrollan rizomas múltiples que terminan en los tubérculos conocidos como papas. En la figura 1 se presentan las partes de la planta de la papa.

Figura 1. Partes de la planta de papa



Fuente: FAO, 2008

⁷ TAMARO, D. Manual de horticultura, 9 ed. México: G. Gili, 1981. p 56.

- **Tubérculos.** Cepeda y Gallegos⁸ mencionan que el tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado, en la superficie posee yemas axilares en grupos de 3-5 y protegidas por hojas escamosas (ojos). Morfológicamente los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de la papa. Según Faiguenbaum⁹, los tubérculos están constituidos externamente por la peridermis, las lenticelas, los nudos, las yemas y, eventualmente, por un fragmento o una cicatriz proveniente de la unión con el rizoma del cual se originaron; internamente se distingue la corteza, el parénquima vascular de reserva, el anillo vascular y el tejido medular. Los tubérculos pueden presentar una forma alargada, redondeada u oblonga; su color, en tanto, puede ser blanco, amarillo, violeta o rojizo según descriptores propuestos por Huaman¹⁰.
- **Raíz.** Las raíces de la papa son de tipo adventicias, la mayoría de ellas se encuentran en los primeros 40 cm de profundidad, estas son muy ramificadas, finas y largas dependiendo de su desarrollo, por eso es necesario un suelo de muy buenas condiciones para su cultivo. Las plantas de semilla botánica, como lo señala Hooker¹¹ poseen una raíz principal delgada, la cual se transforma en fibrosa, mientras que las plantas provenientes de tubérculos usados como semilla vegetativa, tienen un sistema fibroso de raíces laterales que emergen generalmente en grupos de tres a partir de los nudos y de los tallos subterráneos.

⁸ CEPEDA, Melchor y GALLEGOS, Gabriel. La Papa, el fruto de la tierra. México: Trillas. 2003, p 13-18. ISBN 968-24-6909-0

⁹ FAIGUENBAUM, H. Papa. Producción de cultivos en Chile. Cereales, leguminosas e industriales. Chile: Torrelodones, 1988. p. 309-332.

¹⁰ HUAMAN, Z. Descriptores de la papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Perú: Centro Internacional de la Papa – CIP, 1994.

¹¹ HOOKER, W. Compendium of potato diseases, 3 ed. Estados Unidos: American Phytopathological Society, 1986.

- **Tallos.** Hooker¹² también señala que los tallos son angulares, generalmente de color verde, aunque pueden ser de color rojo púrpura, son herbáceos y se tornan leñosos en la parte inferior, cuando la planta llega a su madurez completa.
- **Hojas.** Según lo afirma Cepeda¹³ las hojas son alternas, igual que los estolones, están distribuidas en espiral sobre el tallo, son de tipo compuesto con varios folios opuestos y uno grande como terminal. Son un poco vellosas y miden de 8 a 15 cm de largo por 1 a 3 cm de ancho, ovales y acuminadas, de las axilas que son la unión de las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas.
- **Flores.** Como lo menciona Báez¹⁴ la inflorescencia es cimosa; las flores son hermafroditas, tienen de 3 a 4 cm de diámetro, con 5 pétalos unidos por sus bordes que le dan a la corola la forma de una estrella, de color blanco al púrpura, dependiendo del tipo y cantidad de antocianinas presentes. Posee cinco estambres, dos anteras cuyo color va de amarillo pálido a un amarillo más fuerte que producen polen a través de un tubo terminal; el gineceo tiene ovario súbero.
- **Fruto.** Para Plaisted¹⁵, el fruto de la planta de papa es una baya, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeña, la cual puede presentar una forma redonda, alargada, ovalada o cónica. Su diámetro generalmente fluctúa entre 1 a 3 cm, y su color puede variar de verde a amarillento, o de castaño rojizo a violeta, dependiendo su estado de madurez. Las bayas presentan dos lóculos y pueden contener aproximadamente entre 200 y 400 semillas.

¹² Ibid.

¹³ CEPEDA. Op. cit., p 13-18

¹⁴ BAÉZ, P. Monografía de la papa (*Solanum tuberosum*). México: Coahuila, 1983. p 116.

¹⁵ PLAISTED, R. Hybridization of Crop Plants. «Potato», Estados Unidos: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1982. p. 483-494.

1.1.3 Taxonomía. Hawkes¹⁶ menciona que la especie *S. tuberosum* se diferencia de las otras especies de la misma serie taxonómica por presentar la articulación del pedicelo en el tercio medio, los lóbulos del cáliz cortos y dispuestos de modo regular, las hojas frecuentemente arqueadas, los folíolos siempre ovados a lanceolados, aproximadamente del doble de largo que de ancho y los tubérculos con un período de reposo bien marcado.

Las diferencias morfológicas entre las dos subespecies de *S. tuberosum* son muy pequeñas y se consignan en el cuadro 1, donde Hawkes¹⁷ afirma que la principal diferencia entre las dos subespecies es que la *andigenum* depende de un fotoperiodo corto para tuberizar.

Cuadro 1. Diferencias morfológicas entre subespecies de *S. tuberosum*

CARACTERÍSTICA	SUBESPECIE	
	<i>tuberosum</i>	<i>andigenum</i>
Hojas	Menos divididas	Muy divididas
Folíolos	Amplios	Estrechos
Angulo que forma la hoja con respecto al tallo	Obtuso	Agudo
Pedicelo	Se engrosa hacia el ápice	No se engrosa hacia el ápice
Respuesta al fotoperíodo para tuberizar	Tuberiza en días largos o cortos	Necesita días cortos
Ojos en el tubérculo	En general superficiales	Profundos
Forma del tubérculo	Usualmente alargado	En general redondeado

FUENTE: HAWKES, 1990.

Según Estrada¹⁸ la papa *S. tuberosum* subespecie *andigenum* presenta periodo vegetativo de 5 a 7 meses, floración abundante, polen muy fértil, abundante producción de bayas, periodo largo de reposo del tubérculo, buena calidad para el

¹⁶ HAWKES, J. Op. cit.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ ESTRADA, Nelson. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Bogotá: CIP-IPGRI-PRACIPA-IBTA-PROINPA-SDC-CID.2000. ISBN 84-89891-68-0

consumo (gravedad específica alta de 1,085 o más), buena calidad para almacenamiento, alto porcentaje de almidón, tubérculos de tamaños mediano y pequeño y formas regulares a irregulares, ojos ligeramente profundos y resistencia parcial a enfermedades según las variedades.

1.1.4 Diversidad agrícola y obtención de variedades mejoradas. Según a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO¹⁹, el tubérculo de la papa se reproduce en forma vegetativa, como clones, lo que garantiza una propagación estable. La papa posee alta diversidad genética más abundante de cualquier otra planta cultivada, ello lo reconfirma la existencia de variedades silvestres, especies autóctonas cultivadas, variedades producidas por los agricultores locales e híbridos de plantas cultivadas y plantas silvestres, en los Andes suramericanos.

Según INFOAGRO²⁰, actualmente existe poca variabilidad en las variedades mejoradas, debido a que la multiplicación es vegetativa. En los centros de mejora genética se dispone de un amplio banco de germoplasma, que garantiza la riqueza de los diferentes caracteres, a los que se recurren para realizar los distintos cruzamientos. La clasificación varietal se realiza según los siguientes caracteres: color y textura de la piel, color de la carne, número de ojos, forma del tubérculo, aptitudes culinarias, características de los brotes y de la parte aérea, productividad, precocidad de la brotación, tuberización y cosecha, resistencia a plagas y enfermedades.

1.1.5 Composición del tubérculo de papa. La papa es un alimento, muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en

¹⁹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. Reseña de fin de año. Año internacional de la papa 2008, Nueva luz sobre un tesoro enterrado. Roma: FAO, 2008. p.13.

²⁰ INFOAGRO. El cultivo de la patata. Infoagro Systems - España [en línea]. s.f. [consulta: 04-02-2009]. Disponible en Internet: < <http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm>>.

almidón, así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra, en el cuadro 2 se presenta la composición promedio de un tubérculo de papa según información suministrada por el Sistema Nacional de Información de Papa - SINAIPA²¹.

Cuadro 2. Composición promedio de un tubérculo de papa

COMPONENTES	PORCENTAJES (%)
Humedad	63,0 - 87,0
Carbohidratos	11,5 - 28,1
Proteína	0,7 - 4,6
Grasa	< 1,0
Fibra	0,2 - 3,5
Ceniza	0,4 - 1,9

FUENTE: SINAIPA, 2002

En la papa, según Woolfe²² la concentración de azúcares sencillos es baja de 0,1 a 0,7% siendo los más importantes la glucosa, fructosa y sacarosa. Es importante controlar la concentración de azúcares de la papa con objeto de prevenir las reacciones de pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard. Este tipo de reacciones indeseables pueden aparecer cuando se alcanzan concentraciones del 2% de azúcares reductores.

Smith y Talburt²³ mencionan que la materia seca en la papa se ve influenciada por prácticas de cultivo tales como tipo de suelo, humedad y composición mineral, programas de riego y temperatura durante el crecimiento de la planta, entre otros y

²¹ SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE PAPA - SINAIPA. Semillas de papa y tubérculos de semilla. En: El correo de la papa. Abril 2002. Boletín mensual no. 08. p. 4.

²² WOOLFE, J. Potato in human diet. International Potato Center (CIP) and Cambridge University Press, 1987. p. 231.

²³ SMITH, O. and TALBURT, W. Potato processing. Estados Unidos: Avi Publishing Company. 1975.

se encuentra entre el 15 al 25%. Usualmente se determina por gravedad específica, siendo un método rápido y fácil, ya que se ha demostrado una alta correlación entre la materia seca y la gravedad específica cuando hay gran cantidad de individuos en un estudio.

Coraspe²⁴ menciona que existen ecuaciones matemáticas y tablas de conversión que relacionan con bastante claridad el porcentaje de almidón y materia seca con la gravedad específica; generalmente, la gravedad específica en los tubérculos presenta valores en torno a 1,040 - 1,120. Además dice Smith “se ha comprobado que los tubérculos con una gravedad específica baja tienden a acumular mayor contenido de azúcares reductores”²⁵; lo mismo sucede con la frescura del tubérculo, porque al ser más fresco su nivel de azúcar es más bajo.

1.1.6 Situación de la papa en Colombia. En Colombia, según información del MADR y el IICA ²⁶ este cultivo ocupa el quinto lugar en la producción agropecuaria nacional, el noveno en extensión y el sexto en valor de la producción. En términos constantes el valor de la producción, en el lapso 1992 – 2004, creció a una tasa del 0,6%. Su participación en el valor real de la producción agropecuaria nacional representó el 3,62%, el 4,3% del total del área cultivada en el país y el 10,4% de la superficie cultivada con productos transitorios. Alrededor de 90.000 familias se encuentran vinculadas con la explotación directa de este cultivo se generan alrededor de 20 millones de jornales al año y 104.456 empleos directos. Adicionalmente, se constituye en la actividad que más utiliza los servicios de transporte terrestre con más de dos millones de toneladas métricas al año. El 90%

²⁴ CORASPE, Héctor. La calidad del tubérculo de papa. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (CENIAP). [en línea]. s.f. [consulta: 09-02-2009] Disponible en Internet: < <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd60/papa.html>>.

²⁵ SMITH. Óp. cit.

²⁶ COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA - IICA. La cadena de la papa en Colombia, [en línea]. 2006. [consulta: 25-02-2009]. Disponible en Internet: < http://www.agrocadenas.gov.co/papa/documentos/caracterizacion_papa.pdf>

de los cultivadores son pequeños productores que siembran hasta 3 hectáreas (Ha) y producen alrededor del 45% del total de la producción de papa en el país. En cuanto al rendimiento nacional oscila entre 14,4 a 18,3 toneladas (Tn) por Ha.

La zona óptima de producción para las variedades *S. tuberosum* subespecie andígenum (papa de año) oscila entre los 2.500 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) y cuya producción comercial en Colombia se concentra en paisajes y ecosistemas de montaña de clima frío, entre los 2.000 y 3.500 m.s.n.m. Según información suministrada por el Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa - CEVIPAPA²⁷, en los Departamentos y el porcentaje restante se encuentra en los Santanderes, Tolima Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia se concentra el 90% de la producción de papa, Cauca, Caldas y Valle del Cauca.

SINAIPA²⁸, afirma que los medianos y grandes productores de papa venden su producto directamente a los centros mayoristas, localizados cerca del lugar de producción o de los grandes sitios de consumo, los pequeños productores venden su cosecha a intermediarios en plazas de mercados regionales ó en los lotes.

1.1.7 Usos industriales del tubérculo de papa. En Moreno²⁹ menciona que en un reporte del Centro Internacional de la Papa - CIP y la FAO se registra que “el uso mundial de la papa está trasladando el mercado de papas frescas y como alimento para ganado hacia los productos procesados tales como papas fritas (hojuelas), papas prefritas (a la francesa) y papas congeladas y deshidratadas”.

²⁷ CENTRO VIRTUAL DE INVESTIGACIÓN DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA PAPA – CEVIPAPA. El cultivo de la papa en Colombia. [en línea] s.f. [consulta: 01-02-2009]. Disponible en Internet: < <http://www.cevipapa.org.co/cultivo/colombia.php>>.

²⁸ SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE PAPA – SINAIPA. Análisis de los mercados de las islas del Caribe para papa colombiana. [en línea]. Julio 2002. [consulta: 14-08-2008]. Disponible en Internet: < <http://www.redepapa.org/boletin11.pdf>>.

²⁹ MORENO, José Dilmer. Calidad de la papa para usos industriales. [en línea] s.f. [consulta: 10-02-2009]. Disponible en Internet:< <http://www.redepapa.org/calidadpapa.pdf>>.

Así mismo, un informe presentado por el MADR y el IICA³⁰, se menciona que el uso Industrial de la papa en el país es mínimo (entre 8% y 4% de la producción anual), esta se utiliza principalmente en la fabricación de papas fritas (*snacks*), papa prefrita o precocida congelada, papas deshidratadas y harinas o almidones.

Actualmente el principal elemento que afecta la productividad de la industria del procesamiento de la papa, es la poca disponibilidad de variedades que cumplan con los requisitos fisicoquímicos, de tamaño y forma exigidos por la industria. Para el MADR y el IICA³¹ “con excepción de las variedades clasificadas como aptas (Capiro, Ica única, Puracé y Monserrate), el resto de las variedades existentes presenta características tales como altos niveles de azúcares reductores, bajo porcentaje de materia seca, color de pulpa y piel no adecuadas para adelantar un eficiente procesamiento industrial”.

La papa utilizada en la industria es aquella que se encuentra en su estado óptimo de madurez, con alta gravedad específica y alto contenido de sólidos. Según Bergonzi³² el agua debe ser máximo del 80% ya que a menor porcentaje de agua, mayor contenido de materia seca y por lo tanto mayor contenido de almidón. Según el Ministerio de Agricultura del Perú³³, el contenido de materia seca del tubérculo para procesamiento debe ser mayor al 22%, y en la investigación realizada por el Centro de Investigación de Agricultura Tropical – CIAT,

³⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL – MADR e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA - IICA. Anexo estadístico. Descripción de la cadena de la papa, [en línea]. Enero 2006. [consulta: 18-06-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.agrocadenas.gov.co/home.htm>>.

³¹ COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA - IICA. Acuerdo marco de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Op. cit.

³² BERGONZI, Ricard. Importancia del peso específico de la papa en la industria procesadora. Argentina: Mc Cain. [en línea]. 2005. [consulta: 12-02-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=182>>.

³³ PERU, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Sector Agrario - Agrícola - Cultivos de Importancia Nacional - Papa, Industrialización. [en línea] s.f. [consulta: 27-09-2008] Disponible en Internet: <<http://www.portalagrario.gob.pe/papa/industrializacion.html>>.

CORPOICA y MADR³⁴ señala que el contenido de almidón en la papa debe ser mayor al 16%.

Además del consumo en fresco y el de procesamiento tradicional (hojuelas y bastones), la papa presenta otros usos en la industria de alimentos y química que se pueden observar en la figura 2, sobre el uso integral de la papa presentado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador - MAG³⁵.

Según información suministrada por CORPOICA³⁶ a través de su plan de “Investigación para aumentar la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción de papa en Colombia” esta institución ha desarrollado el proyecto de mejoramiento denominado “Producción de variedades mejoradas de papa para la industria y consumo en fresco, con tolerancia a gota (*Phytophthora infestans*) y adaptación a las regiones paperas de Colombia” destinado a desarrollar variedades mejoradas de papa para el procesamiento y el consumo en fresco.

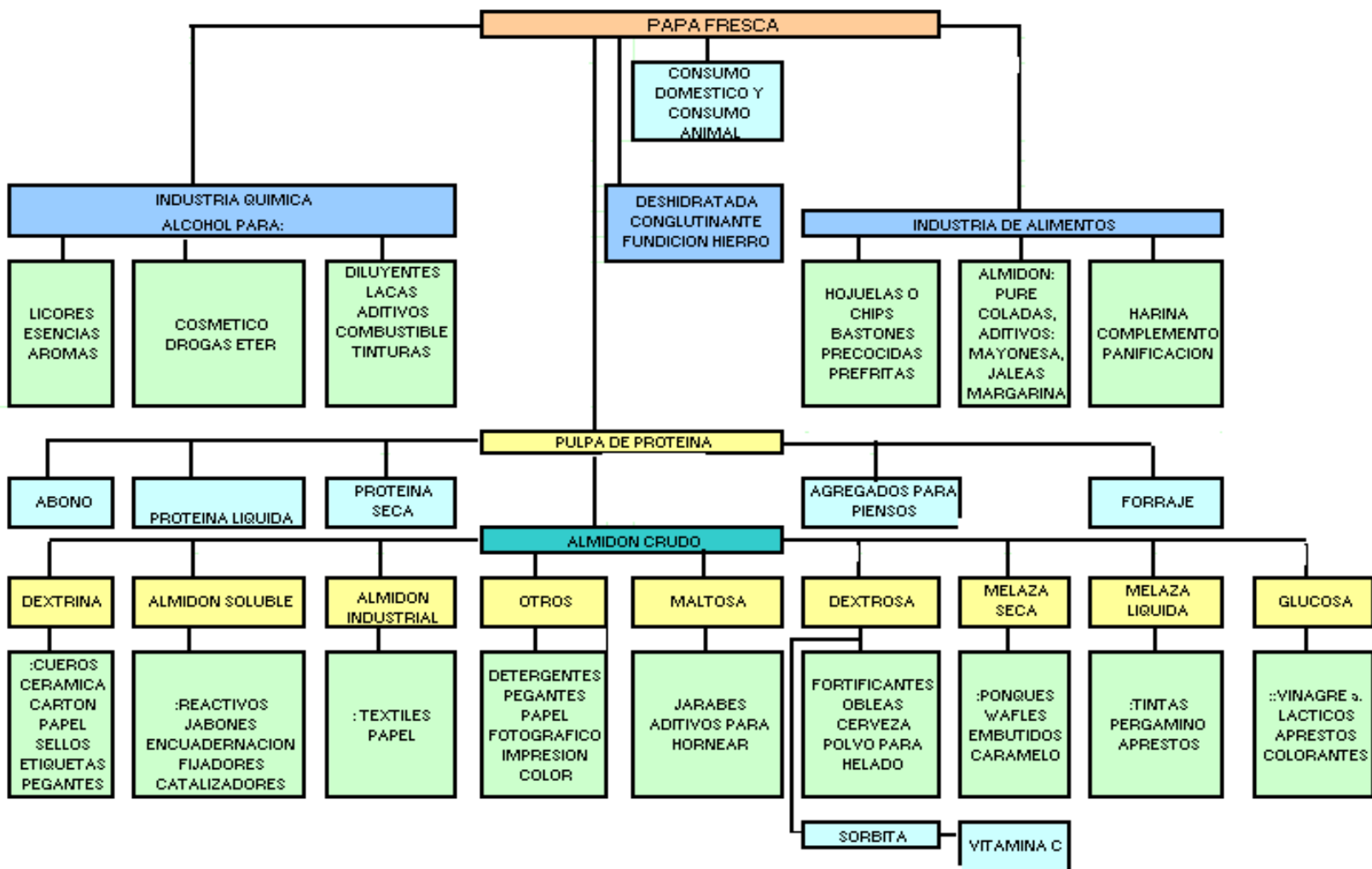
En 1996 se inició en el Centro de Investigación Tibaitatá de CORPOICA, el proceso de evaluación de clones de papa de la especie *Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*, a los que se les evaluó sus características de tolerancia a gota, caracteres agronómicos sobresalientes y de calidad para los dos tipos de consumo: en fresco y procesamiento industrial (énfasis en hojuelas).

³⁴ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Investigación y transferencia de tecnología sobre calidad de almidones, azúcares y valoración energética de materiales de papa. Bogotá: CIAT, CORPOICA y MADR. 2002. p 5.

³⁵ ECUADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA ACUACULTURA Y PESCA – MAG. Situación de la cadena de la papa, uso Integral de la papa. [Base de datos en línea] Febrero 2000. consu-11-2008]. Disponible en Internet: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/uso_papa.htm>.

³⁶ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Op.cit.

Figura 2. Uso integral de la papa



FUENTE: MAG, 2000

Con ellos actualmente se sigue el proceso de evaluación en bloques de selección (BS1 y BS2), para luego llevarlos al Aumento de Clones ya sea para consumo en Fresco (ACF) o procesamiento Industrial (ACI), específicamente para obtención de hojuelas y bastones. Los clones en ACF y ACI son clones avanzados que posteriormente, los que son seleccionados se llevan a ensayos de rendimiento en finca de productores para que estos conozcan los materiales, sus bondades y seleccionen en conjunto con los procesadores a quienes invitan en días de campo donde se realiza el procesamiento de los tubérculos.

1.2 ASPECTOS GENERALES DEL ALMIDÓN

El almidón se encuentra distribuido en los órganos de las plantas, como carbohidrato de reserva. Según Rincón *et al.*³⁷, esta materia prima agrícola contiene nutrientes e ingredientes funcionales para formulaciones alimenticias ya que es el biopolímero más importante y que se constituye en parte fundamental de la dieta humana. Además de convertirse en una vía para el enriquecimiento con vitaminas y minerales, contribuyendo a resolver deficiencias en sectores de la población afectados nutricionalmente. También el almidón es importante en diversas industrias como la farmacéutica, cosmética, textil y papel, donde no sólo debe tenerse presente la cantidad sino el tipo de almidón a emplear.

Según Bou Rached *et al.*³⁸ mundialmente las industrias de almidón y harina han estado limitadas a unos pocos cultivos tradicionales, como los cereales maíz, trigo y arroz. Por esto desde hace algún tiempo se ha venido estudiando la

³⁷ RINCÓN Alicia, DE VIZCARRONDO Consuelo, DE PADILLA, Fanny y MARTIN, Eduardo. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). En: Archivo Latinoamericano de Nutrición. 2000. vol.50, no.3. p. 286-290.

³⁸ BOU RACHED, Lizet; DE VIZCARRONDO, Consuelo y RINCON, Alicia M. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. [en línea]. Diciembre 2006, vol.56, no.4. [consulta: 10-01-2009]. p.375-383. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00046222006000400010&lng=es&nr m=iso>. ISSN 0004-0622.

incorporación en productos alimenticios, de materias primas no convencionales, provenientes de raíces y tubérculos como la papa y la yuca. En la papa, el almidón se encuentra en las células del tubérculo en forma de gránulos de forma ovoidal, estriada con longitud de 5 micras (μm) y 50 μm , este tamaño varía según la variedad, el estado de madurez del tubérculo y las condiciones del medio.

En el proyecto de la Empresa Comercializadora de Derivados de la Papa ECODEPA S.R.L.³⁹, se menciona que desde hace tiempo se ha establecido la industria del almidón de papa en Europa y en Estados Unidos, desarrollando un tipo especial de papa con las siguientes propiedades: alto rendimiento de almidón por hectárea, bajo contenido de proteínas y bajo contenido de fibra.

Normalmente es deseable también: tubérculos de mediano y gran tamaño, de superficie uniforme y sin brotes, piel delgada y menos del 2% de azúcares reductores.

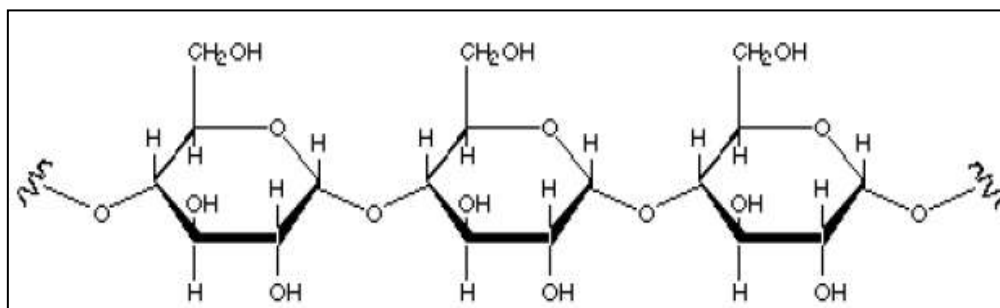
1.2.1 Propiedades fisicoquímicas. Los almidones nativos (almidones que no han sufrido ningún proceso de modificación química durante su obtención) utilizados en la industria alimentaria, según Balagopalan *et al.*⁴⁰, presentan diferentes características fisicoquímicas, que se deben a tres factores principalmente: los diferentes tipos de estructura del gránulo de almidón, la proporción existente entre las cadenas de amilosa - amilopectina y la presencia de otras sustancias diferentes al almidón, que al interactuar con él, lo hacen más susceptible a las condiciones de proceso.

³⁹ EMPRESA COMERCIALIZADORA DE DERIVADOS DE LA PAPA - ECODEPA S.R.L. Industrialización de la papa. Perú. [en línea]. 2003. [consulta: 14-07-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.angelfire.com/pro/papalima/enlaces/papa03.htm>>.

⁴⁰ BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S. and MOORTHY, S. Cassava in food, feed, and industry. EEUU: CRC.1988. p. 144 - 190.

• **Amilosa – Amilopectina.** En cuanto a su composición química, el almidón está constituido por una mezcla de los dos polisacáridos: amilosa y amilopectina. Según Coultate⁴¹, la amilosa está constituida por largas cadenas de α -D-glucopiranosil unidos a través de enlaces glucosídicos α -1,4, y pesos moleculares hasta de un millón. Para Munck *et al.*⁴², el contenido en amilosa varía según la fuente de origen y puede estar entre el 17 al 35 %. En la figura 3 se observa la estructura de la amilosa.

Figura 3. Estructura de la amilosa



FUENTE: FOX y CAMERON, 1997.

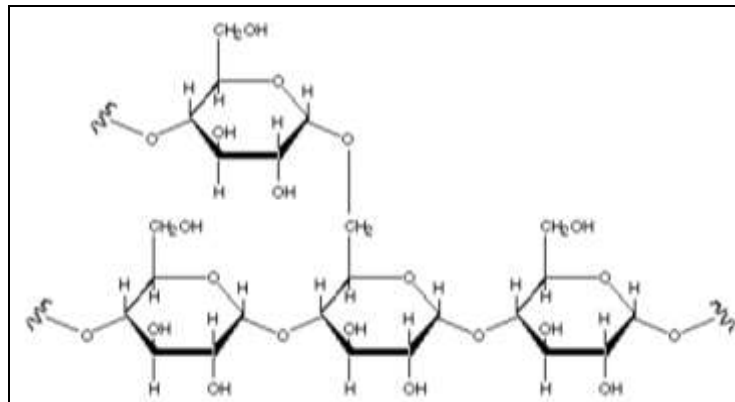
La amilopectina se diferencia de la amilosa, según Fox y Cameron⁴³, porque contiene ramificaciones que le dan una forma molecular a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa, como se observa en la figura 4, esta constituye el 75% de los almidones comunes; algunos almidones están enteramente formados por amilopectina y son llamados almidones céreos, porque tienen una apariencia vítrea.

⁴¹ COULTATE, T. The chemistry of its components. España: Acribia, 1984. p. 26 – 31.

⁴² MUNCK, L.; REXEN, F. and HAASTRUP, L. Cereal starches within the European Community: agricultural production, dry and wet milling and potential use in industry. En: Starch/Staärke. 1988, vol 40, no. 3. p. 81-87.

⁴³ FOX, B. y CAMERON, A. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. México: Limusa, 1997. p. 122 – 128.

Figura 4. Estructura de la amilopectina



FUENTE: FOX y CAMERON, 1997.

- **Humedad.** La evaluación de esta variable permite, determinar la estabilidad del almidón en el tiempo. Según Hoover⁴⁴, el contenido de humedad para almidón nativo de papa se encuentra entre 7,0 a 13,3 %.

1.2.2 Propiedades funcionales del almidón. Las características funcionales de los almidones derivan de las propiedades fisicoquímicas de los gránulos del almidón. Lajolo y Wenzel⁴⁵ mencionan que las características de: viscosidad, claridad, solubilidad, capacidad de retención de agua, hinchamiento, gelatinización y retrogradación, en los almidones son importantes en la industria de alimentos. Los almidones granulares o nativos muestran propiedades funcionales que en algunos casos son necesarias en una aplicación particular.

- **Claridad y opacidad.** Craig *et al.*⁴⁶ aclaran que la claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones.

⁴⁴ HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches. En: A review, Carboh. Polym. 2001, vol 45, No. 3. p. 253-267.

⁴⁵ LAJOLO, Franco y WENZEL Elizabete. Carbohidratos en alimentos regionales. Brasil: EDUSP, 2006. p. 31. ISBN 8531409357.

⁴⁶ CRAIG, S.; MANINGAT, C.; SEIB, P. and HOSENEY, R. Starch Paste Clarity. En: Cereal Chemistry. 1989, vol. 66, no. 3. p.173-182.

El valor de la claridad en pastas de almidón varía entre 12,5 - 95 %, en cuanto a la pasta del almidón de papa se considera como clara o transparente.

- **Gelatinización.** En el estudio presentado por *Aardappelmeel Verkoop Bureau - AVEBE*⁴⁷ menciona que los almidones nativos son insolubles en agua por debajo de su temperatura de gelatinización. Cuando los gránulos de almidón son calentados progresivamente en agua (entre los 55 – 70°C), se alcanza un punto donde comienzan a hincharse irreversiblemente; esta habilidad de los gránulos de almidón para hincharse y subsecuentemente romperse, es de gran importancia tecnológica.

Según Lindebom *et al.*⁴⁸ los rangos reportados en la literatura de la temperatura de gelatinización para almidón nativo de papa están entre 56 - 67 °C, se observa que a mayor cantidad de amilosa, mayor temperatura de gelatinización.

- **Índice de solubilidad, índice de absorción y poder de hinchamiento.** En cuanto a la solubilidad del almidón, ésta aumenta a consecuencia del hinchamiento del gránulo y del incremento de la temperatura. Tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad indican el grado de asociación existente (enlace intragranular) entre los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina). Según Fortuna *et al.*⁴⁹, los tubérculos como la papa presentan un mayor contenido de grupos fosfatos cargados negativamente, lo cual es un factor determinante del poder de hinchamiento, ya que le proporciona a la papa su gran habilidad de enlazarse con un mayor número de moléculas de agua.

⁴⁷ AARDAPPELMEEL VERKOOP BUREAU. Las féculas tomaron el control. Argentina: AVEBE [en línea]. s.f. [consulta: 24-10-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.alimentacion.enfasis.com/html2pdf>>

⁴⁸ LINDEBOOM, N.; CHANG, P. and TYLER, R. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches. *En: Review, Starch/Stärke*. 2004, vol. 56. no. 3-4. p. 89-99.

⁴⁹ FORTUNA, Teresa; JANUSZEWSKA, Renata; JUSZCZAK, Leslaw; KIELSKI, Andrzej and PALASINSKI, Mieczyslaw. The influence of starch pore characteristics on pasting behaviour. *En: International Journal of Food Science and Technology*. 2000, vol. 35. p. 285-291.

- **Viscosidad.** Según el Instituto Internacional del Almidón, *International Starch Institute* – ISI⁵⁰. la viscosidad de un gel de almidón preparado por calentamiento indirecto es medida como una fuerza de torsión sobre una aguja rotante con temperatura y velocidad constante. En el almidón de papa su pico de viscosidad está entre 800 – 2.000 centipoise (cP).

1.2.3 Extracción de almidón. De acuerdo la investigación realizada por el CIAT, CORPOICA y MADR⁵¹, cerca del 95 % del almidón en papa es recuperado para procesamiento comercial. Sin embargo, en el laboratorio la escala de producción es mucho menor, por ejemplo 50 a 60 % es considerada usualmente satisfactoria, de 1 kilogramo (kg) de papas se espera una producción de 80 a 100 gramos (g) de almidón en base seca (b.s) y entre 10 al 18% en base húmeda (b.h).

Según Vasquez⁵², a nivel industrial, el proceso de extracción de almidón de papa incluye las siguientes operaciones (figura 5):

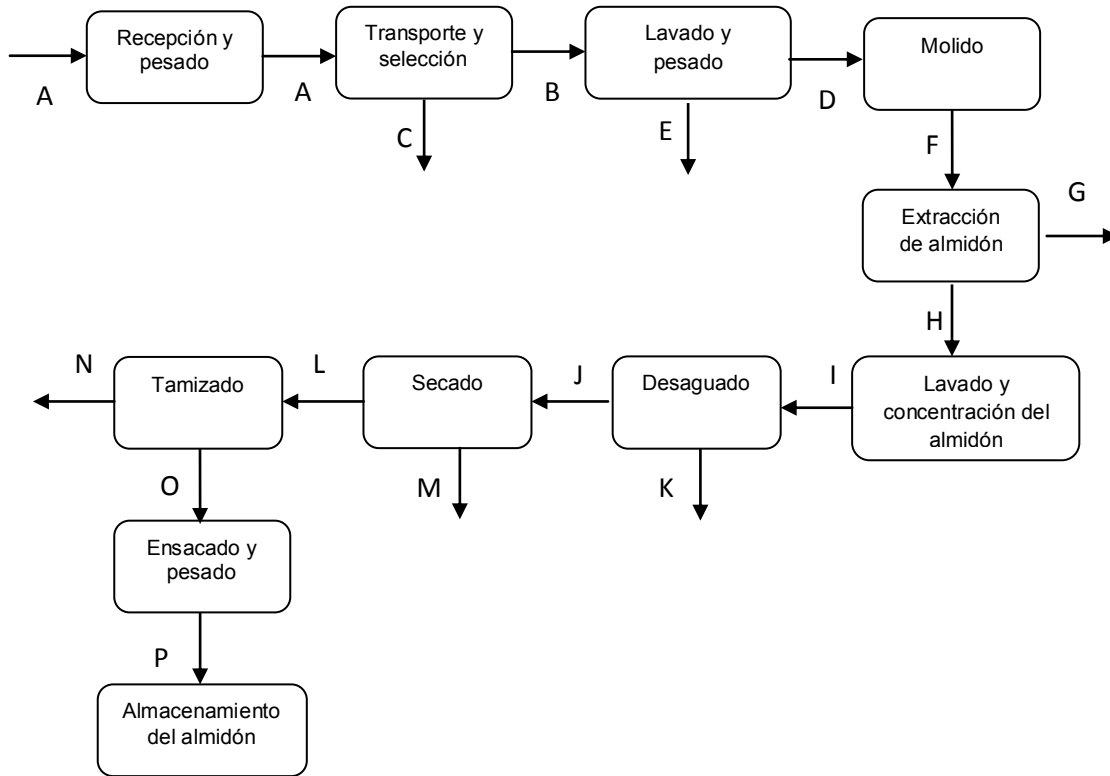
- **Recepción y pesado.** Al llegar los tubérculos de las áreas de cultivo, éstas son recibidas y pesadas en una balanza de plataforma. Luego se descargan y se almacenan.

⁵⁰ INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE – ISI. Determination of viscosity of starch by Brookfield. ISI 17-1e. [en línea]. 2002. En: Laboratory methods. Dinamarca: Aarhus. [consulta: 26-01-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>>.

⁵¹ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Op cit.

⁵² VASQUEZ, Hugo. Proceso Productivo del Almidón. [en línea]. s.f. [consulta: 06-10-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.almidones.org/alm/proceso.htm>>.

Figura 5. Diagrama de bloques del proceso industrial de extracción de almidón nativo de papa



CONVENCIONES

- | | |
|-------------------------|---|
| A: papas | I: almidón concentrado |
| B: papas seleccionadas | J: almidón desaguado |
| C: papa descartada | K: agua + celulosa + partículas raspado |
| D: papa lavada y pelada | L: almidón seco |
| E: cáscara e impurezas | M: agua |
| F: papa rayada | N: impurezas |
| G: celulosa | O: almidón ensacado y pesado |
| H: lechada | P: almidón |

- **Transporte y selección.** Las papas son transportadas mediante bandas transportadoras desde el lugar de almacenamiento hacia el lavador, manteniendo una alimentación uniforme. La selección se realiza visualmente a lo largo de la

banda transportadora, eliminando a los tubérculos que no sean aptos de conseguir la calidad apropiada.

- **Lavado y pelado.** En la lavadora-peladora, los tubérculos son perfectamente lavados y pelados con ayuda del agua, quitando la suciedad, mientras que la cáscara es pelada por abrasión utilizando un sistema de raspado. La papa limpia y pelada se traslada luego hacia el molino.
- **Molido.** La papa es transportada por una banda transportadora a una tolva la cual se dosifica al molino. En esta fase, las papas son rayadas hasta convertirlas en una pasta fina (crema).
- **Extracción de almidón.** Se separa el almidón de la celulosa, para ello se utiliza un extractor múltiple. Esta máquina, utilizando la fuerza centrífuga, tamiza (separa) el almidón de la celulosa (afrecho o fibra).
- **Lavado y concentración del almidón.** La lechada que viene de los extractores contiene proteína, materia grasa, sustancias contaminantes, entre otras, y sustancias insolubles como la celulosa y partículas del raspado. Esta lechada es recibida en un tanque del cual se trasvasa, mediante una bomba, hacia los hidrociclones para quitarle toda el agua, lavarla y concentrarla.
- **Desaguado.** El almidón es llevado a las centrifugas donde es desaguado hasta obtener una humedad del 38%. En estas condiciones el almidón es transportado mediante un gusano al secador instantáneo.
- **Secado.** El almidón húmedo es tratado mediante una corriente de aire caliente el cual al chocar con el almidón hace que éste se disperse. Simultáneamente, el aire se satura de la humedad del almidón.

- **Tamizado.** Para que el almidón esté perfectamente refinado, se le tamiza en mallas con diámetros de partícula fina.
- **Ensacado y pesado.** El producto se envasa en bolsas de polipropileno a través de un dosificador que se encuentra incorporado al tamizador antes mencionado. Luego es pesado y llevado al almacén de productos terminados.
- **Almacenamiento del almidón.** El almidón obtenido se debe guardar en un lugar seco y fresco, construido especialmente para ello.

1.2.4 El almidón en la industria de los alimentos. La variedad de aplicaciones del almidón de papa se debe a la amplia gama de propiedades funcionales que ofrece para la preparación de alimentos y en otras industrias. En el proyecto para la industrialización de la papa de ECODEPA S.R.L.⁵³, el almidón en la industria de alimentos se emplea como:

- **Fuente de glucosa y fructosa.** Se utiliza como endulzante de diversos alimentos.
- **Espesante.** Porque da cuerpo y textura al alimento preparado.
- **Agente coloidal.** El almidón de papa produce geles firmes y resistentes, cualidad indispensable en la preparación de ciertos productos como por ejemplo caramelos de goma. Las propiedades y protección coloidal del almidón imparten textura, sabor y apariencia a los alimentos preparados.

⁵³ EMPRESA COMERCIALIZADORA DE DERIVADOS DE LA PAPA ECODEPA S.R.L Op. cit.

- **Agente Inerte.** Como diluyente retenedor de humedad y movilizante de productos que deben conservar ciertas cualidades durante su envase y almacenamiento.
- **Aglutinante.** En la preparación de salchichas y embutidos mejora la consistencia de las pastas pues el almidón, mantiene los ingredientes unidos.
- **Modificador.** Mejora el sabor y la textura de las galletas *crackers*. Regula las harinas preparadas, ajustando la fuerza de gluten.
- **Emulsificante.** Produce una emulsión estable en la preparación de la mayonesa y sales similares.

A continuación se relaciona una lista de alimentos, donde el almidón juega un papel importante en su textura:

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| – Azúcar en polvo | – Embutidos |
| – Café soluble | – Frutas congeladas |
| – Cereales | – Polvo hornear |
| – Mieles y jarabes de mesa | – Galletas |
| – Chocolates | – Harinas preparadas |
| – Cocoa soluble | – Leche condensada |
| – Conservas | – Salsa de tomate |
| – Dulces, mermeladas, jaleas | – Sopas |

1.2.5 Situación del almidón en Colombia. El mercado mundial de almidones representa alrededor de 33 millones de toneladas anuales. Actualmente en Colombia, una gran parte del almidón utilizado en la industria de alimentos, es el almidón nativo y modificado de papa, maíz y yuca, el cual debe ser en su mayoría

importado, de Estados Unidos y Brasil. Según el MADR y el IICA⁵⁴, en Colombia se producen 1.000 toneladas (Tn) de almidón nativo de papa al año, pero esta producción no alcanza a satisfacer la demanda interna de 7.000 Tn, Por ello, la producción de almidón en Colombia presenta una balanza comercial negativa, ya que son mayores las cantidades que se importan que la capacidad de la agroindustria nacional para producirlo en el país.

Según información suministrada por CORPOICA⁵⁵, para los directivos de la empresa ALMICOR, se conocen que existen varios limitantes para la producción de almidón de papa en Colombia, como lo es la fluctuación de los precios por la escasez de materia prima y la escasa la investigación a nivel agroindustrial, ya que se desconoce en el mercado que existan variedades mejoradas con aptitud de uso para la producción de almidones nativos.

En el año 2002 el CIAT, CORPOICA y el MADR⁵⁶ realizaron el proyecto de investigación y transferencia de tecnología sobre calidad de almidones, azúcares y valoración energética de materiales de papa, en él se establecieron como metas: la dotación y adecuación del laboratorio para el estudio y análisis de materiales de papa y la implementación de metodologías para la evaluación de parámetros industriales, tales como contenido de almidón por vía húmeda y por vía enzimática, azúcares totales y reductores, poder energético además de valoraciones fisicoquímicas como acidez, color, pH, materia seca y actividad acuosa.

⁵⁴ COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA – IICA. Acuerdo marco de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Op. cit.

⁵⁵ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Op. cit.

⁵⁶ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Op cit.

A pesar del gran potencial presente en la especie *Solanum tuberosum* para la extracción de almidón es necesario profundizar en la investigación de temas relacionados como el mejoramiento genético, la cosecha, y agroindustria tanto en sus características físicas como sus propiedades funcionales, que conduzcan a identificar y seleccionar variedades con las características que demandan los agricultores de papa, así como los demandantes de materia prima en este caso los industriales.

2 DISEÑO METODOLÓGICO

En el Centro de Investigación Tibaitatá de CORPOICA, ubicado en el Municipio de Mosquera, del Departamento de Cundinamarca, se sembró en el lote denominado No. 5; 81 clones de papa, procedentes del Programa de Mejoramiento Genético de Papa que tiene CORPOICA. Los clones utilizados en la evaluación, se encuentran en diferente grado de procesamiento así: 34 clones avanzados con aptitud de consumo en fresco proceden del Bloque de Selección 2; 44 clones con aptitud de consumo en fresco provienen de los aumentos (clones listos para evaluarlos en fincas de agricultores) y 3 más vienen del aumento de clones con aptitud de procesamiento (bastones y chips) y pertenecen a la especie *Solanum tuberosum* subespecie andigenum.

Este Centro se encuentra a una altura de 2543 msnm, con una precipitación media anual de 693 milímetros (mm), humedad relativa de 79% y una temperatura media de 12,9 °C, con coordenadas de 4° 42' de latitud norte y 74° 12' de longitud oeste. El suelo presenta textura arcillosa, fertilidad media y un pH de 5,9. Aquí mismo se llevó a cabo la caracterización agronómica, morfológica y fisicoquímica de los clones avanzados, además se realizó la extracción del almidón, la caracterización fisicoquímica y funcional del mismo.

Para el presente trabajo se registraron fotográficamente en etapa reproductiva los clones que fueron identificados del 1 al 81 para mantener la confidencialidad de información, según lo establecido con CORPOICA. Se eligieron 3 plantas de cada clon para su caracterización, realizando una investigación de tipo descriptiva, en la cual se observaron las características de los clones de papa evaluados. Además, de estas se tomaron al azar 2 kilogramos (kg) de tubérculos, para realizar las diferentes pruebas de procesamiento, que fueron realizadas por duplicado debido a la poca cantidad de materiales cosechados.

2.1 IDENTIFICACION DE CLONES PROMISORIOS PARA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

Al cultivo se le realizó un seguimiento en campo para su caracterización vegetativa y reproductiva.

2.1.1 Caracterización en etapa vegetativa. Durante la caracterización en la etapa vegetativa, se trabajó con las variables indicadas en el cuadro 3. Inicialmente se registró en el formato presentado en el cuadro 4, el número secuencial de los clones, el número de tubérculos sembrados y la cantidad de surcos sembrados. Se tomó el número de plantas en emergencia y su altura, empleando para esta última una regla. Se observó y calificó el vigor, el hábito de crecimiento, el color del tallo y la forma de las alas, teniendo en cuenta para ello los descriptores propuestos por el Centro Internacional de la Papa – CIP (anexo A). Además, para determinar el grosor del tallo se empleó un calibrador.

Cuadro 3. Variables para la caracterización de clones de papa en etapa vegetativa

Variable	
V1	Emergencia (No.)
V2	Altura de la planta (cm)
V3	Grosor tallo (cm)
V4	Hábito crecimiento*
V5	Vigor*
V6	Color de tallo*
V7	Forma alas de tallo*

*Según descriptores propuestos por el CIP

Cuadro 4. Formato para recolección de datos en etapa vegetativa

Clon No.	No. Tubérculos Sembrados	No. Surcos Sembrados	Emergencia No.	Vigor	Hábito Crecimiento	Altura Planta (cm)	Tallo			Observaciones
							Color	Forma Alas	Grosor (cm)	

FUENTE: CORPOICA, 2008

2.1.2 Caracterización en etapa de reproductiva. Esta etapa reunió la floración de la planta y la cosecha del tubérculo. Los materiales fueron registrados fotográficamente presentando solo un ejemplo por la confidencialidad de imágenes exigida por CORPOICA.

- **Floración.** En las fotografías tomadas a las flores de cada material se tuvo en cuenta la parte frontal y el envés de la flor. Se valoró el color primario, su intensidad, el color secundario y su intensidad; también se estableció el grado de floración, color de pedicelo, color del cáliz y forma de la corola. Al terminar la etapa de floración, se evaluó el color primario, color secundario y forma de las bayas, las caracterizaciones se realizaron teniendo en cuenta los descriptores propuestos por el CIP y presentados en el anexo A. Finalmente se tomó fotos de la parte superior, inferior y frontal de las bayas. Todos estos datos, obtenidos durante la caracterización, fueron registrados en el formato presentado en el cuadro 5.

Cuadro 5. Formato para recolección de datos en etapa de floración

Clon No.	Flor				Bayas			Floración				Observaciones
	Color primario	Intensidad	Color secundario	Distribución	Color primario	Color secundario	Forma	Grado Floración	Color Pedicelo	Color Cáliz	Forma Corola	

FUENTE: CORPOICA, 2008

En el cuadro 6 se muestran las variables que fueron utilizadas en el transcurso de la caracterización en la etapa reproductiva de los clones de papa y valoradas según los descriptores del CIP (anexo A).

Cuadro 6. Variables para la caracterización de los clones de papa en etapa reproductiva

Variables	
V8	Color primario flor
V9	Intensidad
V10	Color secundario flor
V11	Distribución
V12	Color de baya
V13	Pigmentación o puntos
V14	Forma baya
V15	Grado de floración
V16	Color pedicelo
V17	Color cáliz
V18	Forma corola

- **Cosecha.** Para esta caracterización se evaluó el color primario, color secundario y distribución del color en la cáscara y la carne (pulpa) del tubérculo, la forma predominante del tubérculo y la profundidad de ojos, mientras que las formas de los tubérculos fueron evaluadas según figuras relacionadas en el anexo B y todas estas variables se valoraron de acuerdo a los descriptores establecidos por el CIP relacionados en el anexo A., los datos fueron registrados en el formato presentado en el cuadro 7. Por último se tomaron fotos de la parte frontal del tubérculo y cortado en dos.

Cuadro 7. Formato para recolección de datos en etapa de cosecha

Clon No.	Color de tubérculo				Color de la carne (pulpa)				Tubérculo		
	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Forma	Forma Rara	Ojos

FUENTE: CORPOICA, 2008

Las variables empleadas para esta etapa se presentan en el cuadro 8 y fueron evaluadas según los descriptores del CIP (anexo A).

Cuadro 8. Variables para la caracterización de los clones de papa en etapa de cosecha

Variables	
V19	Color primario tubérculo
V20	Intensidad
V21	Color secundario del tubérculo
V22	Distribución
V23	Color primario de la carne
V24	Intensidad color carne
V25	Color secundario de la carne
V26	Distribución
V27	Forma del tubérculo
V28	Forma rara del tubérculo
V29	Ojos del tubérculo

2.1.3 Caracterización básica de los tubérculos. Esta caracterización se realizó con el fin de seleccionar los clones avanzados de papa por su potencial para la producción de almidones nativos. A los tubérculos cosechados de papa se les determinó: gravedad específica, materia seca y almidón (cuadro 9). Los porcentajes se dan en base húmeda.

Cuadro 9. Variables para la caracterización básica de los tubérculos

Variable	
V30	Gravedad específica
V31	Agua (%)
V32	Materia seca (%)
V33	Almidón (%)

- **Determinación de la gravedad específica.** Esta propiedad se determinó empleando la técnica de peso en el aire - peso en el agua descrita por Shaw y

Booth⁵⁷. Primero se registró el peso en el aire de los tubérculos colocados en una canastilla, luego esta fue sumergida en el agua completamente y se colocaron las mismas papas dentro de la canastilla, tomando nota del peso y de la temperatura del agua. La gravedad específica se calculó con la siguiente ecuación:

$$GS = \left(\frac{Pa}{Pa - Pw} \right)$$

Donde:

GS: gravedad específica

Pa: peso en el aire

Pw: peso en el agua

Es importante señalar que los tubérculos con una temperatura de tejido mayor a 10°C (50°F) dan una lectura de peso específico diferente, por lo tanto los datos obtenidos se corrigieron con los factores de corrección de gravedad específica de la papa, tabulados a diferentes temperaturas del agua. La tabla empleada se presenta en el anexo C.

- **Determinación de los porcentajes de materia seca y almidón.** Debido al alto número de muestras que fueron evaluadas, para determinar el contenido aproximado de materia seca y almidón, se empleó una tabla relacionada en el anexo D, que según Houghland⁵⁸ correlaciona estas variables con la gravedad específica.

- **Determinación de los porcentajes de agua.** A partir del valor de materia seca encontrado, la humedad se calculó por diferencia según la siguiente ecuación:

⁵⁷ SHAW, Roy and BOOTH, Robert. Simple processing of dehydrated potatoes and potato starch. Lima: Centro Internacional de la Papa – CIP, 1980. p. 9.

⁵⁸ HOUGHLAND, G. New conversion table for specific gravity, dry matter, and starch in potatoes. En: American Potato Journal. 1966, vol.43. p.138.

$$\% H = 100 - \% ms$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad

%ms: porcentaje de materia seca

2.1.4. Selección de clones promisorios para la extracción de almidón. Para identificar los clones promisorios se procedió a evaluar los promedios de las variables de caracterización básica de tubérculos.

2.2 EVALUACIÓN DE CLONES PROMISORIOS

A partir de la caracterización básica a los tubérculos de los clones avanzados y teniendo en cuenta los requerimientos establecidos por la industria para la extracción de almidones nativos, se seleccionaron los 17 clones promisorios de papa, a los que se les evaluó sus características físico-químicas y se les extrajo el almidón nativo. Posteriormente se realizó una caracterización fisicoquímica y funcional de los almidones nativos extraídos por cada clon, con el fin de determinar la calidad del mismo. Esto permitió la selección de los clones avanzados de papa que produjeran almidones nativos con la mejor calidad y condiciones exigidas.

2.2.1. Caracterización fisicoquímica de los tubérculos seleccionados. Los clones cuyo promedio estadístico se encontró dentro de los rangos establecidos por la industria, se les determinó: cenizas, pH, proteína y azúcares reductores. Las variables a evaluar se presentan en el cuadro 10 y los porcentajes se dan en base húmeda.

Cuadro 10. Variables para la caracterización fisicoquímica del tubérculo

Variables	
V34	Azúcares reductores (%)
V35	Proteína %)
V36	Cenizas (%)
V37	pH

- **Determinación de azúcares reductores por el método del ácido 3,5-dinitrosalisílico (DNS).** Este método colorimétrico propuesto por Miller⁵⁹, se basa en la reducción del DNS de color amarillo por la glucosa u otro azúcar reductor al ácido 3-amino-5-nitrosalicílico de color rojo ladrillo, cuya presencia puede detectarse por lectura de la absorbancia en la zona de 540-575 nm.

Para la curva de calibración se trabajó con una solución patrón de glucosa de 0,5mg/ml. Los tubos fueron incubados por 5 min a temperatura de ebullición (Bogotá: 92°C). Posteriormente se les adicionó 1 ml de agua destilada y se enfriaron en agua con hielo durante 10 min en la oscuridad. Finalmente se leyó la absorbancia a 540 nm en el espectofotómetro marca Spectronic 601, obteniendo la pendiente, intersección y correlación de la curva de calibración.

En la preparación de las muestras se tomaron las papas, se licuaron en seco y se tomaron 10 g de cada una de las muestras homogenizadas. Se licuó nuevamente con aproximadamente 80 ml de agua destilada. El licuado se aforó a 100 ml, se homogenizó y se tomaron 50 ml de cada muestra, los cuales fueron transferidos a tubos de centrifuga y se centrifugó a 2.500 rpm por 15 minutos en una centrifuga marca IEC International Centrifuge Model PR-2 serie A5211 x-1. Luego se tomó parte del sobrenadante para realizar la dilución de trabajo (150 microlitros (µl) de muestra + 350 µl agua). Posteriormente las muestras fueron tratadas de la misma forma que los patrones para la curva de calibración y con los datos obtenidos de la

⁵⁹ MILLER, G. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. En: Analytical Chemistry, 1959, v.31 no. 3. p. 426–428.

curva de calibración fue leída la concentración de las muestras a 540 nm en el espectrofotómetro Spectronic 601.

Para determinar el contenido de azúcares reductores se empleó la ecuación:

$$A_R = C \times F$$

Donde:

[A_R]: azúcares reductores

[C]: concentración leída en el espectrofotómetro

F: factor de dilución

- **Determinación de proteínas por método Biuret.** Este método colorimétrico según la *Association of Official Analytical Chemists - AOAC*⁶⁰ 935.11, se basa en que las proteínas y péptidos reaccionan con iones de cobre en solución alcalina, formando un quelato color violeta de configuración desconocida. La intensidad de color es directamente proporcional a la concentración de proteínas presente en la muestra.

La curva de calibración realizada relacionó la absorbancia con la concentración de una solución patrón de caseína a razón de 1g/100ml. Los tubos fueron incubados por 15 minutos (min) en baño maría a una temperatura de 37 °C, luego se enfriaron cuidadosamente en un chorro de agua fría y se leyó la absorbancia a 540 nanometros (nm) en un espectrofotómetro marca Spectronic 601 Milton Roy Serie 3610184014 (figura 6), el cual arroja los datos de la curva de calibración como lo son la pendiente, intersección y correlación.

⁶⁰ ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of the AOAC. Estados Unidos: AOAC, 2005. 18 ed.

Figura 6. Espectrofotómetro Spectronic 601 Milton Roy



Para la preparación de las muestras se tomaron las papas y se licuaron en seco, en una balanza analítica, se pesaron 10g de cada muestra homogenizada. Se licuó nuevamente con aproximadamente 80 ml de agua destilada. El licuado se aforó a 100 ml y se homogenizó. Fueron transferidos 50 ml de cada muestra a tubos de centrifuga y se centrifugó a 2.500 revoluciones por minuto (rpm) por 15 min en una centrifuga marca IEC International Centrifuge Model PR-2 serie A5211 x-1. Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento empleado para la preparación de los patrones de la curva de calibración y con los datos obtenidos de la curva, se determinó la concentración de las muestras a 540 nm en el espectrofotómetro Spectronic 601.

Para determinar el contenido de proteínas se empleó la siguiente ecuación:

$$P_T = C \times F$$

Donde:

[P_T]: proteínas totales

[C]: concentración leída en el espectrofotómetro

F: factor de dilución

- **Determinación de cenizas.** Para determinar cenizas, se empleó la metodología de la AOAC⁶¹, número 940.26/05 la cual se basa en la pérdida gravimétrica por calentamiento. Este método analítico proporciona una estimación del material mineral presente en la muestra incluyendo metales, sales y trazas de elementos.

Para determinar el contenido de ceniza se formó un puré con cada muestra representativa de cada clon de papa y se pesó 2g en un crisol previamente tarado. Las muestras se carbonizaron en una plancha de calentamiento hasta que no hubo presencia de volátiles y vapores. Luego se calcinaron las muestras en una mufla marca Thermolyne (figura 7), manteniendo la temperatura durante tres horas a 550°C hasta obtener cenizas blancas. Por último, se pasó los crisoles al desecador, se dejó enfriar para finalmente pesarlos. El contenido de ceniza se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_R}{P_w} \times 100$$

Donde:

P_R: peso residuo

P_w: peso inicial de la muestra

⁶¹ Ibid.

Figura 7. Mufla marca Thermolyne



- **Determinación de pH.** El valor de pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una muestra, para ello se empleó la técnica de la AOAC⁶² número 943.02/05. La papa fue llevada a puré y mediante un pH-metro marca Orion modelo 611 (figura 8) a una temperatura de 20°C, se realizó la lectura directa.

Figura 8. pH-metro Orion

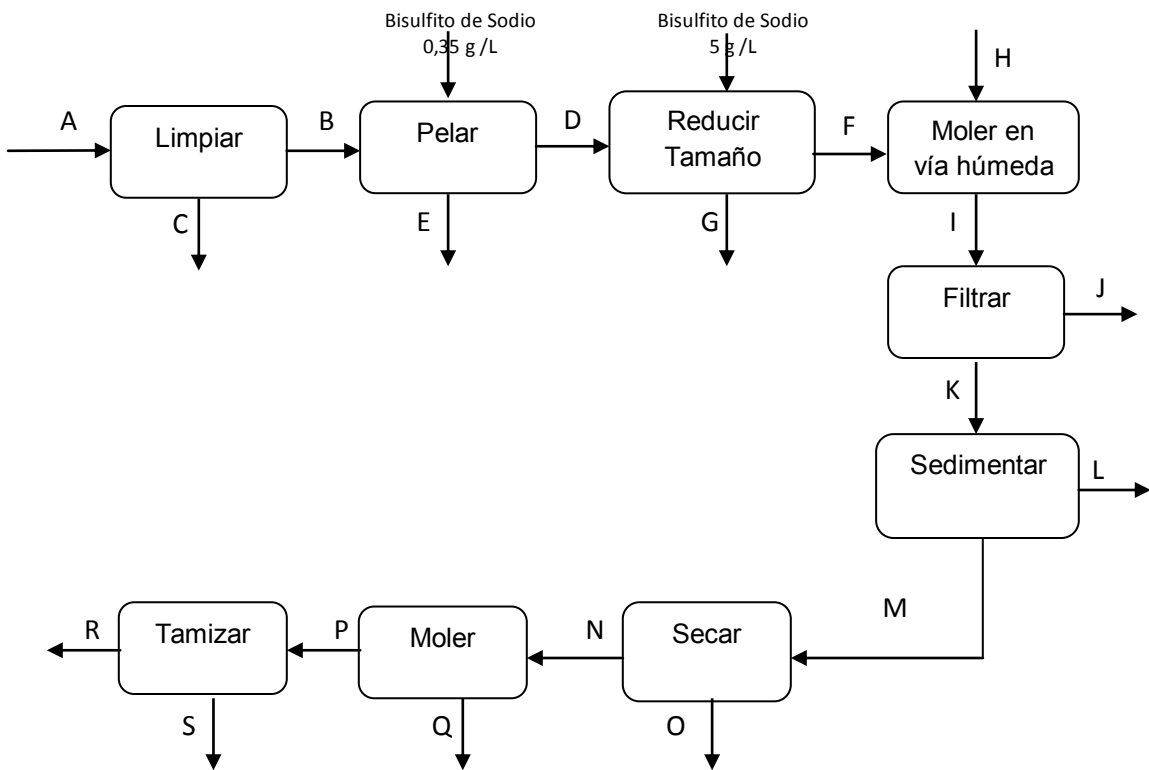


2.2.2 Proceso de extracción del almidón nativo de papa. Se trabajó bajo el método de Singh y Singh⁶³, tomando 1kg de cada uno de los 17 clones promisorios de papa evaluadas. En la figura 9 se observa el diagrama de flujo de bloques del proceso de extracción de almidón nativo de papa y a continuación se presenta la metodología del proceso de extracción.

⁶² ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Op. cit.

⁶³ SINGH, J. and SINGH, N. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. En: Food Chemistry. 2001, vol. 75. p. 67–77.

Figura 9. Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón nativo de papa



CONVENCIONES

A: papa	L: pérdidas en la sedimentación
B: papa limpia	M: sedimentado
C: pérdidas en limpieza	N: almidón seco
D: papa pelada	O: agua
E: cáscara	P: almidón pulverizado
F: papa cortadas	Q: pérdidas en molienda
G: pérdidas en la reducción de tamaño	R: almidón
H: agua	S: pérdidas en tamizado
I: licuado	
J: afrecho	
K: filtrado	

- **Limpieza.** Las papas fueron lavadas, en forma manual para retirar impurezas y partículas extrañas del tubérculo.
- **Pelado.** Se retiró la cáscara y las partes indeseables de la papa con un cuchillo especial denominado pelapapa.
- **Reducción de tamaño.** Se fraccionaron las papas con la ayuda de un procesador de alimentos marca Skymssen, en cubos de 1 cm³ con el fin de reducir el tamaño y espesor del tubérculo para facilitar su molienda y fueron colocadas en 1L de agua destilada con 0,35 g de metabisulfito de sodio para evitar su pardeamiento.
- **Molienda en vía húmeda.** Esta operación se realiza con el fin de incrementar el área de contacto entre el agua y el almidón para facilitar la extracción de almidón. Las papas fueron licuadas en una licuadora marca Oster. Una vez obtenido el licuado de papa se agregó nuevamente metabisulfito (aproximadamente 5g/L) para evitar la oxidación de la pulpa (oscurecimiento) y la aparición de puntos o manchas negras en el almidón.
- **Filtrado.** El licuado de papa fue filtrado a través de una muselina y el residuo se lavó varias veces con agua destilada hasta que el líquido efluente fue claro.
- **Sedimentación.** El filtrado se dejó reposar durante 24 horas y luego, para recuperar el sedimentado, el agua se retiró y filtró para separar el almidón que aún pudiera estar suspendido en el agua.
- **Secado.** La pasta resultante se extendió sobre bandejas que fueron llevadas a un deshidratador con recirculación de aire (figura 9), a una temperatura entre 40 - 45°C, por un periodo de dos horas aproximadamente.

Figura 10. Deshidratador de Bandejas



- **Molienda.** El almidón obtenido fue llevado a un molino pulverizador marca Cemotec® 1090 Sample Mill, para disminuir el tamaño de partícula.
- **Tamizado.** Se llevó el almidón pulverizado por el tamiz número 100 para retirar impurezas y finalmente fue almacenado en bolsas con cierre hermético.

Durante todo el proceso se registraron los pesos en la etapa de limpieza, pelado, fraccionado, secado, molienda y tamizado, con el fin de realizar el balance de materia y determinar el porcentaje de pérdidas para cada clon de papa evaluado. Para el balance se empleó la siguiente ecuación:

$$A = B + C$$

Donde:

A: material que entra

B: material que sale

C: pérdidas

El rendimiento de los materiales evaluados para la obtención de almidón, se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P_{al}}{P_p} \times 100$$

Donde:

R: rendimiento

P_{al}: peso almidón

P_p: peso inicial de la papa

Así pues, para evaluar cada clon de papa se tuvo en cuenta la variable rendimiento como se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 11. Variable para cuantificación de rendimiento

Variable	
V38	Rendimiento de extracción (%)

2.2.3 Características fisicoquímicas de los almidones extraídos. A continuación se describen las metodologías empleadas experimentalmente para la cuantificación de éstas características. En el cuadro 12 se presentan las variables empleadas.

Cuadro 12. Variables para la caracterización fisicoquímica de los almidones extraídos

Variables	
V39	Amilosa (%)
V40	Amilopectina(%)
V41	Humedad (%)

- **Determinación de amilosa y amilopectina.** Para la determinación de la amilosa se empleó una combinación de los métodos descritos por Miller⁶⁴ y Mc Grace *et al.*⁶⁵. La curva de calibración se trabajó con una solución patrón de amilosa de papa 0,05 mg/ml, con 2 ml de dimetilsulfóxido que fue llevado a un baño termostataado a 85 °C por 15 min, luego se adicionó 0,2 g de tartrato de sodio - potasio y posteriormente se aforó con agua destilada.

Posteriormente se tomó una alícuota y se le adicionó 20 µL de una disolución de yodo - yoduro de potasio para formar un complejo con la amilosa presente en el almidón, dejándolo durante 20 min en la oscuridad. A esta mezcla en conjunto se le midió la absorbancia a una longitud de onda de 600 nm en el espectrofotómetro marca Spectronic 601, obteniendo la pendiente, intersección y correlación de la curva de calibración.

Para preparar las muestras se pesó 0,01 g de almidón y se siguió el mismo procedimiento empleado para la preparación de los patrones de la curva de calibración y con los datos obtenidos de la curva de calibración fue leída la concentración de las muestras a 600 nm en el espectrofotómetro marca Spectronic 601.

Para determinar la amilosa se empleó la siguiente ecuación:

$$A_m = C \times l$$

⁶⁴ MILLER, Dennis. Química de Alimentos: Manual de Laboratorio, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. p.13. ISBN 9977677859.

⁶⁵ MC GRANCE, S.; CORNELL H. and RIX J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. En: Starch/Stärke. 1998, vol. 50.

Donde:

[A_m]: amilosa

[C]: concentración leída en el espectrofotómetro

F: factor de dilución

El contenido de amilopectina se obtuvo por diferencia empleando la siguiente ecuación:

$$A_p = 00 - A_m$$

Donde:

A_p : amilopectina

A_m : amilosa

- **Determinación de los porcentajes de humedad.** Para la prueba de humedad se siguió el método la AOAC número 925.10/05. Se pesaron 2g de cada muestra en cápsulas de porcelana previamente taradas, luego las muestras fueron llevadas a una estufa de secado marca Memmert ULE 400 a una temperatura de 95-100°C durante tiempo suficiente para lograr peso constante. Por último, se enfriaron en el desecador y posteriormente se pesaron.

Para realizar los cálculos respectivos se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \left[100 - \left(\frac{P_s}{P_i} \times 100 \right) \right]$$

Donde:

P_s : peso final

P_i : peso inicial de la muestra

2.2.4 Características funcionales de los almidones extraídos. Posteriormente se realizaron pruebas funcionales, que determinaron el comportamiento del almidón nativo en los diferentes procesos de transformación, para las diferentes industrias. En el cuadro 13 se relacionan las variables empleadas para determinar las características funcionales de los almidones extraídos en base seca.

Cuadro 13. Variables para la caracterización funcional de los almidones extraídos

Variables	
V42	Claridad – Opacidad (%)
V43	Temperatura de gelatinización (°C)
V44	Índice de Absorción Agua (g gel / g muestra)
V45	Índice de Solubilidad en Agua (%)
V46	Poder de Hinchamiento (%)
V47	Viscosidad (cP)

- **Determinación de claridad - opacidad.** La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones. La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante, mide su claridad.

La claridad de las pastas de almidón al 1% peso a peso (p/p), previamente gelatinizadas y enfriadas a temperatura ambiente se evaluó de acuerdo al método de Bello-Pérez *et al.*⁶⁶, determinando el porcentaje de transmitancia (%T) en un

⁶⁶ BELLO-PÉREZ, Luis; ACEVEDO, Edith; SÁNCHEZ, Laura y PAREDES, Octavio. Isolation and partial characterization of banana starches. *En: Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, vol. 47, no.3. p. 854-857.

espectrofotómetro marca Genesys 10 UV (figura 11), a 650 nm y tomando como blanco agua destilada.

Figura 11. Espectrofotómetro Genesys 10 UV



- **Determinación de temperatura de gelatinización.** Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización.

La técnica usada fue la de Grace⁶⁷, para ello se pesó 5 g de almidón en base seca se disolvió en agua destilada y se completó a 100 ml, se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85 °C, se tomó 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml. Luego se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C, se agitó con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se formó una pasta y la temperatura permaneció estable por unos segundos, posteriormente se leyó la temperatura de gelatinización.

⁶⁷ GRACE, M. Elaboración de la yuca. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 1977. p 116.

- **Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.** La técnica usada fue la de Anderson *et al.*⁶⁸, donde los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón.

Para determinar estos índices se pesó 1,25 g de almidón en base seca (bs) en tubos de centrifuga y se les adicionó 30 ml de agua destilada precalentada a 60°C, se colocaron en baño termostático a 60°C durante 30 minutos, agitando la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. Luego se centrifugó a temperatura ambiente a 4.900 rpm durante 30 minutos, en una centrifuga marca IEC International Centrifuge Model PR-2 serie A5211 x-1. En seguida, se separó el sobrenadante, se midió el volumen, empleando para ello una probeta y se pesó el tubo de centrifuga con el gel. Se tomó 10 ml del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitados de 50 ml (previamente pesado). Finalmente se secó en una estufa de secado marca Memmert UFE 800, a 70 °C y se pesó el vaso de precipitados con los insolubles.

Para los cálculos se emplearon las siguientes ecuaciones, teniendo en cuenta que los pesos se expresaron en gramos y los volúmenes en mililitros.

$$IAA = \frac{P \text{ gel}}{P \text{ muestra}}$$

$$ISA = \frac{\left(\frac{V \text{ sol}}{V \text{ Al}} \right) \times P}{P \text{ muestra}} \times 100$$

⁶⁸ ANDERSON, R.; CONWAY, H.; PHEISER, V. and GRIFFIN, E. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. En: Cereal Science Today. 1969, vol. 14. p. 4-12.

$$PH = \frac{P_{gel}}{P_{muestra} - P_{sol}}$$

Donde:

IAA: índice de absorción de agua

P gel: peso del gel

P muestra: peso de la muestra en base seca

ISA: índice de solubilidad en agua

P sol: peso de solubles

V Al: volumen de la alícuota

V: volumen medido

PH: poder de hinchamiento

- **Determinación de viscosidad.** Se empleó la técnica del *Internacional Starch Institute*- ISI número 17-1e⁶⁹, la cual se fundamenta en que la viscosidad de un gel de almidón preparado por calentamiento indirecto es medida como una fuerza de torsión sobre una aguja rotante con temperatura y velocidad constante, para esto, en un beaker de 500 mL, se preparó una suspensión de almidón al 5%, se colocó en baño de maría en ebullición por 15 min, posteriormente se bajó la temperatura a 25 °C y se usó el viscosímetro de Brookfield (figura 12) para leer la viscosidad en centipoise (cP) y el porcentaje de torque, controlando el número de aguja y las rpm, buscando obtener una lectura próxima al 99% de torque. La lectura se realiza directamente en el instrumento.

⁶⁹ INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE – ISI. Op. cit.

Figura 12. Viscosímetro de Brookfield DV-E



2.3 METODO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados producto de las evaluaciones se organizaron en una base de datos para ser procesados estadísticamente mediante el paquete *Statistical Analysis System* - SAS® versión 9.1⁷⁰.

- **Estadística descriptiva.** Para el análisis de todos los datos obtenidos se aplicó la estadística descriptiva o simple, que según Daniel⁷¹, permite condensar los datos obtenidos y de esta manera solo se trabaja con aquellos valores representativos del conjunto de datos, como las medidas de tendencia central, entre las que se encuentra el promedio o media aritmética.

Además se tiene en cuenta las medidas de dispersión, que conllevan información respecto a la cantidad total de la variabilidad presente en el conjunto de datos, como la desviación estándar que es una medida de variación. Sin embargo para

⁷⁰ SAS INSTITUTE INC. *Statistical Analysis System* - SAS® versión 9.1. [Programa de computador en disco] EEUU. 2003.

⁷¹ LITTLE, Thomas. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. México: Trillas. 1976. p.21-30.

comparar la dispersión de dos conjuntos de datos se emplea el coeficiente de variación, que es una medida de la variación relativa, expresada en porcentaje y es independiente de la unidad de variación. Así mismo se tienen en cuenta los valores de máximos y mínimos para observar el rango de los datos obtenidos en cada variable.

Los clones fueron identificados teniendo en cuenta los requerimientos de la industria. Para Estrada⁷², por ejemplo, el tubérculo de papa de buena calidad debe contener como mínimo una gravedad específica de 1,085 y como se indica en el Capítulo 1 numeral 1.1.7, el contenido de agua debe estar por debajo del 80%, la materia seca debe ser mayor al 22% y el almidón encontrarse por encima del 16%. En tal sentido se realizaron promedios para identificar los clones promisorios que cumplieran las características señaladas anteriormente.

- **Análisis de correlación de Pearson.** Con los datos de las 21 variables cuantitativas estudiadas para los clones seleccionados se realizó una matriz de correlación con el fin de evidenciar la similitud entre variables para observar si se correlacionan en forma directa y significativa con un coeficiente de correlación $r > 0,90$.

Debido a la alta correlación entre variables, como lo menciona Pla⁷³ fue conveniente la aplicación del análisis de componentes principales para conocer cuales variables discriminan a los clones en estudio y teniendo en cuenta que la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

- **Análisis de componentes principales.** A partir de la matriz de correlación y con el uso de un modelo matricial se realizó el análisis de componentes

⁷² ESTRADA, Nelson. Op. cit.

⁷³ PLA, L. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Estados Unidos: Organización de los Estados Americanos – OEA. 1986.

principales que de acuerdo a lo indicado por Pla⁷⁴ es la transformación de las variables originales a un conjunto de variables; así mismo, se empleó como criterio de selección aquellos componentes que presentaron valor característico superior a uno ($\lambda \geq 1$). Para explicar cada componente principal, fue necesario conocer cuales variables originales tenían mayor influencia en cada uno de los componentes seleccionados por su aporte de variabilidad para seleccionar los clones promisorios.

- **Análisis de clúster.** A partir de los componentes principales, se hizo el análisis de clúster, que comprende, según Crisci y Lopéz⁷⁵, técnicas a partir de las cuales se forman grupos de unidades taxonómicas que se asocian por su grado de similitud y permite la representación geométrica de las distancias euclidianas, con las que se establecen los grupos por poseer atributos en común.

Con el procedimiento clúster se localizaron y describieron los conglomerados; el resultado del análisis estadístico fue utilizado para construir un dendograma (representación bidimensional de un clúster), el cual permitió ver el grado de afinidad o alejamiento entre clones y así mismo, se conformó agrupamientos de materiales por su similaridad, que fueron señaladas con diferentes colores, permitiendo identificar los grupos que presentaron las mejores características para la obtención de almidones nativos de buena calidad, a partir de los promedios de las variables evaluadas para cada agrupamiento derivado del análisis clúster.

- **Análisis de frecuencias.** Con las 26 variables cualitativas, se realizó un análisis de frecuencias (número de veces que aparece una unidad de registro) por medio de tablas con el fin de organizar y obtener información sobre las

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ CRISCI, J y LÓPEZ, M. Introducción a la teoría práctica de la taxonomía numérica. Programa regional de desarrollo científico y tecnológica. Estados Unidos Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos-OEA; 1983. Serie de biología no. 26.

valoraciones de cada grupo establecido por el clúster, para conocer la similitud de estas características en los grupos y describir a los clones promisorios elegidos.

Como lo señala Devore⁷⁶, estas tablas dan en forma abreviada, una información completa acerca de la distribución de los valores observados y las frecuencias obtenidas representan las proporciones verdaderas de la frecuencia total en la población. En principio, en la tabla de frecuencias se detalla cada uno de los valores diferentes en el conjunto de datos junto con el número de veces que aparece, es decir, su frecuencia absoluta. Se puede complementar la frecuencia absoluta con la denominada frecuencia relativa, que indica la frecuencia en porcentaje sobre el total de datos.

⁷⁶ DEVORE, Jay. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias, México: Thomson. 1998, 4 ed. p. 7-37

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo de la experimentación en los Laboratorios de Nutrición y Procesos de CORPOICA sede Tibaitatá, que permitieron determinar los clones avanzados de papa con mayor potencial para la extracción de almidón nativo. En total se evaluaron 74 de los 81 clones; cinco de ellos (clon 16, 18, 40, 61 y 66) se perdieron debido a inundación en el cultivo y otros dos clones (64 y 81) fueron afectados por enfermedades.

Así mismo, se relacionan los datos de: mínimos, máximos, promedios o modas, desviación estándar, coeficiente de variación y correlación entre las variables evaluadas para los tubérculos y el almidón extraído. También se presentan los análisis estadísticos que permitieron identificar los clones promisorios por su potencial para la extracción de almidón nativo.

3.1 IDENTIFICACION DE CLONES PROMISORIOS PARA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

Para esta primera parte se presentan los resultados y la estadística descriptiva para los 74 clones promisorios de papa, dando a conocer los promedios o moda, máximos y mínimos, desviación estándar y coeficiente de variación de las 33 variables evaluadas.

Figura 13. Caracterización en etapa reproductiva de los clones promisorios de papa



Como se presenta en la figura 14, a todos los clones evaluados se les registró fotográficamente durante la caracterización en etapa vegetativa y reproductiva, teniendo en cuenta que solo se presenta un ejemplo debido a la confidencialidad de imágenes exigida por CORPOICA.

3.1.1 Caracterización en etapa vegetativa. La metodología descrita en el numeral 2.1.1 arrojó los resultados de los 74 clones de papa sembrados en el lote No. 5. En el cuadro 14 se presentan los resultados de todos los materiales evaluados.

Cuadro 14. Datos obtenidos durante la caracterización en etapa vegetativa

Clon No.	No. Tubérculos Sembrados	No. Surcos Sembrados	Emergencia No.	Vigor	Hábito Crecimiento	Altura Planta (cm)	Tallo		
							Color	Forma Alas	Grosor (cm)
1	100	3	80	2	2	60	1	2	1,00
2	100	3	66	2	2	49	1	2	1,04
3	100	3	90	3	3	53	2	2	0,81
4	100	3	90	2	2	69	2	3	0,88
5	100	3	90	2	2	68	1	2	1,20
6	100	3	88	3	3	50	5	1	0,93
7	98	3	90	2	2	60	3	2	1,17
8	100	3	90	2	2	71	5	2	1,15
9	100	3	85	3	3	68	5	2	1,23
10	100	3	90	2	2	75	1	2	1,00
11	100	3	92	3	3	65	5	2	1,09
12	100	3	96	3	3	67	5	2	1,00
13	53	2	35	3	3	51	7	2	0,95
14	67	2	60	2	2	55	7	1	0,88
15	29	1	25	2	2	39	5	2	0,98
17	100	3	85	3	3	64	1	2	0,90
19	66	2	60	1	1	54	1	1	0,96
20	100	3	75	2	2	38	2	1	0,70
21	66	2	60	2	2	78	1	2	1,21
22	35	1	32	1	1	75	2	2	1,13
23	26	1	25	1	1	35	5	1	1,04
24	100	3	71	2	2	60	2	2	1,07
25	54	2	45	3	3	75	2	3	1,36
26	98	3	75	1	1	70	1	2	1,26
27	88	3	70	2	2	64	2	2	1,21
28	100	3	90	2	2	43	5	1	2,37
29	56	2	50	2	2	44	5	2	1,00
30	50	2	30	2	2	44	1	2	1,12
31	100	3	90	2	2	65	5	1	1,15
32	100	3	90	3	1	64	1	2	1,30
33	100	3	65	3	2	55	4	2	1,22
34	100	3	70	3	2	70	1	2	1,22
35	100	3	90	3	1	58	1	1	1,26
36	100	3	90	3	3	75	2	2	1,40
37	47	2	42	2	2	43	4	1	0,74
38	64	2	40	2	2	40	2	1	0,96
39	64	2	40	2	2	45	5	2	1,01
41	100	3	65	2	2	50,5	2	2	0,71
42	100	3	85	3	1	60	1	2	1,26
43	100	3	80	3	3	60	3	1	0,98
44	84	3	80	3	2	58	1	1	1,04

Cuadro 14. (Continuación)

Clon No.	No. Tubérculos Sembrados	No. Surcos Sembrados	Emergencia No.	Vigor	Hábito Crecimiento	Altura Planta (cm)	Tallo		
							Color	Forma Alas	Grosor (cm)
45	100	3	75	1	2	40	2	2	1,11
46	100	3	60	2	2	40	2	2	1,20
47	100	3	90	3	3	70	2	2	1,45
48	100	3	75	1	2	35	2	1	0,80
49	25	1	20	1	2	29	3	3	0,91
50	100	3	75	2	2	55	3	2	1,16
51	100	3	60	2	3	50	5	3	0,86
52	100	3	60	2	2	62,5	5	2	1,18
53	100	3	62	2	2	56	1	2	1,11
54	100	3	63	2	2	62,5	1	2	0,92
55	100	3	70	2	2	36,3	5	1	0,71
56	48	2	35	2	2	44	1	2	1,09
57	25	1	30	2	2	64	5	2	0,86
58	100	3	66	2	2	44	5	2	1,15
59	100	3	68	2	1	45	1	1	1,11
60	25	1	7	2	2	49	2	1	0,81
62	50	2	15	2	1	50	5	2	1,06
63	78	2	15	1	2	26	5	1	1,00
65	100	3	80	2	2	73	2	2	1,33
67	100	3	80	3	2	69	2	2	1,14
68	64	2	80	3	3	85	5	1	1,35
69	74	2	85	3	3	60	1	1	0,98
70	25	1	85	3	2	67,5	1	2	1,16
71	100	3	50	3	2	60,5	2	2	1,07
72	100	3	30	3	2	64	2	2	1,18
73	25	1	90	3	2	68	1	2	1,26
74	100	3	90	3	2	54	2	1	1,30
75	100	3	85	3	2	73,5	5	1	0,97
76	100	3	50	3	2	59	5	1	0,99
77	78	3	70	3	2	66,5	3	2	1,11
78	82	3	92	3	3	53	7	1	0,93
79	68	2	60	3	2	50	3	2	1,27
80	100	3	90	3	2	50	2	2	1,05

De acuerdo a lo presentado en el cuadro anterior, para el clon 1, de los 100 tubérculos sembrados, 80 plantas emergieron con una altura promedio de 60 cm y según los descriptores del CIP (anexo A), presentó un vigor regular, un hábito de crecimiento semi-erecto, color de tallo verde, forma de alas de tallo ondulado y un

grosor de tallo promedio de 1 cm. Para los demás clones se siguió la misma metodología de evaluación.

En el cuadro 15 se presenta los resultados de estadística descriptiva para la etapa vegetativa.

Cuadro 15. Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa vegetativa

Variables		Promedio o moda*	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V1	Emergencia (No.)	67	7	96	23,23	34,90
V2	Altura de la planta (cm)	56,74	26	85	12,64	22,28
V3	Grosor tallo (cm)	1,07	0,64	1,62	0,18	17,10
V4 *	Hábito crecimiento	2	1	3	0,57	25,89
V5 *	Vigor	2	1	3	0,67	30,73
V6 *	Color Tallo	1	1	7	1,80	61,90
V7 *	Forma Alas	2	1	3	0,55	31,43

*Moda en el caso de variables cualitativas y evaluadas por descriptores del CIP

Según los resultados obtenidos se observa que en conjunto los clones presentan un promedio de 67 plantas emergidas, con un mínimo de 7 y un máximo de 96 plantas, mostrando la mas alta desviación estándar y una alta variabilidad de los datos registrados El hábito de crecimiento de plantas fue semi-erecto con un vigor regular y un promedio de altura de 56,74 cm con un mínimo de 26 cm y un máximo de 85 cm. Así mismo, para el tallo el color predominante fue verde y la forma de las alas en su gran mayoría fue ondulada, con un grosor promedio de 1,07 cm y valores entre 0,64 cm y 1,62 cm; presentando para esta última variable la más baja desviación estándar pero con alta variabilidad en los resultados obtenidos.

En conclusión, todos los datos registrados para las variables evaluadas en etapa vegetativa presentan una alta variación, lo cual indica que los promedios no pueden ser considerados como característicos de todos los clones estudiados, ya que cada clon se comporta de manera diferente, por consiguiente, esta

información es importante para describir la planta y caracterizar los clones de forma individual.

3.1.2 Caracterización en etapa de reproductiva. La metodología descrita en el numeral 2.1.2 arrojó los resultados de los 74 clones de papa sembrados en el lote No. 5.

- **Floración.** En el cuadro 16 se presentan los resultados de la caracterización en la etapa de floración para los clones promisorios de papa.

Cuadro 16. Datos obtenidos durante la caracterización en la etapa de floración

Clon No.	Flor				Bayas			Floración			
	Color primario	Intensidad	Color secundario	Intensidad	Color primario	Color secundario	Forma	Grado Floración	Color Pedicelo	Color Cáliz	Forma Corola
1	7	2	2	3	2	0	1	4	6	2	2
2	7	2	2	2	1	4	5	4	6	2	3
3	7	3	2	2	6	2	2	3	3	4	3
4	6	2	2	2	6	2	3	4	6	3	2
5	6	2	1	0	5	2	2	3	6	5	3
6	6	2	7	2	0	0	0	3	3	7	3
7	7	2	1	0	1	0	1	3	8	5	2
8	7	3	1	0	0	0	0	4	8	7	2
9	7	2	2	2	0	0	0	4	8	5	4
10	7	2	2	3	0	0	0	3	5	5	2
11	7	3	1	0	2	0	3	4	8	7	3
12	7	2	1	0	2	0	3	4	8	5	3
13	6	2	7	2	0	0	0	3	8	7	3
14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
17	7	2	2	3	6	3	1	3	6	2	3
19	7	2	1	0	7	2	1	3	5	5	3
20	7	2	2	2	5	2	1	3	8	5	3
21	7	2	2	3	5	2	1	4	8	4	4
22	6	2	2	3	7	2	7	4	8	4	4
23	8	4	1	0	6	2	7	3	8	5	3
24	7	2	2	2	6	2	1	3	3	5	3
25	4	2	2	4	5	2	2	5	3	4	3
26	4	2	1	0	7	0	1	4	8	5	3
27	8	3	2	2	1	0	1	3	5	5	3
28	1	1	1	0	6	0	1	3	3	2	3

Cuadro 16. (Continuación)

Clon No.	Flor				Bayas			Floración			
	Color primario	Intensidad	Color secundario	Intensidad	Color primario	Color secundario	Forma	Grado Floración	Color Pedicelo	Color Cáliz	Forma Corola
29	1	1	7	2	5	4	1	3	8	5	3
30	1	1	1	0	5	4	2	3	1	3	3
31	8	4	1	0	4	4	1	4	8	7	3
32	8	2	1	0	2	2	1	3	5	7	3
33	7	3	2	2	6	0	5	3	8	4	2
34	7	3	2	2	1	0	1	4	3	3	3
35	7	2	2	3	0	0	0	4	6	3	3
36	7	3	1	0	1	0	1	4	1	3	3
37	7	3	2	2	7	0	3	3	3	5	3
38	6	2	2	4	1	0	1	3	1	3	3
39	7	2	2	2	1	0	1	3	8	7	3
41	7	3	1	0	7	0	5	3	8	7	2
42	7	2	1	0	7	4	1	3	5	7	3
43	1	1	7	2	1	0	1	3	5	5	3
44	1	1	1	0	1	0	1	3	1	1	2
45	7	2	2	3	5	0	1	3	5	3	4
46	7	2	2	3	0	0	0	3	5	3	4
47	7	3	2	2	5	4	1	3	5	3	4
48	7	3	2	2	0	0	0	3	8	7	3
49	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
50	6	2	1	0	0	0	0	3	3	5	3
51	7	2	2	3	0	0	0	3	3	5	3
52	7	3	1	0	1	2	3	4	3	6	3
53	8	2	2	4	7	4	1	4	5	3	3
54	7	2	1	0	5	2	1	3	3	5	2
55	4	3	7	2	0	0	0	3	6	3	3
56	4	3	1	0	0	0	0	3	3	3	2
57	7	3	1	0	2	0	6	4	8	7	3
58	4	3	7	3	1	2	1	3	3	3	2
59	1	1	7	2	1	0	1	3	1	3	3
60	7	4	1	0	6	0	5	3	8	5	4
62	7	3	2	2	0	0	0	3	8	5	3
63	7	3	2	4	0	0	0	3	8	5	3
65	7	3	2	3	0	0	0	4	6	3	3
67	7	2	2	3	0	0	0	3	6	3	2
68	6	3	2	4	0	0	0	4	3	3	2
69	7	2	1	0	0	0	0	3	5	3	2
70	7	3	2	2	0	0	0	4	3	3	3
71	7	2	2	2	0	0	0	4	3	3	3
72	7	2	2	2	0	0	0	4	8	3	4
73	7	2	2	3	1	2	1	4	3	3	3

Cuadro 16. (Continuación)

Clon No.	Flor				Bayas			Floración			
	Color primario	Intensidad	Color secundario	Intensidad	Color primario	Color secundario	Forma	Grado Floración	Color Pedicelo	Color Cáliz	Forma Corola
74	0	0	0	0	1	5	1	1	0	0	0
75	7	2	1	0	5	2	1	3	5	2	2
76	7	2	1	0	5	0	1	3	3	3	2
77	8	2	2	2	6	0	3	4	6	3	4
78	5	2	2	3	5	0	3	3	3	3	2
79	7	2	1	0	5	0	5	3	8	5	3
80	6	2	1	0	6	2	1	3	5	5	3

Durante la caracterización se observó para el clon 1, que el color primario de la flor fue morado pálido, con color secundario blanco. La planta presentó un grado de floración escasa, color de pedicelo pigmentado debajo de la articulación, color de cáliz verde con pocas manchas, con forma de corola semi-estrellada. Las bayas fueron de color predominantemente pigmentado con pocos puntos blancos, su forma fue globosa con mucrón terminal. Para los demás clones se siguió la misma metodología de evaluación empleando los descriptores propuestos por el CIP (anexo A).

En el cuadro 17 se observan los resultados de estadística descriptiva para la etapa de floración.

Cuadro 17. Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa de floración

Variables		Moda	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V8	Color Primario Flor	7	0	8	2,27	38,75
V9	Intensidad	2	0	4	0,84	38,87
V10	Color Secundario	2	0	7	1,72	86,01
V11	Distribución	0	0	4	1,38	92,07
V12	Color de Baya	0	0	7	2,74	97,94
V13	Pigmentación o Puntos	0	0	5	1,42	149,73
V14	Forma Baya	1	0	7	1,73	121,79
V15	Grado de Floración	3	1	5	0,73	22,61
V16	Color Pedicelo	8	0	8	2,53	50,54
V17	Color Cáliz	3	0	7	1,82	44,93
V18	Forma Corola	3	0	4	0,88	32,10

El cultivo evaluado presentó floración escasa, color de pedicelo completamente pigmentado, color de cáliz verde con muchas manchas y la forma de la corola fue pentagonal. La mayoría de flores presentaron un color morado pálido, con color secundario blanco. No hubo una producción significativa de bayas y las pocas que se presentaron, tenían una forma globosa.

Todos los datos obtenidos para cada una de las variables estudiadas presentaron un alto coeficiente de variación, lo que muestra que hay poca uniformidad en cada una de las características observadas en esta etapa para los clones evaluados. Se observa además que la calificación mínima para la mayoría de las variables fue cero, lo cual señala que algunos clones presentaron poca floración y poca producción de bayas, permitiendo tener información mas detallada de la planta para cada clon.

- **Cosecha.** Los datos registrados para la caracterización del cultivo se presentan en el cuadro 18, en el cual se relacionan los datos para los clones evaluados.

Cuadro 18. Datos obtenidos durante la caracterización en etapa de cosecha

Clon No.	Color de tubérculo				Color de la carne				Tubérculo		
	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Forma	Forma Rara	Ojos
1	5	1	5	6	2	2	0	0	1	0	2
2	1	2	5	6	2	3	0	0	2	4	2
3	5	1	7	4	2	2	0	0	3	0	3
4	1	2	8	4	2	1	0	0	1	0	2
5	5	2	1	4	2	1	7	4	3	0	2
6	8	2	5	6	2	2	6	1	2	0	5
7	2	2	8	6	2	2	4	3	7	3	3
8	8	3	5	4	1	3	0	0	3	0	3
9	5	1	8	6	2	1	3	4	7	3	1
10	2	2	8	4	2	2	0	0	1	0	2
11	5	2	8	6	1	8	0	0	2	0	3
12	5	2	8	4	1	8	3	3	2	0	3
13	5	2	8	4	1	2	0	0	6	0	2
14	2	3	5	4	2	2	0	0	3	0	3
15	1	2	0	0	2	2	0	0	1	0	2

Cuadro 18. (Continuación)

Clon No.	Color de tubérculo				Color de la carne				Tubérculo		
	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Forma	Forma Rara	Ojos
17	1	2	7	4	3	2	0	0	1	0	4
19	2	1	0	0	1	2	0	0	3	0	3
20	1	2	8	6	2	1	0	0	2	0	4
21	8	2	0	0	2	1	0	0	1	0	3
22	5	2	8	6	1	1	0	0	3	0	3
23	5	3	1	4	1	2	0	0	3	0	5
24	4	2	7	6	2	2	0	0	6	0	3
25	1	3	8	4	1	3	0	0	7	0	1
26	1	3	8	4	4	2	0	0	3	0	1
27	5	2	0	0	2	1	2	7	5	0	3
28	5	1	1	4	2	2	0	0	2	0	1
29	1	2	8	4	2	2	0	0	6	0	2
30	2	1	0	0	4	2	0	0	1	0	1
31	1	2	8	5	1	1	0	0	7	0	3
32	1	2	0	0	1	2	0	0	3	0	3
33	1	2	8	1	2	2	3	3	3	0	2
34	2	2	8	6	1	2	0	0	3	0	3
35	1	2	8	4	3	2	0	0	2	0	3
36	1	2	8	6	1	1	0	0	3	0	3
37	8	2	0	0	1	2	0	0	2	0	3
38	5	2	0	0	4	2	0	0	2	0	1
39	8	2	0	0	1	2	0	0	2	0	1
41	1	3	8	2	2	2	0	0	2	0	3
42	1	3	8	4	1	1	0	0	5	0	2
43	8	1	5	4	2	1	0	0	3	0	2
44	1	2	0	0	1	2	0	0	3	0	3
45	6	2	0	0	4	2	0	0	6	0	4
46	4	2	8	2	3	2	0	0	2	0	3
47	2	2	0	0	2	2	0	0	6	0	3
48	1	1	8	4	2	2	0	0	2	0	2
49	5	1	8	4	2	2	0	0	2	0	3
50	8	1	6	4	2	2	6	4	3	0	4
51	8	3	9	4	3	2	6	1	2	0	2
52	5	1	8	4	2	1	0	0	3	0	2
53	5	1	8	4	3	1	4	3	3	0	2
54	1	2	8	7	2	2	0	0	3	0	2
55	1	2	5	4	3	1	4	3	3	0	4
56	1	2	4	6	2	1	0	0	2	0	4
57	5	1	8	6	2	1	0	0	3	0	3
58	5	1	8	4	3	2	4	2	2	0	2
59	5	1	7	4	3	2	4	2	2	0	2

Cuadro 18. (Continuación)

Clon No.	Color de tubérculo				Color de la carne				Tubérculo		
	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Primario	Intensidad	Secundario	Distribución	Forma	Forma Rara	Ojos
60	5	1	8	4	4	2	6	3	3	0	3
62	5	1	8	4	1	1	0	0	2	0	3
63	5	1	8	4	1	1	0	0	5	0	3
65	1	2	8	4	2	2	0	0	5	0	3
67	5	1	8	4	2	2	0	0	2	0	5
68	5	2	8	4	2	1	0	0	3	0	3
69	2	2	8	4	2	1	0	0	2	0	3
70	1	2	8	4	2	1	3	5	3	0	3
71	1	2	5	6	2	2	1	4	3	0	3
72	2	1	5	4	2	2	0	0	3	0	3
73	1	2	5	4	2	1	0	0	2	0	3
74	2	2	5	4	1	1	0	0	3	0	3
75	5	3	0	0	2	1	0	0	6	0	2
76	5	2	0	0	2	1	0	0	3	0	2
77	5	1	8	1	2	1	0	0	2	0	2
78	8	2	5	6	1	2	6	2	2	0	3
79	5	2	1	4	2	1	0	0	3	0	2
80	5	1	2	4	1	2	0	0	3	0	2

En la caracterización de los tubérculos de papa, el clon 1 presentó color primario rosado pálido, con manchas salpicadas rosadas, color de la carne (pulpa) crema intermedio, de forma comprimida, sin forma rara y con ojos superficiales. Para los demás clones se siguió la misma metodología de evaluación empleando los descriptores propuestos por el CIP (anexo A).

Los resultados de estadística descriptiva para todos los clones en etapa de cosecha se presentan en el cuadro 19.

Como se observa en el cuadro 19, para los 74 clones evaluados en etapa de cosecha, los tubérculos presentaron en su gran mayoría un color primario rosado con manchas dispersas moradas y color de carne crema. La forma predominante fue ovalada con profundidad de ojos media, presentándose una alta variación de los datos obtenidos para todas las variables estudiadas en esta etapa, lo que indica que hay una alta diversidad en el color y en la forma de los tubérculos, por

lo tanto cada clon presenta características individuales propias para su caracterización.

Cuadro 19. Estadística descriptiva para los 74 clones evaluados en etapa de cosecha

Variables		Moda	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V19	Color Primario tubérculo	5	1	8	2,40	65,66
V20	Intensidad	2	1	3	0,62	34,22
V21	Color Secundario del tubérculo	8	0	9	3,23	59,58
V22	Distribución	4	0	7	2,04	57,14
V23	Color Primario de la carne	2	1	4	0,81	41,57
V24	Intensidad Color Carne	2	1	3	0,59	63,41
V25	Color Secundario de la carne	0	0	7	1,95	200,35
V26	Distribución	0	0	7	1,50	206,07
V27	Forma del Tubérculo	3	1	7	1,60	52,15
V28	Forma Rara del Tubérculo	0	0	4	0,67	492,63
V29	Ojos del Tubérculo	3	1	5	0,91	34,05

3.1.3 Caracterización básica de los tubérculos. A continuación, en el cuadro 20 se presentan los promedios, producto de la caracterización básica realizada a los tubérculos de los clones evaluados.

Cuadro 20. Promedios de caracterización básica de los tubérculos

CLON	Gravedad Específica (V30)	Agua (V31)	Materia Seca (V32)	Almidón (V33)
1	1,081	78,70	21,30	15,10
2	1,077	79,45	20,55	14,39
3	1,081	78,69	21,31	15,11
4	1,080	78,84	21,16	14,97
5	1,116	72,07	27,93	21,38
6	1,083	78,35	21,65	15,43
7	1,078	79,20	20,80	14,62
8	1,081	78,71	21,29	15,08
9	1,078	79,28	20,72	14,55
10	1,092	76,76	23,24	16,93
11	1,075	79,87	20,13	13,99
12	1,080	78,83	21,17	14,98
13	1,078	79,21	20,79	14,62

Cuadro 20. (Continuación)

CLON	Gravedad Especifica (V30)	Agua (V31)	Materia Seca (V32)	Almidón (V33)
14	1,083	78,33	21,67	15,45
15	1,062	82,15	17,85	11,83
17	1,091	76,88	23,12	16,82
19	1,097	75,72	24,28	17,92
20	1,089	77,17	22,83	16,55
21	1,086	77,73	22,27	16,01
22	1,084	78,23	21,77	15,55
23	1,107	73,78	26,22	19,76
24	1,084	78,27	21,73	15,51
25	1,100	75,15	24,85	18,48
26	1,084	78,16	21,84	15,61
27	1,104	74,43	25,57	19,17
28	1,086	77,76	22,24	15,99
29	1,071	80,65	19,35	13,25
30	1,064	81,83	18,17	12,13
31	1,088	77,35	22,65	16,38
32	1,090	77,04	22,96	16,67
33	1,086	77,87	22,13	15,88
34	1,085	78,04	21,96	15,72
35	1,087	77,60	22,40	16,14
36	1,091	76,88	23,12	16,83
37	1,089	77,25	22,75	16,48
38	1,079	79,07	20,93	14,75
39	1,077	79,32	20,68	14,52
41	1,073	80,10	19,90	13,77
42	1,084	78,21	21,79	15,56
43	1,074	79,92	20,08	13,94
44	1,076	79,63	20,37	14,22
45	1,084	78,21	21,79	15,56
46	1,070	80,79	19,21	13,12
47	1,083	78,27	21,73	15,50
48	1,080	78,78	21,22	15,02
49	1,078	79,22	20,78	14,61
50	1,093	76,59	23,41	17,08
51	1,068	81,19	18,81	12,75
52	1,065	81,77	18,23	12,19
53	1,080	78,83	21,17	14,97
54	1,082	78,53	21,47	15,26

Cuadro 20. (Continuación)

CLON	Gravedad Específica (V30)	Agua (V31)	Materia Seca (V32)	Almidón (V33)
55	1,063	82,04	17,96	11,94
56	1,074	80,05	19,95	13,82
57	1,080	78,80	21,20	15,01
58	1,077	79,48	20,52	14,36
59	1,073	80,23	19,77	13,65
60	1,072	80,40	19,60	13,49
62	1,101	74,88	25,12	18,78
63	1,084	78,23	21,77	15,55
65	1,086	77,81	22,19	15,94
67	1,074	79,92	20,08	13,95
68	1,082	78,48	21,52	15,31
69	1,077	79,32	20,68	14,51
70	1,077	79,33	20,67	14,51
71	1,080	78,77	21,23	15,03
72	1,086	77,80	22,20	15,95
73	1,086	77,71	22,29	16,04
74	1,075	79,84	20,16	14,02
75	1,080	78,78	21,22	15,02
76	1,082	78,52	21,48	15,27
77	1,066	81,47	18,53	12,48
78	1,084	78,25	21,75	15,52
79	1,073	80,12	19,88	13,76
80	1,069	80,97	19,03	12,95

Los resultados de la estadística descriptiva para esta caracterización se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Estadística descriptiva para la caracterización básica de los 74 clones evaluados

Variables		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V30	Gravedad Específica	1,082	1,062	1,117	0,01	0,91
V31	Agua (%)	78,6	71,9	82,3	1,83	2,33
V32	Materia Seca(%)	21,4	17,7	28,1	1,83	8,54
V33	Almidón (%)	15,2	11,7	21,5	1,73	11,40

- **Determinación de la gravedad específica.** El valor para la gravedad específica en los tubérculos de papa *S. tuberosum* subespecie *andigenum* de buena calidad según Estrada⁷⁷ es de 1,085 o más, lo cual permite identificar los clones con mayor potencial para la extracción de almidón nativo. Para los materiales evaluados, el valor promedio obtenido fue de 1,082, cercano a lo mencionado por este autor, presentando poca variabilidad (0,91%) de los resultados obtenidos. Esta variable es importante debido a que esta influenciada por el contenido de materia seca, de la cual según Bergonzi⁷⁸, el 85% es almidón. Así pues, de los clones que presentaron un mayor valor de gravedad específica, se espera que presenten un alto contenido de materia seca y por ende un buen contenido de almidón.

- **Determinación de los porcentajes materia seca y almidón.** Para los materiales evaluados se obtuvo un promedio de materia seca de 21,4%, con una variación de 8,54% y según los requerimientos de la industria, citados en el numeral 1.1.7 del capítulo 1, los valores de materia seca deben ser mayores al 22%, por lo que los clones que presentaron valores superiores a este, son potenciales para su procesamiento.

El contenido de almidón debe ser mayor al 16% como se señala en la investigación realizada por CIAT, CORPOICA y MADR⁷⁹, obteniendo en la evaluación de los clones un promedio de 15,2% y un coeficiente de variación del 11,4%, lo que indica que los tubérculos de papa presentan variación en el contenido de almidón. Los clones que presentaron un valor superior al 16% fueron seleccionados para la extracción de almidón.

⁷⁷ ESTRADA, Nelson. Op. cit

⁷⁸ BERGONZI, Ricard. Op. cit

⁷⁹ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Op cit.

- **Determinación de los porcentajes de agua.** Bergonzi⁸⁰ señala que el contenido de agua debe ser máximo del 80%, por lo tanto, para los clones promisorios este valor debe encontrarse por debajo de éste porcentaje; para los materiales evaluados el contenido promedio de agua fue de 78,6%, presentando una variabilidad de 2,33%, indicando que hay poca variación en los resultados obtenidos. Este es un factor importante para determinar la estabilidad del tubérculo en condiciones de almacenamiento y por su relación con el contenido de materia seca.

3.1.4. Selección de clones promisorios para la extracción de almidón. De los 74 clones evaluados se seleccionaron 17 (cuadro 22), teniendo en cuenta la caracterización básica de los tubérculos. Estos materiales presentaron: gravedad específica mayor a 1,085, contenido de materia seca mayor al 22%, contenido de humedad por debajo del 80% y contenido de almidón por encima del 16%.

Cuadro 22. Valores promedio para variables de caracterización básica de los 17 clones seleccionados

CLONES	Gravedad Específica (V30)	% Agua (V31)	% Materia Seca (V32)	% Almidón (V33)
5	1,116	72,07	27,93	21,38
10	1,092	76,76	23,24	16,93
17	1,091	76,88	23,12	16,82
19	1,097	75,72	24,28	17,92
20	1,089	77,17	22,83	16,55
21	1,086	77,73	22,27	16,01
23	1,107	73,78	26,22	19,76
25	1,010	75,15	24,85	18,48
27	1,104	74,43	25,57	19,17
31	1,088	77,35	22,65	16,38
32	1,090	77,04	22,96	16,67
35	1,087	77,60	22,40	16,14
36	1,091	76,88	23,12	16,83
37	1,088	77,25	22,75	16,48
50	1,093	76,59	23,41	17,08
62	1,101	74,88	25,12	18,78
73	1,087	77,71	22,29	16,04

⁸⁰ BERGONZI, Ricard. Op. cit.

En el cuadro 22 se presentan los promedios para gravedad específica, contenido de agua, materia seca y almidón de los clones seleccionados y se observa que a mayor gravedad específica menor porcentaje de agua, mayor contenido de materia seca y por lo tanto mayor contenido de almidón.

3.2 EVALUACIÓN DE CLONES PROMISORIOS

A continuación se presentan los resultados físicoquímicos y funcionales obtenidos para los clones promisorios de papa durante el desarrollo del trabajo, la estadística descriptiva para las variables evaluadas, el balance de materia realizado en la etapa de extracción de almidón y se indica el rendimiento obtenido.

3.2.1 Caracterización físicoquímica de los tubérculos seleccionados. En el cuadro 23 se presentan los resultados obtenidos para la caracterización físicoquímica de los 17 clones seleccionados.

Cuadro 23. Resultados de la caracterización físicoquímica de los 17 clones seleccionados

CIONES	% Azúcares Reductores (V34)	% Proteína (V35)	% Cenizas (V36)	pH (V37)
5	0,129	2,4	1,9	6,51
10	0,168	2,8	1,8	6,30
17	0,237	2,4	1,3	6,49
19	0,172	2,2	0,9	6,50
20	0,215	3,9	1,4	6,37
21	0,110	2,8	0,7	6,53
23	0,097	1,8	1,1	6,29
25	1,654	0,8	0,6	6,29
27	0,130	2,8	0,7	6,55
31	0,129	2,3	1,7	6,30
32	0,226	2,4	1,8	6,11
35	0,121	2,7	1,9	6,10
36	0,122	2,0	0,8	5,70
37	0,166	2,3	0,8	5,92
50	0,212	4,1	1,4	6,28
62	0,165	2,5	1,2	6,32
73	0,107	2,4	1,4	6,19

Para condensar los datos obtenidos se presenta en el cuadro 24 la estadística descriptiva para los clones seleccionados.

Cuadro 24. Estadística descriptiva para la caracterización fisicoquímica de los 17 clones seleccionados

Variables		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V34	Azúcares Reductores (%)	0,245	0,097	1,654	0,36	146,55
V35	Proteína (%)	2,5	0,7	4,1	0,73	29,05
V36	Cenizas (%)	1,3	0,6	1,9	0,43	34,04
V37	pH	6,28	5,69	6,55	0,22	3,56

- **Determinación de azúcares reductores por el método del ácido 3,5-dinitrosalisílico (DNS).** Woolfe⁸¹ menciona que para evitar las reacciones de pardeamiento no enzimático, la concentración de azúcares reductores en la papa debe ser inferior al 2%, por lo que los clones que presentaron valores inferiores a este porcentaje, son ideales para su procesamiento. Para los clones evaluados como se muestra en el cuadro 23, se obtuvieron resultados entre 0,097% a 1,654% con una alta variabilidad en los datos, debido a que el valor del clon 25 según lo presentado en el cuadro 22, se encuentra muy alto y está alejado de los valores obtenidos para esta variable en los otros clones. Por ende, los tubérculos de este clon presentaron una hidrólisis significativa del almidón liberando azúcares reductores, lo que origina reacciones de pardeamiento más rápidamente.

Determinación de proteínas por método Biuret. Durante el desarrollo de la evaluación de los materiales de papa se encontró que el menor valor de proteínas fue de 0,8% para el clon 25 y el mayor de 4,1% para el clon 50 (cuadro 22), con una variación de 29,05% (cuadro 23). Estos valores se encuentran dentro del rango para los tubérculos de papa según lo mencionado en el numeral 1.1.5 del capítulo 1, que van de 0,7% a 4,6%.

⁸¹ WOOLFE, J. Op. cit.

Por otra parte en información presentada en el proyecto de ECODEPA S.R.L.⁸² se menciona que a menor contenido de proteínas se facilita la obtención del almidón, razón por la cual en los tubérculos con contenido de proteína bajo, la extracción del almidón se puede realizar con mayor facilidad.

- **Determinación de cenizas.** Según información de SINAIPA⁸³ el valor de cenizas para el tubérculo de la papa se encuentra entre 0,4% - 1,9%, obteniendo para las muestras evaluadas (cuadro 23) resultados con una variación de 34,04%, con un mínimo en base húmeda de 0,6% para el clon 25 y un máximo de 1,9% para el clon 5 señalando que existe un buen contenido de minerales para los tubérculos de este clon como se observa en el cuadro 22. Además de esto, los resultados obtenidos son importantes para cada material estudiado porque proporciona información adicional sobre la composición del tubérculo.

- **Determinación de pH.** En la investigación realizada por el CIAT, CORPOICA Y MADR⁸⁴ el pH para algunos materiales de papa es de 5,94 – 6,49, obteniendo valores para las muestras evaluadas en un rango de 5,69 – 6,55 con una variación de 3,56% (cuadro 23). En el cuadro 22 se observa que los clones 36 y 37 están por debajo del rango mientras que los clones 5, 19, 21 y 27 presentan un valor superior a lo indicado, lo cual puede producir reacciones químicas desfavorables que pueden alterar los tubérculos haciéndolos susceptibles al ataque de microorganismos. Además esta variable depende de las condiciones del suelo y su medición es importante para determinar las condiciones de almacenamiento de los tubérculos.

⁸² ECODEPA S.R.L. Op. cit

⁸³ SINAIPA. Semillas de Papa y Tubérculos de Semilla. Op. cit

⁸⁴ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Op cit.

3.2.2 Proceso de extracción del almidón nativo de papa. Una vez finalizado el proceso de extracción del almidón de los 17 clones seleccionados, se continuó con la evaluación de los rendimientos de extracción por medio del balance de materia donde se determinaron las pérdidas. En el cuadro 25 se presenta el resumen de los resultados del balance de materia del proceso de extracción de almidón para el clon 5. En el anexo E se muestran los cálculos y en el anexo F los resultados de los balances de materia para todos los clones.

Cuadro 25. Resumen del balance de materia del proceso de extracción de almidón para el clon 5

No.	OPERACIÓN	MATERIAL QUE ENTRA		MATERIAL QUE SALE		PÉRDIDAS (g)
		NOMBRE	CANTIDAD (g)	NOMBRE	CANTIDAD (g)	
1	Limpieza	Papa sucia	1.086	Papa limpia	1.084	2
2	Pelado	Papa limpia	1.084	Papa pelada	912	172
3	Reducción de tamaño	Papa pelada	912	Papa picada	906	6
4	Molienda en vía húmeda	Papa picada	906	Papa licuada	906	0
5	Filtrado	Papa licuada	906	Filtrado de papa	776	130
6	Sedimentación	Filtrado de papa	776	Sedimentado de papa	770,57	5,43
7	Secado	Sedimentado de papa	770,57	Almidón de papa	114	662
8	Molienda	Almidón de papa	114	Almidón de papa pulverizado	111,20	2,80
9	Tamizado	Almidón de papa pulverizado	111,20	Almidón de papa tamizado	95,32	15,88

En el proceso de extracción de almidón se identificaron 9 operaciones unitarias permitiendo dar información acerca de la eficiencia en la extracción, analizando el flujo y la variación de los componentes durante el proceso de extracción del almidón.

Por medio del balance de materia se establecieron las pérdidas durante el proceso de extracción del almidón y se determinó el rendimiento para los 17 clones evaluados. A continuación se presentan en el cuadro 26, los porcentajes (%) de rendimiento de extracción.

Cuadro 26. Porcentajes (%) de rendimiento de extracción para los 17 clones seleccionados

CLONES	% Rendimiento	
	Obtenido (55%)	Total (100%)
5	8,80	16,00
10	10,70	19,45
17	9,40	17,09
19	6,90	12,55
20	9,10	16,55
21	8,90	16,18
23	12,70	23,09
25	9,60	17,45
27	10,10	18,36
31	10,00	18,18
32	5,00	9,09
35	8,40	15,27
36	9,00	16,36
37	7,60	13,82
50	8,90	16,18
62	9,30	16,91
73	6,50	11,82

En el cuadro 26 se hace la relación entre los valores del rendimiento obtenido a escala de laboratorio y el valor del rendimiento para un total del 100%, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos representan un 55% de la producción de almidón como lo menciona la investigación de CIAT, CORPOICA Y MADR⁸⁵.

⁸⁵ CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Op cit.

También señala esta investigación que de un kilogramo (kg) de papas se espera una producción aproximada entre el 8% al 10% de almidón, en consecuencia, todos los materiales evaluados presentaron valores de almidón superiores este rango, siendo estos resultados determinantes para la producción almidón.

Durante el proceso de extracción del almidón, se determinó que el clon 23 presentó el mayor rendimiento con un valor del 23,09% y el clon 32 el menor rendimiento con un 9,09%, presentando una variación en los resultados obtenidos del 19,55% para los 17 clones (cuadro 27). Por lo tanto los tubérculos para el clon 23, evidencian un gran potencial para la extracción de almidón nativo.

Cuadro 27. Estadística simple del rendimiento en extracción de almidón para los 17 clones seleccionados

Variables		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V38	Rendimiento de extracción (%)	16,14	9,09	23,09	3,16	19,55

El resumen de las pérdidas durante el proceso de extracción de almidón para los 17 clones se presentan en el cuadro 28.

Cuadro 28. Resumen de porcentajes (%) de pérdidas durante el proceso de extracción de almidón

Operación	Pérdidas (%)
Limpieza	0,20
Pelado	17,03
Reducción de tamaño	0,94
Molienda en vía húmeda	0,00
Filtrado	11,63
Sedimentación	0,32
Secado	66,51
Molienda	0,20
Tamizado	3,17

Como se observa en el cuadro anterior la operación que presenta un mayor porcentaje de pérdidas es el secado (66,51%), seguido por el pelado y filtrado con un 17,03% y 11,63% respectivamente. Así pues, es importante recordar que el objetivo del secado es retirar la mayor cantidad de agua contenida en la pasta de almidón, lo cual se ve reflejado en un alto porcentaje de pérdidas para esta operación. Así mismo, en el pelado las pérdidas se ven influenciadas por la profundidad de los ojos y las formas irregulares de los tubérculos. Por otra parte en el filtrado la celulosa representa las pérdidas para esta operación.

3.2.3 Características fisicoquímicas de los almidones extraídos. A continuación en el cuadro 29, se muestra los resultados obtenidos durante la caracterización fisicoquímica de los almidones.

Cuadro 29. Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón extraído de los 17 clones seleccionados

CLONES	% Amilosa (V39)	% Amilopectina (V40)	% Humedad (V41)
5	33,0	67,0	20,2
10	37,0	63,0	22,5
17	22,5	77,5	8,9
19	36,5	63,5	11,3
20	40,0	60,0	13,6
21	32,0	68,0	15,7
23	29,0	71,0	20,0
25	27,0	73,0	20,7
27	31,5	68,5	3,7
31	31,0	69,0	12,9
32	16,5	83,5	17,6
35	40,7	59,3	15,9
36	22,0	78,0	19,3
37	30,0	70,0	5,9
50	36,5	63,5	14,4
62	30,0	70,0	9,8
73	42,0	58,0	9,7

Además, se presenta la estadística descriptiva para las variables fisicoquímicas evaluadas en la caracterización de los almidones obtenidos a partir de los 17 clones de papa seleccionados (cuadro 30).

Cuadro 30. Estadística descriptiva para la caracterización fisicoquímica del almidón extraído de los 17 clones seleccionados

Variables		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V39	Amilosa (%)	31,6	16,5	42	6,97	21,05
V40	Amilopectina(%)	68,4	58	83,5	6,97	10,19
V41	Humedad (%)	14,2	3,7	22,5	5,49	38,52

- **Determinación de amilosa y amilopectina.** Los valores obtenidos para la amilosa se encontraron entre 16,5% y 42% que corresponden a los clones 32 y 73 respectivamente (cuadro 29), presentando alta variación de los datos. Mientras que de la amilopectina se obtuvo un valor mínimo 58% para el clon 73 y máximo 83,5% para el clon 32, valores que se encuentran muy cercanos a los reportados por Betancurt y Novelo⁸⁶ quienes indican que para almidón de papa, la amilosa se encuentra generalmente en un 21% y la amilopectina en un 79%. También mencionan que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por ende el almidón del clon 32 puede presentar esta característica. Así mismo, este clon puede presentar geles flexibles teniendo en cuenta lo mencionado por Zhou *et al.* "a mayor contenido de amilopectina se producen geles más elásticos"⁸⁷.

- **Determinación de los porcentajes de humedad.** Para Sangeetha⁸⁸, el contenido de humedad para almidón nativo de papa se encuentra entre el 7,0% al

⁸⁶ BETANCURT, A. and NOVELO, C. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *En: Starch/Stärke*, 2005. v. 57, n. 9, p. 431-441.

⁸⁷ ZHOU, M.; ROBARDS, K.; HOLMES, M. and HELLIWELL, S. Structure and pasting properties of oat starch. *En: Cereal Chemistry*, 1998. v. 75, no. 3, p. 273-281.

⁸⁸ SANGEETHA M. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *En: Food Hydrocolloids*. 2006. v. 20, no.5. p. 557-566.

13,3 %. En los almidones obtenidos el porcentaje de humedad se encontró entre 3,7% para el clon 27 y 22,5% para el clon 10 (cuadro 29), presentando alta variación en los resultados obtenidos, lo cual significa, que la humedad para los almidones en estudio se encuentra fuera de los rangos esperados, posiblemente porque el secado se vió afectado por factores ajenos al proceso.

A su vez, la FAO⁸⁹ dice que cuando el almidón es almacenado por encima de un 13% de humedad se favorece la formación de hongos y levaduras siendo susceptible a reacciones de fermentación las cuales aumentan la acidez titulable y disminuyen el pH del almidón. Por lo tanto es necesario controlar esta variable con el fin de mantener la estabilidad de los almidones extraídos.

3.2.4 Características funcionales de los almidones extraídos. En el cuadro 31 se presentan los resultados de la caracterización funcional del almidón de los 17 clones de papa seleccionados, que brindarán importante información a cerca de su calidad.

También en el cuadro 32, se da a conocer la estadística descriptiva para las propiedades funcionales evaluadas, que permite identificar las variaciones de los datos registrados para cada una de las variables.

⁸⁹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícola de la FAO 163. Roma: FAO. 2007. p 113. ISSN 1020-4334.

Cuadro 31. Resultados de la caracterización funcional para los almidones extraídos de los 17 clones seleccionados

CLONES	% Claridad - opacidad (V42)	Temperatura de gelatinización °C (V43)	Índice de Absorción de agua g gel / g muestra(V44)	% Índice de Solubilidad en agua (V45)	% Poder de Hinchamiento (V46)	Viscosidad cP (47)
5	82,90	63	6,50	1,10	6,58	5913
10	80,03	62	10,13	3,78	10,35	1796
17	76,17	61	14,51	4,96	15,11	12920
19	75,87	61	12,06	4,00	12,39	788
20	54,53	62	11,25	1,50	11,34	5515
21	80,27	61	15,04	3,07	15,45	9225
23	79,83	62	10,98	1,37	11,07	6155
25	74,07	62	9,75	1,26	9,83	6575
27	75,30	62	11,95	1,89	12,11	3710
31	75,50	62	13,11	1,25	13,24	9683
32	75,43	62	11,54	1,45	11,64	6435
35	62,77	62	11,16	0,74	11,21	5932
36	61,20	64	9,40	2,25	9,46	1588
37	70,80	61	11,18	0,97	11,25	5946
50	68,00	62	11,73	3,21	11,90	1567
62	70,53	63	12,52	2,92	12,46	5239
73	62,70	65	8,12	5,29	8,35	1505

Cuadro 32. Estadística descriptiva para la caracterización fisicoquímica del almidón extraído de los 17 clones seleccionados

Variables		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
V42	Claridad-Opacidad (%)	72,1	54,53	82,9	7,90	10,95
V43	Temperatura de Gelatinización (°C)	62	61	65	0,98	1,58
V44	Índice de Absorción agua (g gel /g muestra)	11,2	6,50	15,04	2,06	18,36
V45	Índice de Solubilidad en agua(%)	2,41	0,74	5,29	1,43	59,42
V46	Poder de Hinchamiento(%)	11,4	6,58	15,45	2,19	19,19
V47	Viscosidad (cP)	5323	770	12920	3244,4	60,95

- **Determinación de claridad - opacidad.** Los resultados obtenidos para transmitancia de los materiales seleccionados presentó un valor mínimo de 54,53 % para el clon 20 y máximo de 82,9% para el clon 5 (cuadro 31), con una variación del 10,95% (cuadro 32). De esta manera se establece que todos los almidones extraídos presentaron una transmitancia mayor al 40%, por lo tanto, las pastas obtenidas se consideraron como claras o transparentes según lo propuesto por Craig *et al*⁹⁰. La transparencia u opacidad presentada por las pastas de almidón según lo señalado por Hernández *et al.*⁹¹, influye directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos en los que se empleen como espesante. En efecto, los almidones obtenidos en este trabajo pueden ser utilizados en alimentos como mermeladas, gelatinas y en productos de confitería para la elaboración de gomitas, etc.

- **Determinación de temperatura de gelatinización.** Para esta variable se registraron valores de mínimo de 61 °C y máximo de 65 °C con una baja variación (cuadro 32); estos datos que se encuentran dentro del rango de 58 – 65 °C presentado por INDUSTRIAS ALIMENTICIAS FABP, S.A. DE C.V. - FABSA⁹², lo cual indica que todos los almidones evaluados en este trabajo tuvieron un buen comportamiento y pueden ser usados en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos, natillas o pudines según lo descrito por Charles *et al.*⁹³.

⁹⁰ CRAIG, S. *et al.* Op cit.

⁹¹ HERNÁNDEZ, Marilyn; TORRUCO, Juan; CHEL, Luis y BETANCUR, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. En: Ciencia y tecnología de Alimentos, 2008. v.28 no.3. p. 718-726. ISSN 0101-2061.

⁹² INDUSTRIAS ALIMENTICIAS FABP, S.A. DE C.V. – FABSA. Ventajas, Usos y Aplicaciones de los Almidones. En: Mundo Lácteo y Carníco. [en línea] 2005. [consulta: 15-11-2008] Disponible en Internet: < http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC009_FABPSA.pdf>.

⁹³ CHARLES, A.; CHANG YH.; KO WC.; SRIROTH K.; HUANG TC. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. v. 53, n. 7, p. 2717-2725.

- **Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.** Los almidones obtenidos de los clones promisorios de papa, presentaron un índice de absorción de agua (IAA) con valores de 6,4 g gel / g muestra y 15,1 g gel/g muestra para los clones 5 y 21 respectivamente (cuadro 31), presentando diferencias significativas (18,36%) según lo presentado en el cuadro 32. Para Alvis *et al.*⁹⁴, el índice de absorción de agua para almidón de papa gira en torno al 5,83 g gel/ g de muestra en base seca, lo cual indica que todos los almidones obtenidos están por fuera de este parámetro y esta variable pudo estar influenciada por la capacidad de las moléculas para formar un gel. Por otra parte, el valor obtenido para esta característica en los almidones de los clones seleccionados, puede determinar su aplicación en la industria.

El índice de solubilidad en agua (ISA) presentó un valor mínimo de 0,74% y máximo de 5,29 %. Para Alvis *et al.*⁹⁵, el índice de solubilidad en agua para almidón de papa es de 2,97 % en base seca, de este modo, el clon 62 (cuadro 31) es el que más próximo está a este valor, teniendo para los otros clones valores diferentes con una variación significativa del 59,42% (cuadro 32). La diferencia en los resultados para los clones de papa puede estar afectada por el contenido de amilopectina en los almidones. Por otro lado, es importante señalar que dependiendo del valor obtenido para esta característica, se puede determinar la aplicación del almidón según las condiciones del proceso.

Los valores para el poder de hinchamiento encontrados para el almidón de papa en estudio fueron de 6,58 % y 15,45%, con una diferencia entre los datos del 19,19% (cuadro 32). Los clones que presentaron mayor poder de hinchamiento fueron el clon 17 y el clon 21(cuadro 31) siendo estos clones aptos para ser

⁹⁴ ALVIS, Armando.; VÉLEZ, Carlos.; VILLADA, Héctor y RADA, Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. En: Información Tecnológica. 2008, v. 19 no.1, p.19-28.

⁹⁵ Ibid

utilizados en productos que requieran retener agua, como los productos cárnicos (embutidos), jaleas, etc. Además es importante tener en cuenta, lo mencionado por Zhou⁹⁶ en donde señala que los gránulos de almidón que presentan mayor poder de hinchamiento producen geles que son más deformables.

- **Determinación de viscosidad.** Los valores de viscosidad obtenidos en este trabajo presentaron una alta variación, la cual, según información suministrada por la FAO⁹⁷ se debe a que las altas temperaturas de secado pueden modificar las propiedades reológicas del almidón, particularmente, porque se puede presentar gelatinización y por ende, formación de grumos en el producto final.

La viscosidad en pastas de almidón es importante para las diferentes industrias, en especial para la industria de alimentos, ya que de acuerdo a la FAO⁹⁸ almidones de papa con alta viscosidad son empleados en postres, pudines, rellenos y gomas. En sopas, este dispersa eficazmente los ingredientes en el mezclado y durante la cocción la viscosidad decae a una consistencia deseada para el producto final.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- **Análisis de correlación de Pearson.** Mediante el análisis de correlación entre los parámetros evaluados, se obtuvieron 8 pares de variables las cuales se observan en el cuadro 33, correspondiente a la matriz de correlación de Pearson, las cuales presentan un coeficiente de correlación superior a $r > 0,90$. Cuatro (4) pares de estas variables se correlacionaron en forma directa y significativa.

⁹⁶ ZHOU *et al.* Op. cit.

⁹⁷ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Op. cit. p. 114.

⁹⁸ *Ibid.* p. 124-125.

Cuadro 33. Matriz de correlación de Pearson para las variables cuantitativas

	v1	V2	v3	v30	v31	v32	V33	v34	V35	v36	v37	v38	v39	v40	v41	v42	v43	v44	v45	v46	v47	
v1	1,000																					
v2	0,510	1,000																				
v3	0,265	0,673	1,000																			
v30	-0,356	-0,140	0,094	1,000																		
v31	0,355	0,139	-0,093	-0,999	1,000																	
v32	-0,355	-0,139	0,093	0,999	-1,000	1,000																
v33	-0,360	-0,140	0,093	0,999	-0,999	0,999	1,000															
v34	-0,239	0,259	0,265	0,132	-0,138	0,138	0,138	1,000														
v35	0,304	-0,264	-0,372	-0,277	0,281	-0,281	-0,283	-0,559	1,000													
v36	0,556	-0,002	0,015	-0,042	0,043	-0,043	-0,045	-0,341	0,343	1,000												
v37	-0,099	0,026	-0,203	0,387	-0,384	0,386	0,386	0,026	0,190	0,005	1,000											
v38	-0,282	-0,005	0,063	0,330	-0,324	0,324	0,325	0,136	-0,096	-0,143	0,145	1,000										
v39	0,095	-0,191	-0,244	-0,106	0,109	-0,109	-0,111	-0,200	0,447	0,223	0,253	0,067	1,000									
v40	0,135	0,261	0,255	0,018	-0,021	0,021	0,019	0,211	-0,414	-0,195	-0,256	-0,105	-0,919	1,000								
v41	0,165	0,301	0,377	0,179	-0,178	0,178	0,174	0,284	-0,234	0,329	-0,166	0,310	-0,115	0,190	1,000							
v42	-0,168	0,271	0,084	0,490	-0,488	0,488	0,487	0,048	-0,342	-0,001	0,503	0,184	-0,318	0,320	0,200	1,000						
v43	0,232	0,191	0,488	0,138	-0,136	0,136	0,137	-0,086	-0,108	0,226	-0,359	0,074	0,153	-0,200	0,192	-0,372	1,000					
v44	-0,227	-0,107	-0,279	-0,412	0,413	-0,414	-0,411	-0,144	0,217	-0,274	0,302	0,051	-0,213	0,138	-0,391	0,143	-0,708	1,000				
v45	0,146	0,262	-0,088	-0,262	0,266	-0,266	-0,266	-0,181	0,145	-0,088	0,256	-0,024	0,174	-0,200	-0,233	0,018	0,123	0,176	1,000			
v46	-0,199	-0,081	-0,281	-0,418	0,419	-0,419	-0,417	-0,146	0,216	-0,275	0,325	0,045	-0,208	0,147	-0,390	0,160	-0,711	0,998	0,219	1,000		
v47	-0,052	0,021	-0,151	-0,079	0,076	-0,076	-0,075	0,115	-0,164	0,061	0,276	0,031	-0,410	0,389	-0,090	0,308	-0,451	0,531	-0,186	0,536	1,000	

La variable materia seca (V32), está altamente correlacionada en forma directa con gravedad específica (V30), presentando un $r = 0,999$; así mismo, se presenta la misma correlación entre la variable almidón (V33) con las variables gravedad específica (V30) y materia seca (V32), lo cual demuestra que a mayor gravedad específica, mayor será el contenido de materia seca y de almidón como lo mencionó Smith y Talburt⁹⁹. Del mismo modo, la variable poder de hinchamiento (V46) se correlacionó con el índice de absorción de agua (V44) con valor de $r = 0,998$, deduciendo que al presentar el almidón un mayor poder de hinchamiento, mayor debe ser el índice de absorción de agua.

A su vez, se observó que existen cuatro (4) pares de variables que presentan una correlación inversa (r es negativa) y altamente significativa, estas fueron: contenido de agua (V31) con gravedad específica (V30) con un valor de correlación de $r = -0,999$; materia seca (V32) con contenido de agua (V31), presentando un valor de correlación de $r = -1,000$; la variable almidón (V33) se correlacionó con el contenido de agua (V31) con un valor de $r = -0,999$, por lo tanto, a mayor contenido de agua, menor contenido de gravedad específica, materia seca y almidón. Por último existe una alta relación del orden de $-0,919$ para las variables amilopectina (V40) y amilosa (V39). Es decir que a mayor contenido de amilosa menor debe ser el contenido de amilosa y viceversa.

- **Análisis de componentes principales.** En éste análisis se encontró un total de 20 componentes principales, los cuales se presentan en el cuadro 34.

En los componentes principales se tomó como referencia el valor propio de cada uno de ellos, mostrando que solamente los seis primeros poseen un valor superior a uno ($\lambda \geq 1$), lo cual es el criterio para escoger los componentes principales o nuevas variables ya que explican la mayor variabilidad del conjunto de datos original, 82,74%.

⁹⁹ SMITH, O. and TALBURT, W. Op. cit

Cuadro 34. Componentes principales de los 17 clones seleccionados

Componentes	Valor propio (λ)	Diferencia	Variabilidad (%)	Variabilidad Acumulada (%)
1	5,51	1,63	26,22	26,22
2	3,88	0,67	18,46	44,67
3	3,21	1,26	15,28	59,96
4	1,95	0,33	9,29	69,25
5	1,62	0,41	7,73	76,97
6	1,21	0,26	5,77	82,74
7	0,95	0,27	4,51	87,25
8	0,68	0,06	3,22	90,48
9	0,62	0,10	2,93	93,41
10	0,51	0,15	2,43	95,84
11	0,36	0,18	1,73	97,57
12	0,18	0,03	0,88	98,45
13	0,16	0,05	0,75	99,20
14	0,10	0,04	0,49	99,69
15	0,06	0,05	0,29	99,97
16	0,01	0,01	0,03	100,00
17	0,00	0,00	0,00	100,00
18	0,00	0,00	0,00	100,00
19	0,00	0,00	0,00	100,00
20	0,00	0,00	0,00	100,00

Al interpretar los vectores característicos (cuadro 35) se observó que en el primer componente las variables que influyen son materia seca (V32), almidón (V33), gravedad específica (V30) y agua (V31), teniendo para estas variables el mismo nivel de importancia dentro del componente principal, con un aporte del 26,22% de la variación total como se observa en el cuadro 34. El primer componente es muy importante, porque en él se reúnen las variables que influyen en la selección de aquellos clones con potencial para la extracción de almidones nativos.

Cuadro 35. Vectores característicos para los seis primeros componentes principales

VARIABLE	COMPONENTES PRINCIPALES					
	1	2	3	4	5	6
V1	-0,131	-0,266	0,148	0,428	-0,162	-0,085
V2	0,008	-0,101	0,359	0,365	0,333	-0,048
V3	0,120	-0,178	0,347	0,128	0,211	-0,019
V30	0,404	0,077	-0,125	0,044	-0,044	-0,097
V31	-0,404	-0,077	0,123	-0,042	0,047	0,098
V32	0,404	0,077	-0,123	0,042	-0,047	-0,098
V33	0,404	0,078	-0,124	0,040	-0,045	-0,099
V34	0,130	0,062	0,246	-0,206	0,270	0,318
V35	-0,200	-0,075	-0,328	0,210	-0,167	0,024
V36	-0,017	-0,220	-0,072	0,401	-0,420	0,195
V37	0,089	0,248	-0,239	0,408	0,203	0,003
V38	0,153	0,083	-0,056	0,017	0,253	0,511
V39	-0,068	-0,212	-0,400	0,080	0,220	0,251
V40	0,043	0,170	0,436	-0,016	-0,252	-0,210
V41	0,162	-0,150	0,218	0,150	-0,080	0,526
V42	0,200	0,271	0,088	0,353	0,021	-0,058
V43	0,117	-0,400	0,034	-0,042	0,118	-0,151
V44	-0,242	0,387	-0,006	0,064	0,064	0,063
V45	-0,136	-0,021	-0,073	0,236	0,479	-0,327
V46	-0,245	0,387	-0,002	0,088	0,080	0,047
V47	-0,056	0,327	0,150	0,153	-0,235	0,168

Las variables del segundo componente, presentan una variabilidad de 18,46% (cuadro 34) y están representadas de acuerdo a los resultados del cuadro 35, por poder de hinchamiento (V46), índice de absorción de agua (V44), viscosidad (V47) y temperatura de gelatinización (V43), siendo ésta variable la de mayor peso en este componente. Aquí se encuentran las variables funcionales de los almidones extraídos, las cuales determinan el comportamiento de este en la industria y por ende su calidad.

En el cuadro 35 se observa para el tercer componente que las variables de mayor relevancia fueron amilopectina (V40), amilosa (V39), altura de la planta (V2), grosor del tallo (V3) y proteínas (V35), las cuales representan un 15,28% de la variabilidad total de la población (cuadro 34). La amilopectina es la variable más

importante de éste componente ya que es una característica fisicoquímica del almidón incidiendo en la calidad final del almidón.

El cuarto componente, estuvo influenciado, según lo mostrado en el cuadro 35, por las variables de emergencia de la planta (V1), pH del tubérculo (V37) y cenizas (V36) presentando una variación del 9,29% como se indica en el cuadro 34. Para este componente las variables tienen una influencia directa con el factor suelo, el cual afecta la composición de los tubérculos y por lo tanto, las características del almidón. Para éste componente, la variable emergencia fue más sobresaliente.

El quinto componente (cuadro 35) está explicado primordialmente por el índice de solubilidad en agua (V45), aportando una variación de 7,73% como se aprecia en el cuadro 34. El índice de solubilidad es importante porque indica el comportamiento de los almidones en agua y determina la calidad de éstos en los diferentes procesos industriales.

Por último para el sexto componente, se tuvo una variación de 5,77% (cuadro 34), representado por las variables rendimiento de extracción (V38) y contenido de humedad (V41), siendo ésta última la más importante para este componente como se indica en el cuadro 35, ya que determina la estabilidad del almidón en el almacenamiento.

Las variables que están aportando bastante información en sus respectivos componentes principales son gravedad específica, agua, materia seca, almidón, temperatura de gelatinización, amilopectina, emergencia, índice de solubilidad y humedad, siendo estas variables las que influenciaron los materiales promisorios en relación a uno de los objetivos establecidos en este trabajo. Como la emergencia es una característica que depende de factores externos, no tuvo trascendencia en la elección de los clones promisorios para la extracción de almidón nativo.

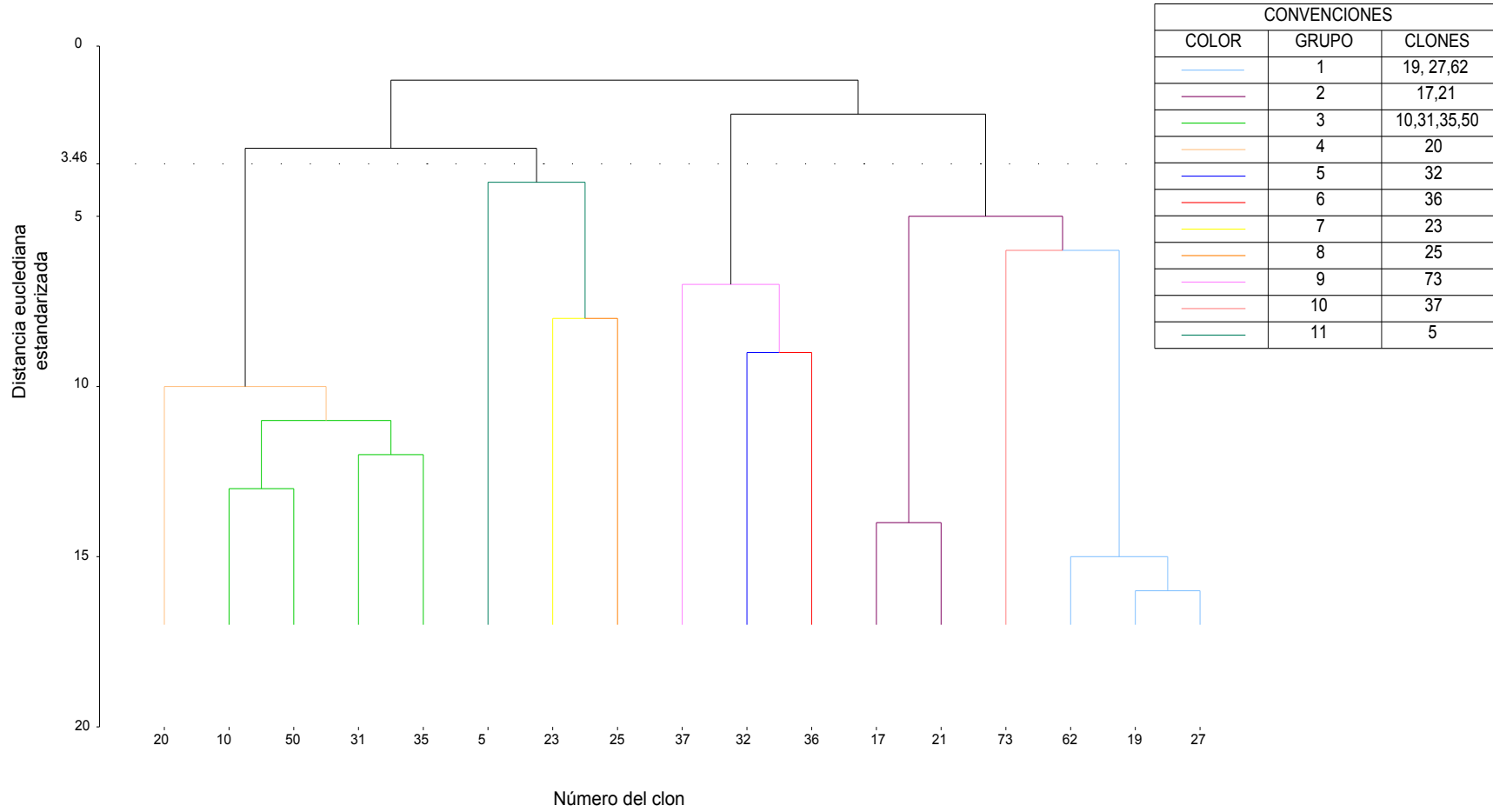
• **Análisis de clúster.** Tomando como variables los seis componentes principales determinados, se hizo el análisis clúster, empleando las distancias euclidianas estandarizadas con las cuales se realizó un dendograma como se observa en la figura 14, siendo los individuos que están más cerca del cero, los que poseen mayor similitud entre sí.

Para poder agrupar los 17 clones, se estableció en la distancia 3,46 la línea de corte con la que se obtuvieron 11 grupos y cada uno de ellos con subdivisión, quedando los grupos como se muestra en el cuadro 36.

Cuadro 36. Promedio de las variables evaluadas para cada agrupamiento derivado del análisis de clúster

GRUPOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Clon No. 19, 27 62	17, 21	10, 31, 35, 50	20	32	36	23	2	73	37	5
VARIABLE												
V1	Emergencia (No.)	48	73	86	75	90	90	25	45	42	90	90
V2	Altura de la planta(cm)	56,00	71,00	63,25	38,00	64,00	75,00	35,00	75,00	43,00	68,00	68,00
V3	Grosor tallo (cm)	1,07	1,06	1,14	0,70	1,30	1,40	1,04	1,36	0,74	1,26	1,20
V30	Gravedad especifica	1,1007	1,0886	1,0898	1,0891	1,0898	1,0908	1,1074	1,0998	1,0888	1,0865	1,1163
V31	Agua (%)	75,01	77,31	77,08	77,17	77,04	76,88	73,78	75,15	77,25	77,71	72,07
V32	Materia seca(%)	24,99	22,69	22,92	22,83	22,96	23,12	26,22	24,85	22,75	22,29	27,93
V33	Almidón (%)	18,62	16,42	16,63	16,55	16,67	16,83	19,76	18,48	16,48	16,04	21,38
V34	Azúcares reductores (%)	0,16	0,17	0,16	0,21	0,23	0,12	0,10	1,65	0,17	0,11	0,13
V35	Proteínas (%)	2,49	2,62	2,98	3,92	2,42	2,01	1,80	0,75	2,30	2,37	2,42
V36	Cenizas (%)	0,93	1,01	1,69	1,41	1,78	0,83	1,13	0,65	0,82	1,41	1,91
V37	pH	6,5	6,5	6,2	6,4	6,1	5,7	6,3	6,3	5,9	6,2	6,5
V38	Rendimiento extracción (%)	15,94	16,64	17,57	16,55	9,09	16,36	23,09	17,45	11,82	13,82	16,00
V39	Amilosa (%)	32,67	27,25	36,29	40,00	16,50	22,00	29,00	27,00	30,00	42,00	33,00
V40	Amilopectina (%)	63,33	72,75	63,71	60,00	83,50	78,00	71,00	73,00	70,00	58,00	67,00
V41	Humedad (%)	8,27	12,31	16,41	13,64	17,59	19,32	19,98	20,71	5,89	9,71	20,20
V42	Claridad-opacidad (%)	73,90	78,22	71,58	54,53	75,43	61,20	79,83	74,07	70,80	62,70	82,90
V43	Temperatura de Gelatinización (°C)	62	61	62	62	62	64	62	62	61	65	63
V44	Índice de Absorción de Agua (g gel / g muestra)	12,18	14,78	11,53	11,25	11,54	9,40	10,98	9,75	11,18	8,12	6,50
V45	Índice de Solubilidad en Agua (%)	2,94	4,01	2,25	1,50	1,45	2,25	1,37	1,26	0,97	5,29	1,10
V46	Poder de Hinchamiento (%)	12,32	15,28	11,68	11,34	11,64	9,46	11,07	9,83	11,25	8,35	6,58
V47	Viscosidad (cP)	3246	11073	4745	5515	6435	1588	6155	6575	5946	1505	5913

Figura 14. Dendograma con 11 clúster de los 17 clones promisorios de papa



De acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 36 y el dendograma de la figura 14 se observó para cada uno de los 11 grupos clúster las siguientes características:

El grupo 1 está conformado por tres clones (19, 27 y 62) predominando en este grupo una altura de la planta media y un grosor de tallo de 1,07 cm. Aunque posee buenos valores de gravedad específica, contenido de agua, contenido de materia seca, porcentaje de almidón, azúcares reductores y las características funcionales fueron aceptables, el contenido de proteína no es muy favorable, afectando de este modo el rendimiento de extracción, por lo que este grupo no es adecuado para la obtención de almidón.

El grupo 2, conformado por los clones 17 y 21, presentó los mayores valores de índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento comparados con los otros diez grupos evaluados, sin embargo el contenido de materia seca y de almidón fueron los más bajos, siendo estas unas de las variables determinantes para la selección de los clones.

El grupo 3, con cuatro individuos (clon 10, 31, 35 y 50), se caracterizó por registrar uno de los mayores contenidos de proteínas con un valor de 2,98%. Presentó una altura de planta y grosor del tallo medios, con valores para las demás variables fisicoquímicas, de proceso y funcionales dentro de los rangos establecidos para su procesamiento, es decir, las condiciones de calidad del almidón se encuentran estables, pero por contener altos niveles de proteína, su extracción se puede ver afectada.

En el grupo 4 se encuentra el clon 20, el cual registró una altura de la planta, grosor del tallo y contenido de amilopectina bajo comparado con los otros grupos, lo que influye en la calidad del almidón obtenido; además, presentó el mayor

contenido de proteínas. En conclusión, estos valores no favorecen la elección de éste clon para la extracción de almidón.

En el grupo 5 esta conformado por el clon 32, el cual presentó valores de 9,09% para extracción de almidón, siendo este el menor valor registrado para esta variable, por lo tanto este material es descartado para la obtención de almidón.

El grupo 6 con un clon (clon 36), posee los mejores valores de amilosa y amilopectina con valores de 22 y 78% respectivamente. De igual manera sus clones tienen una alta gravedad específica, alto rendimiento de extracción y alto contenido de almidón, además presenta características físicas y funcionales excelentes, siendo un grupo promisorio para la obtención de almidón nativo.

En el grupo 7 se encuentra el clon 23. En la evaluación de la gravedad específica el valor encontrado fue de 1,107, teniendo de este modo un buen valor para esta variable, con contenidos de almidón y de rendimiento de extracción elevados. Así mismo, presentó excelentes valores para las demás características fisicoquímicas y funcionales evaluadas, lo que indica que éste puede ser un grupo potencial para la aplicación en la industria del almidón.

El grupo 8 esta representado por el clon 25, mostrando valores para altura de la planta y grosor del tallo promedio. Los tubérculos evaluados presentaron buenos contenidos de gravedad específica, agua, materia seca y almidón, con el más bajo contenido de proteína (0,75%). Sin embargo, al tener la mayor cantidad de azúcares reductores con un valor de 1,65% y un porcentaje de humedad elevado, afectando la estabilidad y calidad del almidón durante su almacenamiento, por lo que no presentaría un buen desempeño a nivel industrial.

El grupo 9, conformado por el clon 73 se caracterizó por presentar el menor valor de humedad, de esta manera se garantiza su estabilidad durante el

almacenamiento. Pese a esto el valor de índice de solubilidad también fue bajo, lo cual afecta directamente en la funcionalidad del almidón, disminuyendo de ésta manera su calidad y por ende su uso en la industria.

En el grupo 10 se encuentra el clon 37, el cual presentó valores elevados para contenido de agua e índice de solubilidad, registrando además el menor valor de gravedad específica, indicando de ésta manera que este grupo no es apto para su procesamiento, ya que se encontraron grupos con mejores características.

El grupo 11 está conformado por el clon 5, predominando en el los mayores valores para: gravedad específica, materia seca y contenido de almidón. Sin embargo, el contenido de proteína presentó un alto valor, lo cual afectó el rendimiento en la extracción del almidón. Además, éste grupo presentó el menor valor de poder de hinchamiento, afectando la funcionalidad del almidón, razón por la cual éste clon no es promisorio.

Con los análisis e interpretación de los resultados obtenidos se puede recomendar que los clones de los grupos 6 y 7 presentan óptimas características vegetativas, fisicoquímicas y funcionales para la producción de almidones nativos.

- **Análisis de frecuencias.** Por medio de éste análisis se obtuvo información sobre las valoraciones de cada grupo establecido por el clúster, de ésta manera en el cuadro 37 se describieron y se conocieron las similitudes y diferencias entre los grupos elegidos, allí se interpreta a partir de los descriptores del CIP (anexo A), los datos obtenidos en el análisis de frecuencias, para las variables cualitativas evaluadas en los grupos seleccionados (clones 23 y 36). Las tablas de frecuencias para los 11 grupos se presentan en el anexo H.

Cuadro 37. Interpretación de las variables cuantitativas para clones 23 y 26 a partir del análisis de frecuencias

VARIABLES		GRUPO 6	GRUPO 7
		CLON 36	CLON 23
PLANTA	<i>Hábito de crecimiento</i>	Decumbente	Erecto
	<i>Vigor</i>	Bueno	Bueno
TALLO	<i>Color</i>	Verde con pocas manchas púrpura	Pigmentado con poco verde
	<i>Forma alas</i>	Onduladas	Rectas
FLORACIÓN	<i>Grado</i>	Moderada	Escasa
	<i>Color de pedicelo</i>	Verde	Completamente pigmentado
	<i>Color de cáliz</i>	Verde con muchas manchas	Pigmentado con poco verde
	<i>Forma de la corola</i>	Pentagonal	Pentagonal
FLOR	<i>Color</i>	Morado pálido	Violeta oscura
BAYA	<i>Forma</i>	Globosa	Piriforme
	<i>Color</i>	Verde	Verde con bandas pigmentadas y pocos puntos blancos
TUBÉRCULO	<i>Color piel</i>	Blanco-crema con manchas moradas salpicadas	Rosado oscuro
	<i>Color de carne (pulpa)</i>	Blanco crema	Blanco crema
	<i>Forma</i>	Ovalada	Ovalada
	<i>Profundidad de ojos</i>	Media	Profundos

En este cuadro se encontró similitudes para los clones 36 y 23, en el buen vigor de la planta, la forma pentagonal de la corola, forma ovalada del tubérculo y color de la carne (pulpa) blanco crema, siendo estas características información adicional que complementan la caracterización de los tubérculos.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo invitan a continuar con la investigación, teniendo en cuenta no solo la caracterización agronómica, sino además, la caracterización fisicoquímica de los materiales y la funcionalidad de los almidones para la evaluación y selección de clones y de esta manera utilizar eficazmente el potencial de los materiales, para desarrollar nuevas variedades comerciales que satisfagan las necesidades de la industria nacional.

CONCLUSIONES

De los 81 clones promisorios de papa evaluados, se eligieron 17 y mediante los análisis estadísticos se asociaron en 11 grupos de acuerdo a sus similitudes por las características cuantitativas evaluadas, que permitieron seleccionar los clones 23 y 36 ya que presentaron óptimos valores promedio para gravedad específica, contenido de almidón, agua, materia seca, proteína y azúcares reductores, además de tener un buen rendimiento en la extracción y buenas propiedades funcionales, según los requerimientos de la industria.

Los materiales estudiados presentaron una alta variabilidad en los parámetros evaluados, razón por la cual, cada uno de los clones analizados presentó características diferentes, deduciendo así, que cada uno de ellos es único y auténtico.

El secado influye directamente en las características funcionales de los almidones extraídos.

De acuerdo al análisis por componentes para el presente trabajo, las variables que aportaron bastante información son: gravedad específica, agua, materia seca, almidón, temperatura de gelatinización, amilopectina, emergencia, índice de solubilidad y humedad.

Conocer las características agronómicas y fisicoquímicas de los clones evaluados, además de la funcionalidad de los almidones extraídos, constituyen un importante aporte a los trabajos de mejoramiento agronómico, porque da criterios para definir otros posibles usos industriales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear un análisis gravimétrico para determinar el contenido de agua, materia seca y almidón en la papa con el fin de reafirmar los resultados obtenidos.

Los clones seleccionados pueden ser parte de un programa de mejoramiento genético posterior para desarrollar una variedad mejorada, teniendo en cuenta, no solo el consumo en fresco y la industria del almidón sino además, la industria de pasabocas y así mismo es importante conocer la interacción de estos clones frente a otros ambientes para determinar la correlación con las variables de proceso.

Estudiar la aplicación y el comportamiento de los almidones obtenidos a partir de los clones promisorios de papa en la industria de alimentos y en otras industrias donde se emplee como materia prima.

Como los almidones nativos presentan ciertas limitaciones para uso industrial, se recomienda evaluar los cambios estructurales a partir de la modificación de los almidones con el fin de mejorar sus propiedades funcionales y tener un amplio rango de aplicaciones industriales y de productos, proporcionándoles un mayor valor agregado.

Se recomienda emplear el viscoamilógrafo de Brabender, para estudiar las propiedades de la pasta de almidón y su comportamiento a una concentración determinada, durante el calentamiento y enfriamiento a velocidad constante.

Es importante continuar con estudios reológicos y de conservación de la pasta de almidón a diferentes temperaturas (ambiente, refrigeración y congelación) con el fin de determinar la vida útil de este producto.

Caracterizar morfológicamente el gránulo del almidón, porque este influye en las propiedades físicoquímicas y funcionales como la solubilidad y el poder de hinchamiento, afectando por ende su calidad. Además, el tamaño y la forma del gránulo determina la aplicación industrial.

BIBLIOGRAFIA

AARDAPPELMEEL VERKOOP BUREAU. Las féculas tomaron el control. Argentina: AVEBE [en línea]. s.f. [consulta: 24-10-2008]. Disponible en Internet:<<http://www.alimentacion.enfasis.com/html2pdf>>

ALVIS, Armando.; VÉLEZ, Carlos.; VILLADA, Héctor y RADA, Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. En: Información Tecnológica. 2008, v. 19 no.1, p.19-28.

ANDERSON, R.; CONWAY, H.; PHEISER, V. and GRIFFIN, E. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. En: Cereal Science Today. 1969, vol. 14. p. 4-12.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of the AOAC. Estados Unidos: AOAC, 2005. 18 ed.

BAÉZ, P. M. Monografía de la papa (*Solanum tuberosum*). México: Coahuila, 1983. p 116.

BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S. and MOORTHY, S. Cassava in food, feed, and industry. EEUU: CRC.1988. p. 144 - 190.

BELLO-PÉREZ, Luis; ACEVEDO, Edith; SÁNCHEZ, Laura y PAREDES, Octavio. Isolation and partial characterization of banana starches. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1999, vol. 47, no.3. p. 854-857.

BERGONZI, Ricard. Importancia del peso específico de la papa en la industria procesadora. Argentina: Mc Cain. [en línea]. 2005. [consulta: 12-02-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=182>>.

BETANCURT, A. and NOVELO, C. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. En: Starch/Stärke, 2005. v. 57, n. 9, p. 431-441.

BOU RACHED, Lizet; DE VIZCARRONDO, Consuelo y RINCON, Alicia M. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. [en línea]. Diciembre 2006, vol.56, no.4. [consulta: 10-01-2009]. p.375-383. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00046222006000400010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Y MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL – MADR. Investigación y transferencia de tecnología sobre calidad de almidones, azúcares y valoración energética de materiales de papa. Bogotá: CIAT, CORPOICA y MADR. 2002. p 5.

CENTRO VIRTUAL DE INVESTIGACIÓN DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA PAPA – CEVIPAPA. El cultivo de la papa en Colombia. [en línea] s.f. [consulta: 01-02-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.cevipapa.org.co/cultivo/colombia.php>>.

CEPEDA, Melchor y GALLEGOS, Gabriel. La Papa, el fruto de la tierra. México: Trillas. 2003, p 13-18. ISBN 968-24-6909-0.

CHARLES, A.; CHANG YH.; KO WC.; SRIROTH K.; HUANG TC. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. v. 53, n. 7, p. 2717-2725.

COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL e INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA. Acuerdo marco de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Bogotá D.C.: Colección documentos IICA, Serie de competitividad, 1999. No. 14.

----- . Anexo estadístico. Descripción de la cadena de la papa, [en línea]. Enero 2006. [consulta: 18-06-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.agrocadenas.gov.co/home.htm>>.

----- . La cadena de la papa en Colombia, [en línea]. 2006. [consulta: 25-02-2009]. Disponible en Internet: <http://www.agrocadenas.gov.co/papa/documentos/caracterizacion_papa.pdf>.

CONSEJO NACIONAL DE PAPA. Citado por CORPOICA. En: Estadísticas papa 2004-2008. Agosto 2008. [Base de datos]

CORASPE, Héctor. La calidad del tubérculo de papa. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (CENIAP). [en línea]. s.f. [consulta: 09-02-2009] Disponible en Internet: <<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd60/papa.html>>.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. Proyecto “Obtención de variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum*), por su potencial de producción de almidones nativos en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá” Bogotá D.C.: CORPOICA, 2008.

COULTATE, T. The chemistry of its components. España: Acribia, 1984. p. 26 – 31.

CRAIG, S.; MANINGAT, C.; SEIB, P. and HOSENEY, R. Starch Paste Clarity. En: Cereal Chemistry. 1989, vol. 66, no. 3. p.173-182.

CRISCI, J y LÓPEZ, M. Introducción a la teoría práctica de la taxonomía numérica. Programa regional de desarrollo científico y tecnológica. Estados Unidos Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos-OEA; 1983. Serie de biología no. 26.

DEVORE, Jay. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias, México: Thomson. 1998, 4 ed. p. 7-37

ECUADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA ACUACULTURA Y PESCA – MAG. Situación de la cadena de la papa, uso Integral de la papa. [Base de datos en línea] Febrero 2000. [consulta: 05-11-2008]. Disponible en Internet: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/uso_papa.htm>.

EMPRESA COMERCIALIZADORA DE DERIVADOS DE LA PAPA - ECODEPA S.R.L. Industrialización de la papa. Perú. [en línea]. 2003. [consulta: 14-07-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.angelfire.com/pro/papalima/enlaces/papa03.htm>>.

ESTRADA, Nelson. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Bogotá: CIP-IPGRI-PRACIPA-IBTA-PROINPA-SDC-CID.2000. ISBN 84-89891-68-0.

FAIGUENBAUM, H. Papa. Producción de cultivos en Chile. Cereales, leguminosas e industriales. Chile: Torrelozones, 1988. p. 309-332.

FARIAS HENAO, Myriam Patricia y MORENO NIETO, Lidiska Catherine. Caracterización fisicoquímica de dos variedades de batata (*ipomoea batata*) y caracterización reológica de sus harinas y almidones. Trabajo de grado Ingenieras de Alimentos. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1999. 127 p.

FORTUNA, Teresa; JANUSZEWSKA, Renata; JUSZCZAK, Leslaw; KIELSKI, Andrzej and PALASINSKI, Mieczyslaw. The influence of starch pore characteristics on pasting behaviour. En: International Journal of Food Science and Technology. 2000, vol. 35. p. 285-291.

FOX, B. y CAMERON, A. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. México: Limusa, 1997. p. 122 – 128.

GRACE, M. Elaboración de la yuca. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 1977. p 116.

HAWKES, J. The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources. Inglaterra: Belhaven Press, 1990. 259 p.

HERNÁNDEZ, Marilyn.; TORRUCO, Juan.; CHEL, Luis y BETANCUR, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. En: Ciencia y tecnología de Alimentos, 2008. v.28 no.3. p. 718-726. ISSN 0101-2061.

HOOKER, W. Compendium of potato diseases, 3 ed. Estados Unidos: American Phytopathological Society, 1986.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches. En: A review, Carboh. Polym. 2001, vol 45, No. 3. p. 253-267.

HOUGHLAND, G. New conversion table for specific gravity, dry matter, and starch in potatoes. En: American Potato Journal. 1966, vol.43. p.138.

HUERTAS, J. Evaluación de la Colección Colombiana de *Solanum tuberosum* subespecie *tuberosum* por parámetros de calidad para la industria de pasabocas. Trabajo de grado Ingeniero de Alimentos. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos, 1998. 127 p.

HUAMAN, Z. Descriptores de la papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Perú: Centro Internacional de la Papa – CIP, 1994.

INDUSTRIAS ALIMENTICIAS FABP, S.A. DE C.V. –FABSA. Ventajas, Usos y Aplicaciones de los Almidones. En: Mundo Lácteo y Cárnico. [en línea] 2005. [consulta: 15-11-2008] Disponible en Internet: <http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC009_FABPSA.pdf>.

INFOAGRO. El cultivo de la patata. Infoagro Systems - España [en línea]. s.f. [consulta: 04-02-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm>>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS, Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. NTC 1486, NTC 5613 y NTC 4490.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE – ISI. Determination of viscosity of starch by Brookfield. ISI 17-1e. [en línea]. 2002. En: Laboratory methods. Dinamarca: Aarhus. [consulta: 26-01-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>>.

LAJOLO, Franco y WENZEL Elizabete. Carbohidratos en alimentos regionales. Brasil: EDUSP, 2006. p. 31. ISBN 8531409357.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. and TYLER, R. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches. En: Review, Starch/Stärke. 2004, vol. 56. no. 3-4. p. 89-99.

LITTLE, Thomas. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México: Trillas. 1976. p.21-30.

LUJAN, Lauro. La ecología de la papa. En: Revista Papa, no. 12. Bogotá D.C: Federación Colombiana de Productores de Papa, 1994. p 36.

MC GRANCE, S.; CORNELL H. and RIX J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. En: Starch/Stärke. 1998, vol. 50.

MILLER, Dennis. Química de Alimentos: Manual de Laboratorio, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. p.13. ISBN 9977677859.

MILLER, G. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. En: Analytical Chemistry, 1959, v.31 no. 3. p. 426–428.

MORENO, José Dilmer. Calidad de la papa para usos industriales. [en línea] s.f. [consulta: 10-02-2009]. Disponible en Internet: <<http://www.redepapa.org/calidadpapa.pdf>>.

MUNCK, L.; REXEN, F. and HAASTRUP, L. Cereal starches within the European Community: agricultural production, dry and wet milling and potential use in industry. En: Starch/Staerke. 1988, vol. 40, no. 3. p. 81-87.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO. Reseña de fin de año. Año internacional de la papa 2008, Nueva luz sobre un tesoro enterrado. Roma: FAO, 2008. p.13.

-----.Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícola de la FAO 163. Roma: FAO. 2007. p 113. ISSN 1020-4334.

PERU, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Sector Agrario - Agrícola - Cultivos de Importancia Nacional - Papa, Industrialización. [en línea] s.f. [consulta: 27-09-2008] Disponible en Internet: <<http://www.portalagrario.gob.pe/papa/industrializacion.html>>.

PLAISTED, R. Hybridization of Crop Plants. «Potato», Estados Unidos: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1982. p. 483-494.

PLA, L. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Estados Unidos: Organización de los Estados Americanos – OEA. 1986.

RINCÓN Alicia, DE VIZCARRONDO Consuelo, DE PADILLA, Fanny y MARTIN, Eduardo. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). En: Archivo Latinoamericano de Nutrición. 2000. vol.50, no.3. p. 286-290.

SANGEETHA M. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. En: Food Hydrocolloids. 2006. v. 20, no.5. p. 557–566.

SAS INSTITUTE INC. *Statistical Analysis System* - SAS® versión 9.1. [Programa de computador en disco] EEUU. 2003.

SHAW, Roy and BOOTH, Robert. Simple processing of dehydrated potatoes and potato starch. Lima: Centro Internacional de la Papa – CIP, 1980. p. 9.

SINGH, J. and SINGH, N. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. En: Food Chemistry. 2001, vol. 75. p. 67–77.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE PAPA – SINAIPA. Análisis de los mercados de las islas del Caribe para papa colombiana. [en línea]. Julio 2002. [consulta: 14-08-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.redepapa.org/boletin11.pdf>>.

----- Semillas de papa y tubérculos de semilla. En: El correo de la papa. Abril 2002. Boletín mensual no. 08. p. 4.

SMITH, O. and TALBURT, W. Potato processing. Estados Unidos: Avi Publishing Company. 1975.

TAMARO, D. Manual de horticultura, 9 ed. México: G. Gili, 1981. p 56.


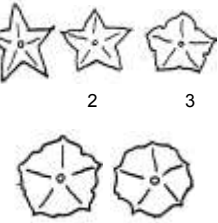
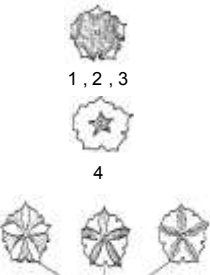
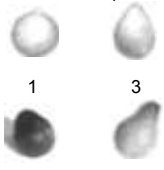
VASQUEZ, Hugo. Proceso Productivo del Almidón. [en línea]. s.f. [consulta: 06-10-2008]. Disponible en Internet: <<http://www.almidones.org/alm/proceso.htm>>.

WOOLFE, J. Potato in human diet. International Potato Center (CIP) and Cambridge University Press, 1987. p. 231.

ZHOU, M.; ROBARDS, K.; HOLMES, M. and HELLIWELL, S. Structure and pasting properties of oat starch. En: Cereal Chemistry, 1998. v. 75, no. 3, p. 273-281.

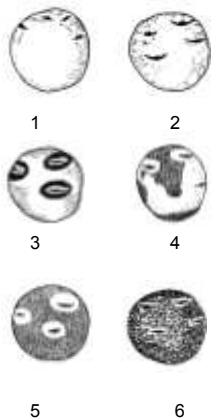
ANEXO A

DESCRITORES VARIETALES PARA PAPA DEL CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA - CIP

Hábito de crecimiento	PLANTA COLOR TALLO	HÁBITO DE CRECIMIENTO
 <p>1</p> <p>3</p>	1 VERDE 2 VERDE CON POCAS MANCHAS 3 VERDE CON MUCHAS MANCHAS 4 PIGMENTADO CON ABUNDANTE VERDE 5 PIGMENTADO CON POCO VERDE 6 ROJIZO 7 MORADO	1 ERECTO 2 SEMI-ERECTO 3 DECUMBENTE 4 POSTRADO 5 SEMI-ARROJETADA 6 ROCETADA
Forma corola  <p>1 2 3</p> <p>4 5</p>	FORMA DE ALAS DEL TALLO 0 AUSENTE 1 RECTO 2 ONDULADO 3 DENTADO	VIGOR 1 2 REGULAR 3 MALO
Distribución del color  <p>1, 2, 3</p> <p>4</p> <p>5</p>	FLORACIÓN GRADO DE FLORACIÓN 1 SIN BROTES 2 ABORTO DE BOTONES 3 FLORACIÓN ESCASA 4 FLORACIÓN MODERADA 5 FLORACIÓN PROFUSA	PIGMENTACIÓN EN ANTERAS 1 SIN ANTOCIANINAS 2 RAYAS PIGMENTADAS 3 MANCHAS PIG. EN EL ÉPICE 4 RAYAS Y MANCHAS PIG. 5 ANTERAS ROJO-MARRÓN
Formas bayas  <p>1 3</p> <p>5 7</p>	FORMA DE LA COROLA 1 ESTRELLADA 2 SEMIESTRELLADA 3 PENTAGONAL 4 ROTACEA 5 MUY ROTACEA	COLOR DE CALIZ 1 VERDE 2 ROJO 3 PURPURA 4 VERDE CON UN POCO DE ROJO 5 VERDE CON UN POCO DE PURPURA 6 ROJO CON UN POCO DE VERDE 7 PURPURA CON UN POCO DE VERDE
	FLOR COLOR PRIMARIO 1 BLANCO 2 ROJO-ROSADO 3 ROJO-MORADO 4 CELESTE 5 AZUL 6 LILA 7 MORADO 8 VIOLETA	COLOR SECUNDARIO 1 AUSENTE 2 BLANCO 3 ROJO-ROSADO 4 ROJO-MORADO 5 CELESTE
	INTENSIDAD 1 AUSENTE 2 PÁLIDO 3 INTERMEDIO 4 OSCURO	DISTRIBUCIÓN DEL COLOR 1 ACUMEN BLANCO HAZ 2 ACUMEN BLANCO ENVEZ 3 ACUMEN BLANCO AMBOS 4 EN LA ESTRELLA 5 BANDAS EN EL HAZ
	BAYA COLOR DE BAYA 1 VERDE 2 VERDE CON POCOS PUNTOS BLANCOS 3 VERDE CON BANDAS BLANCAS 4 CON ABUNDANTES PUNTOS BLANCOS 5 VERDE CON ÁREAS PIG. 6 VERDE CON BANDAS PIG. 7 PREDOMINANTEMENTE PIG.	FORMA DE LA BAYA 1 GLOBOSA 2 GLOBOSA CON MUCRON TERMINAL 3 OVOIDE 4 OVOIDE CON MUCRON TERMINAL 5 CÓNICO 6 CÓNICO ALARGADO 7 PIRIFORME

TUBÉRCULO

Distribución del color en piel



- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| COLOR PIEL TUBÉRCULO | |
| <i>PRIMARIO</i> | <i>INTENSIDAD</i> |
| 1 BLANCO - CREMA | 0 AUSENTE |
| 2 AMARILLO | 1 PÁLIDO |
| 3 NARANJA | 2 INTERMEDIO |
| 4 MARRÓN | 3 OSCURO |
| 5 ROSADO | |
| 6 ROJO | |
| 7 ROJO-MORADO | |
| 8 MORADO | |
| 9 NEGRUZO | |

SECUNDARIO

DISTRIBUCIÓN

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1 BLANCO - CREMA | 1 EN LOS OJOS |
| 2 AMARILLO | 2 EN LAS CEJAS |
| 3 NARANJA | 3 ALREDEDOR DE LOS OJOS |
| 4 MARRÓN | 4 MANCHAS DISPERSAS |
| 5 ROSADO | 5 COMO ANTEOJOS |
| 6 ROJO | 6 MANCHAS SALPICADS |
| 7 ROJO-MORADO | 7 POCOS PUNTOS |
| 8 MORADO | |
| 9 NEGRUZO | |

COLOR CARNE DEL TUBÉRCULO

PRIMARIO

SECUNDARIO

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 BLANCO | 0 AUSENTE |
| 2 CREMA | 1 BLANCO |
| 3 AMARILLO CLARO | 2 CREMA |
| 4 AMARILLO INTENSO | 3 AMARILLO CLARO |
| 5 ROJO | 4 AMARILLO INTENSO |
| 6 MORADO | 5 ROJO |
| 7 VIOLETA | 6 MORADO |
| | 7 VIOLETA |

DISTRIBUCIÓN

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 0 AUSENTE | 4 ANILLO VASCULAR AMPLIO |
| 1 POCAS MANCHAS | 5 ANILLO VASCULAR MÉDULA |
| 2 ÁREAS | 6 TODO MENOS MÉDULA |
| 3 ANILLO VASCULAR ANGOSTA | 7 SALPICADO |

*FORMA DEL TUBÉRCULO **

FORMA GENERAL

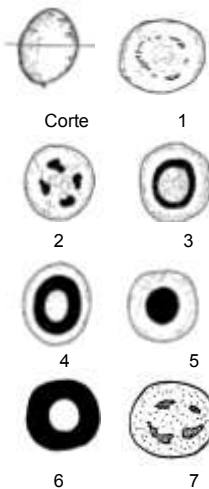
FORMAS RARAS

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1 COMPRIMIDO | 0 AUSENTE |
| 2 REDONDO | 1 APLANADO |
| 3 OVALADO | 2 CLAVADO |
| 4 OBOVADO | 3 RENIFORME |
| 5 ELÍPTICO | 4 FUSIFORME |
| 6 OBLONGO | 5 FALCADO |
| 7 OBLONGO-ALARGADO | 6 ENROSCADO |
| 8 ALARGADO | 7 DIGITADO |
| | 8 CONCERTINADO |
| | 9 TUBEROSADO |

PROFUNDIDAD DE LOS OJOS

- | |
|-----------------|
| 1 SOBRESALIENTE |
| 2 SUPERFICIAL |
| 3 MEDIO |
| 4 PROFUNDO |
| 5 MUY PROFUNDO |

Distribución del color en carne

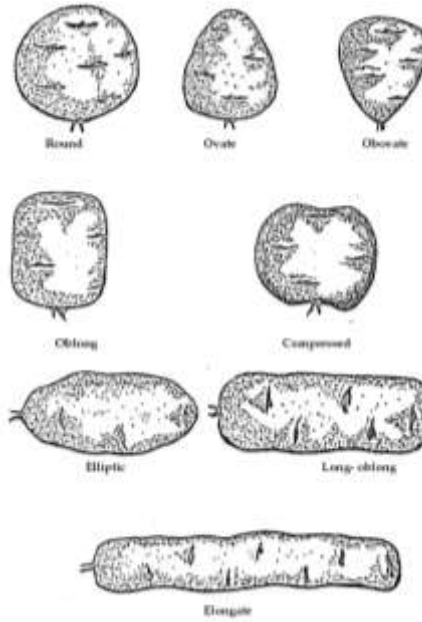


* Dibujos de formas del tubérculo se encuentran en el anexo B

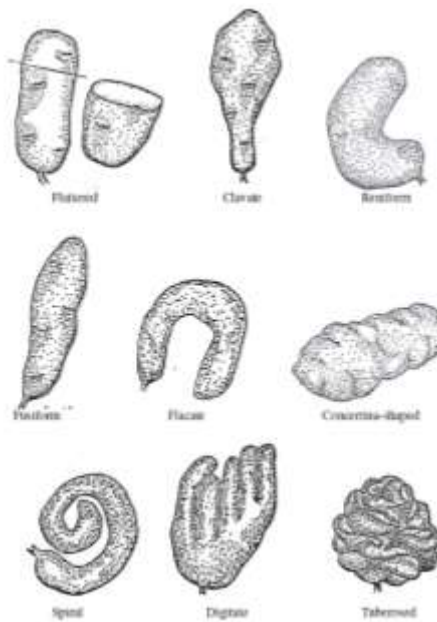
ANEXO B

FORMAS DE LOS TUBÉRCULOS

Formas normales del tubérculo



Formas raras del tubérculo



FUENTE: HUAMAN, 1994.

ANEXO C

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA PAPA

Factores de corrección para gravedad específica de papas corregido según temperatura del tubérculo 10 °C (50 °F) y temperatura del agua 10 °C (50 °F).

Temperatura del tubérculo (°F)	Temperatura del agua (°F)									
	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80
38	-0,0021	-0,0020	-0,0018	-0,0018	-0,0020	-0,0023	-0,0029	-0,0380	-0,0047	-0,0056
40	-0,0017	-0,0016	-0,0014	-0,0014	-0,0016	-0,0019	-0,0034	-0,0034	-0,0043	-0,0052
45	-0,0009	-0,0008	-0,0006	-0,0006	-0,0008	-0,0011	-0,0017	-0,0026	-0,0035	-0,0044
50	-0,0003	-0,0002	0,0000	0,0000	-0,0002	-0,0005	-0,0011	-0,0020	-0,0029	-0,0038
55	+0,0001	+0,0002	+0,0004	+0,0002	-0,0001	-0,0001	-0,0007	-0,0016	-0,0025	-0,0034
60	+0,0004	+0,0005	+0,0007	+0,0007	+0,0005	+0,0002	-0,0004	-0,0013	-0,0022	-0,0031
65	+0,0005	+0,0006	+0,0008	+0,0008	+0,0006	+0,0003	-0,0003	-0,0012	-0,0021	-0,0030
70	+0,0006	+0,0007	+0,0009	+0,0009	+0,0007	+0,0004	-0,0002	-0,0011	-0,0020	-0,0029
75	+0,0007	+0,0008	+0,0010	+0,0010	+0,0008	+0,0005	-0,0001	-0,0010	-0,0019	-0,0028
80	+0,0008	+0,0009	+0,0011	+0,0011	+0,0009	+0,0006	0,0000	-0,0009	-0,0018	-0,0027
85	+0,0009	+0,0010	+0,0012	+0,0012	+0,0010	+0,0007	+0,0001	-0,0008	-0,0017	-0,0026
90	+0,0010	+0,0011	+0,0013	+0,0013	+0,0011	+0,0008	+0,0002	-0,0007	-0,0016	-0,0025
95	+0,0011	+0,0012	+0,0014	+0,0014	+0,0012	+0,0009	+0,0003	-0,0006	-0,0015	-0,0024
100	+0,0012	+0,0013	+0,0015	+0,0015	+0,0013	+0,0010	+0,0004	-0,0005	-0,0014	-0,0023

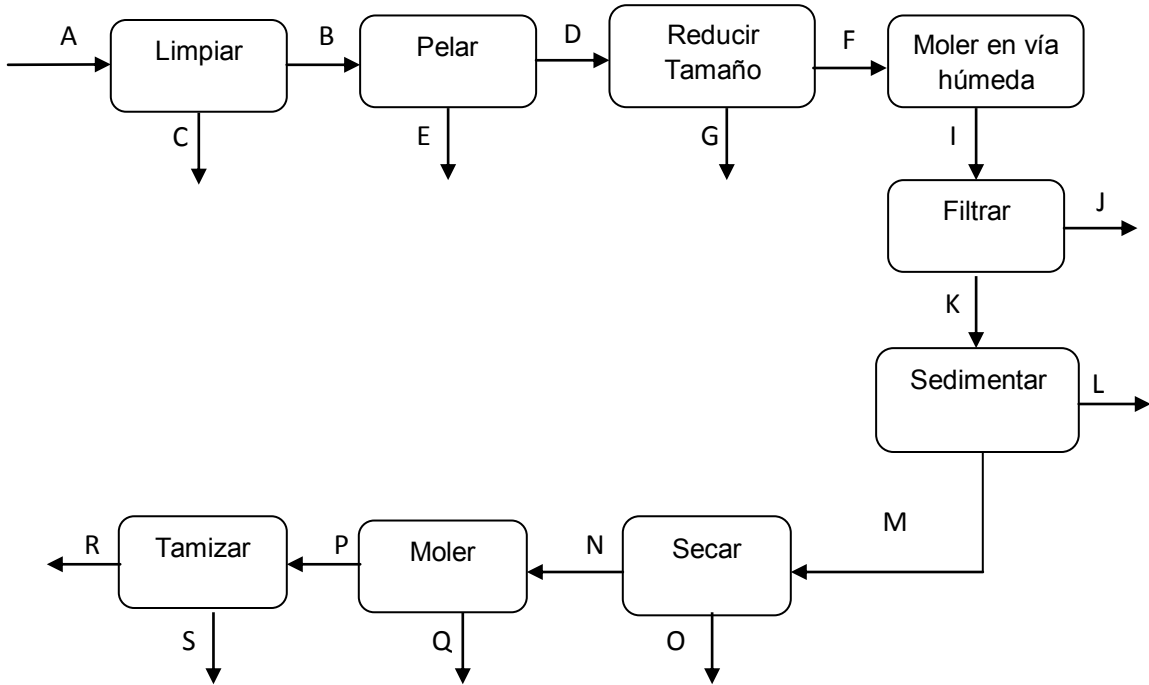
ANEXO D
TABLA DE ESTIMACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA SECA Y ALMIDÓN EN PAPA
A PARTIR DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA.

SPECIFIC GRAVITY	DRY MATTER (%)	STARCH (%)
1,060	17,4	11,41
1,062	17,8	11,78
1,064	18,1	12,07
1,066	18,5	12,45
1,068	18,9	12,83
1,070	19,2	13,11
1,072	19,6	13,49
1,074	20,0	13,87
1,076	20,4	14,25
1,078	20,8	14,63
1,080	21,2	15,00
1,082	21,5	15,29
1,084	21,8	15,57
1,086	22,2	15,95
1,088	22,6	16,33
1,090	23,0	16,71
1,092	23,3	17,00
1,094	23,7	17,30
1,096	24,1	17,75
1,098	24,5	18,13
1,100	24,9	18,51
1,102	25,2	18,89
1,104	25,6	19,18
1,106	26,0	19,55
1,108	26,3	19,84
1,110	26,7	20,20
1,112	27,1	20,60
1,114	27,5	20,98
1,116	27,9	21,35
1,118	28,2	21,64
1,120	28,6	22,01
1,122	28,9	22,30
1,124	29,3	22,68
1,126	29,7	23,06
1,128	30,1	23,43
1,130	30,4	23,72
1,132	30,8	24,10
1,134	31,2	24,48
1,136	31,6	24,86
1,138	32,0	25,24
1,140	32,2	25,43

FUENTE: HOUGHLAND, 1966.

ANEXO E

BALANCE DE MATERIA PARA CLONES POTENCIALES



CONVENCIONES

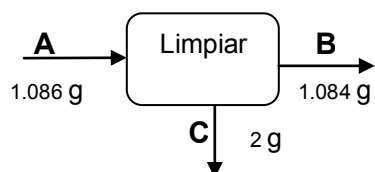
A: papa
B: pérdidas en limpieza
C: papa limpia
D: cáscara
E: papa pelada
F: pérdidas en la reducción de tamaño
G: papa cortadas
H: agua
I: licuado
J: afrecho
K: filtrado

L: pérdidas en la sedimentación
M: sedimentado (almidón en bh)
N: almidón seco
O: agua
P: almidón pulverizado agua
Q: pérdidas en molienda
R: pasta de almidón
S: pérdidas de molienda

ANEXO F

BALANCE DE MATERIA EN CADA OPERACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Balance general para limpieza



$$A = B + C$$

$$1086 \text{ g} = 1084 + 2 \text{ g}$$

$$1086 \text{ g} = 1086 \text{ g}$$

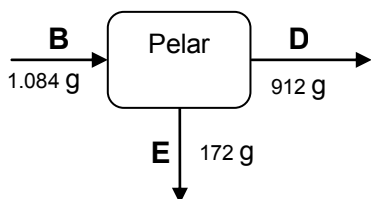
Porcentaje de Pérdidas

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{C * 100}{A} \right)$$

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{2 \text{ g} * 100}{1086 \text{ g}} \right)$$

$$\text{Pérdidas}\% = 0,18\%$$

Balance general para pelado



$$B = D + E$$

$$1084 \text{ g} = 912 \text{ g} + 172 \text{ g}$$

$$1084 \text{ g} = 1084 \text{ g}$$

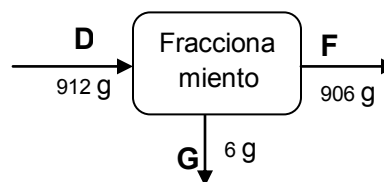
Porcentaje de Pérdidas

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{E * 100}{B} \right)$$

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{72 \text{ g} * 100}{1084 \text{ g}} \right)$$

$$\text{Pérdidas}\% = 6,65\%$$

Balance general para fraccionamiento



$$D = F + G$$

$$912 \text{ g} = 906 \text{ g} + 6 \text{ g}$$

$$912 \text{ g} = 912 \text{ g}$$

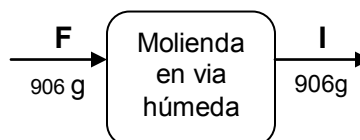
Porcentaje de pérdidas

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{G * 100}{D} \right)$$

$$\text{Pérdidas}\% = \left(\frac{6 \text{ g} * 100}{912 \text{ g}} \right)$$

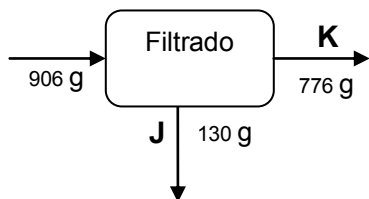
$$\text{Pérdidas}\% = 0,657\%$$

Balance general para molienda en vía húmeda



$$F = 906 \text{ g}$$

Balance general para Filtrado



$$I = Z + J$$

$$906 \text{ g} = 776 \text{ g} + 130 \text{ g}$$

$$906 \text{ g} = 906 \text{ g}$$

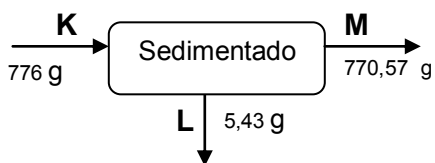
Porcentaje de pérdidas

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{J * 100}{I} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{130 \text{ g} * 100}{906 \text{ g}} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = 14,46\%$$

Balance general para Sedimentado



$$K = M + L$$

$$776 \text{ g} = 770,57 \text{ g} + 5,43 \text{ g}$$

$$776 \text{ g} = 776 \text{ g}$$

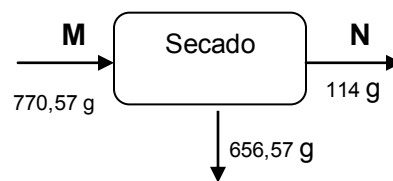
Porcentaje de pérdidas

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{L * 100}{K} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{5,43 \text{ g} * 100}{77 \text{ g}} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = 7,05\%$$

Balance general para secado



$$M = N + O$$

$$770,57 \text{ g} = 114 \text{ g} + 656,57 \text{ g}$$

$$770,57 \text{ g} = 770,57 \text{ g}$$

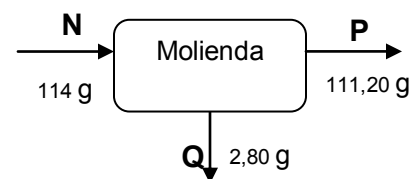
Porcentaje de Pérdidas

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{O * 100}{M} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = \left(\frac{656,57 \text{ g} * 100}{770,57 \text{ g}} \right)$$

$$P\acute{e}rdidas\% = 85,205\%$$

Balance general para molienda



$$N = P + Q$$

$$114 \text{ g} = 111,20 \text{ g} + 2,80 \text{ g}$$

$$114 \text{ g} = 114 \text{ g}$$

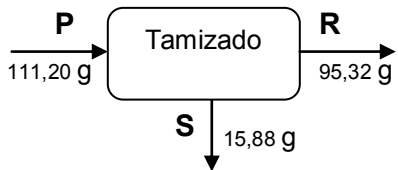
Porcentaje de pérdidas

$$\text{Pérdidas \%} = \left(\frac{Q * 100}{N} \right)$$

$$\text{Pérdidas \%} = \left(\frac{2,80 \text{ g} * 100}{114 \text{ g}} \right)$$

$$\text{Pérdidas \%} = 2,456\%$$

Balance general para tamizado



$$P = R + S$$

$$111,20 \text{ g} = 95,32 \text{ g} + 15,88 \text{ g}$$

$$111,20 \text{ g} = 111,20 \text{ g}$$

Porcentaje de pérdidas

$$\text{Pérdidas \%} = \left(\frac{S * 100}{P} \right)$$

$$\text{Pérdidas \%} = \left(\frac{15,88 \text{ g} * 100}{111,20 \text{ g}} \right)$$

$$\text{Pérdidas \%} = 14,28\%$$

Rendimiento en la extracción de almidón

$$\text{Rendimiento \%} = \left(\frac{A * 100}{R} \right)$$

$$\text{Rendimiento \%} = \left(\frac{108,6 \text{ g} * 100}{140,32 \text{ g}} \right)$$

$$\text{Rendimiento \%} = 77,4\%$$

ANEXO G

PÉRDIDAS EN GRAMOS Y PORCENTAJES DE LOS 17 CLONES DE PAPA

CLONES	Peso Inicial (g)	Limpieza (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Pelado (g)		Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Fraccionado (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Molienda en vía húmeda (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)
					Papa	Cáscara								
5	1086	1084	2	0,2	912	172	172	15,87	906	6	0,66	906,00	0,00	0,00
10	1039	1038	1	0,1	896	142	142	13,68	886	10	1,12	886,00	0,00	0,00
17	1035	1033	2	0,2	843	190	190	18,39	834	9	1,07	834,00	0,00	0,00
19	1058	1055	3	0,3	892	163	163	15,45	891	1	0,11	891,00	0,00	0,00
20	1038	1036	2	0,2	872	164	164	15,83	864	8	0,92	864,00	0,00	0,00
21	1066	1065	1	0,1	936	129	129	12,11	929	7	0,75	929,00	0,00	0,00
23	1035	1034	1	0,1	837	197	197	19,05	828	9	1,08	828,00	0,00	0,00
25	1040	1039	1	0,1	905	134	134	12,90	896	9	0,99	896,00	0,00	0,00
27	1145	1144	1	0,1	964	180	180	15,73	934	30	3,11	934,00	0,00	0,00
31	1005	1003	2	0,2	881	122	122	12,16	875	6	0,68	875,00	0,00	0,00
32	1038	1036	2	0,2	874	162	162	15,64	862	12	1,37	862,00	0,00	0,00
35	1113	1111	2	0,2	935	129	176	15,84	927	8	0,86	927,00	0,00	0,00
36	1008	1004	4	0,4	839	165	165	16,43	831	8	0,95	831,00	0,00	0,00
37	1034	1030	4	0,4	857	173	173	16,80	851	6	0,70	851,00	0,00	0,00
50	1039	1037	2	0,2	891	146	146	14,08	886	5	0,56	886,00	0,00	0,00
62	1028	1026	2	0,2	862	164	164	15,98	856	6	0,70	856,00	0,00	0,00
73	1099	1098	1	0,1	898	200	200	18,21	884	14	1,56	884,00	0,00	0,00

CLON	Filtrado (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Sadimentado (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Secado (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Molienda (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Tamizado (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)	Rendimiento (%)
5	776,00	130,00	14,35	770,57	5,43	0,70	114	656,57	85,21	111,20	2,80	2,46	95,32	15,88	14,28	8,78
10	759,00	127,00	14,33	755,76	3,24	0,43	145	610,76	80,81	143,70	1,31	0,90	111,59	32,10	22,34	10,74
17	719,00	115,00	13,79	716,46	2,54	0,35	134	582,46	81,30	131,48	2,52	1,88	97,43	34,05	25,90	9,41
19	770,00	121,00	13,58	768,54	1,46	0,19	105	663,54	86,34	103,15	1,85	1,76	73,43	29,72	28,81	6,94
20	740,00	124,00	14,35	737,46	2,54	0,34	124	613,46	83,19	121,00	3,00	2,42	94,46	26,54	21,93	9,10
21	814,00	115,00	12,38	810,24	3,76	0,46	115	695,24	85,81	113,08	1,92	1,67	95,33	17,75	15,70	8,94
23	711,00	117,00	14,13	706,77	4,23	0,59	171	535,77	75,81	167,65	3,35	1,96	131,29	36,36	21,69	12,68
25	762,00	134,00	14,96	759,88	2,12	0,28	157	602,88	79,34	155,68	1,32	0,84	99,96	55,72	35,79	9,61
27	822,00	112,00	11,99	816,57	5,43	0,66	172	644,57	78,94	169,20	2,80	1,63	115,58	53,62	31,69	10,09
31	820,00	55,00	6,29	818,77	1,23	0,15	127	691,77	84,49	124,18	2,82	2,22	100,29	23,89	19,24	9,98
32	752,00	110,00	12,76	748,79	3,21	0,43	72	676,79	90,38	71,05	0,95	1,32	51,85	19,20	27,02	5,00
35	829,00	98,00	10,57	825,58	3,42	0,41	112	713,58	86,43	110,61	1,39	1,24	93,06	17,55	15,87	8,36
36	700,00	131,00	15,76	697,87	2,13	0,30	132	565,87	81,09	131,17	0,83	0,63	91,04	40,12	30,59	9,03
37	786,00	65,00	7,64	783,33	2,67	0,34	110	673,33	85,96	106,94	3,06	2,78	78,11	28,83	26,96	7,55
50	772,00	114,00	12,87	769,55	2,45	0,32	125	644,55	83,76	124,20	0,80	0,64	92,45	31,75	25,56	8,90
62	731,00	125,00	14,60	727,75	3,25	0,44	125	602,75	82,82	123,53	1,48	1,18	96,08	27,45	22,22	9,35
73	780,00	104,00	11,76	776,76	3,24	0,42	99	677,76	87,25	98,41	0,59	0,60	71,85	26,56	26,99	6,54

ANEXO H

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS PARA LOS 11 GRUPOS CLÚSTER

Hábito de crecimiento (v4)						
Grupo	Clon	<i>ESCALAS DE EVALUACIÓN</i>				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	3
		%	11,76	5,88	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	
2	17 21	Frecuencia	0	1	1	2
		%	0	5,88	5,88	11,76
		%	0	50	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	3	1	4
		%	0	17,65	5,88	23,53
		%	0	75	25	
4	20	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
6	36	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	6	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	3	9	5	17
		%	18	52,94	29,41	100

Vigor (v5)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	0	3
		%	5,88	11,76	0	17,65
		%	33,33	66,67	0	
2	17 21	Frecuencia	0	1	1	2
		%	0	5,88	5,88	11,76
		%	0	50	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	3	0	4
		%	5,88	17,65	0	23,53
		%	25	75	0	
4	20	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
6	36	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	4	9	4	17
		%	23,53	52,94	23,53	100

Color de tallo (v6)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			1	2	3	4		5
1	19 27 62	Frecuencia	1	1	0	0	1	3
		%	5,88	5,88	0	0	5,88	17,65
		%	33,33	33,33	0	0	33,33	
2	17 21	Frecuencia	2	0	0	0	0	2
		%	11,76	0	0	0	0	11,76
		%	100	0	0	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	0	1	0	1	4
		%	11,76	0	5,88	0	5,88	23,53
		%	50	0	25	0	25	
4	20	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
8	25	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
10	73	Frecuencia	1	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	
11	5	Frecuencia	1	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	
Total		Frecuencia	8	4	1	1	3	17
		%	47,06	23,53	5,88	5,88	17,65	100

Forma alas de tallo (v7)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	0	3
		%	5,88	11,76	0	17,65
		%	33,33	66,67	0	
2	17 21	Frecuencia	0	2	0	2
		%	0	11,76	0	11,76
		%	0	100	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	2	0	4
		%	11,76	11,76	0	23,53
		%	50	50	0	
4	20	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	6	10	1	17
		%	35,29	58,82	5,88	100

Color primario de flor (v8)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total
			4	6	7	8	
1	19 27 62	Frecuencia	0	0	2	1	3
		%	0	0	11,76	5,88	17,65
		%	0	0	66,67	33,33	
2	17 21	Frecuencia	0	0	2	0	2
		%	0	0	11,76	0	11,76
		%	0	0	100	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	1	2	1	4
		%	0	5,88	11,76	5,88	23,53
		%	0	25	50	25	
4	20	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
6	36	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
8	25	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	1	2	10	4	17
		%	5,88	11,76	58,82	23,53	100

Intensidad del color primario flor (v9)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			2	3	4	
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	0	3
		%	5,88	11,76	0	17,65
		%	33,33	66,67	0	
2	17 21	Frecuencia	2	0	0	2
		%	11,76	0	0	11,76
		%	100	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	0	1	4
		%	17,65	0	5,88	23,53
		%	75	0	25	
4	20	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
7	23	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
8	25	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
11	5	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
Total		Frecuencia	11	4	2	17
		%	64,71	23,53	11,76	100

Color secundario de flor (v10)					
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN			Total
			1	2	
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	3
		%	5,88	11,76	17,65
		%	33,33	66,67	
2	17 21	Frecuencia	0	2	2
		%	0	11,76	11,76
		%	0	100	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	2	4
		%	11,76	11,76	23,53
		%	50	50	
4	20	Frecuencia	0	1	1
		%	0	5,88	5,88
		%	0	100	
5	32	Frecuencia	1	0	1
		%	5,88	0	5,88
		%	100	0	
6	36	Frecuencia	1	0	1
		%	5,88	0	5,88
		%	100	0	
7	23	Frecuencia	1	0	1
		%	5,88	0	5,88
		%	100	0	
8	25	Frecuencia	0	1	1
		%	0	5,88	5,88
		%	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	1
		%	0	5,88	5,88
		%	0	100	
10	73	Frecuencia	0	1	1
		%	0	5,88	5,88
		%	0	100	
11	5	Frecuencia	1	0	1
		%	5,88	0	5,88
		%	100	0	
Total		Frecuencia	7	10	17
		%	41,18	58,82	100

Intensidad del color secundario flor (v11)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total
			0	2	3	4	
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	0	0	3
		%	5,88	11,76	0	0	17,65
		%	33,33	66,67	0	0	
2	17 21	Frecuencia	0	0	2	0	2
		%	0	0	11,76	0	11,76
		%	0	0	100	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	0	2	0	4
		%	11,76	0	11,76	0	23,53
		%	50	0	50	0	
4	20	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
10	73	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
11	5	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
Total		Frecuencia	7	4	5	1	17
		%	41,18	23,53	29,41	5,88	100

Color de baya (v12)										
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN								Total
			0	1	2	4	5	6	7	
1	19 27 62	Frecuencia	1	1	0	0	0	0	1	3
		%	5,88	5,88	0	0	0	0	5,88	17,65
		%	33,33	33,33	0	0	0	0	33,33	
2	17 21	Frecuencia	0	0	0	0	1	1	0	2
		%	0	0	0	0	5,88	5,88	0	11,76
		%	0	0	0	0	50	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	0	0	1	0	0	0	4
		%	17,65	0	0	5,88	0	0	0	23,53
		%	75	0	0	25	0	0	0	
4	20	Frecuencia	0	0	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	0	0	100	0	0	
5	32	Frecuencia	0	0	1	0	0	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	0	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	0	0	100	0	
8	25	Frecuencia	0	0	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	0	0	100	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	0	0	100	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	0	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	4	3	1	1	4	2	2	17
		%	23,53	17,65	5,88	5,88	23,53	11,76	11,76	100

Pigmentación o puntos en baya (v13)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total	
			0	2	3		4
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	0	3
		%	11,76	5,88	0	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	0	
2	17 21	Frecuencia	0	1	1	0	2
		%	0	5,88	5,88	0	11,76
		%	0	50	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	0	0	1	4
		%	17,65	0	0	5,88	23,53
		%	75	0	0	25	
4	20	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
9	37	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	7	8	1	1	17
		%	41,18	47,06	5,88	5,88	100

Forma de baya (v14)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			0	1	2	3		7
1	19 27 62	Frecuencia	1	2	0	0	0	17,65
		%	5,88	11,76	0	0	0	
		%	33,33	66,67	0	0	0	
2	17 21	Frecuencia	0	2	0	0	0	11,76
		%	0	11,76	0	0	0	
		%	0	100	0	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	1	0	0	0	23,53
		%	17,65	5,88	0	0	0	
		%	75	25	0	0	0	
4	20	Frecuencia	0	1	0	0	0	5,88
		%	0	5,88	0	0	0	
		%	0	100	0	0	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	0	0	5,88
		%	0	5,88	0	0	0	
		%	0	100	0	0	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	0	0	5,88
		%	0	5,88	0	0	0	
		%	0	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	0	1	5,88
		%	0	0	0	0	5,88	
		%	0	0	0	0	100	
8	25	Frecuencia	0	0	1	0	0	5,88
		%	0	0	5,88	0	0	
		%	0	0	100	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	0	1	0	5,88
		%	0	0	0	5,88	0	
		%	0	0	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	0	5,88
		%	0	5,88	0	0	0	
		%	0	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	1	0	0	5,88
		%	0	0	5,88	0	0	
		%	0	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	4	9	2	1	1	100
		%	23,53	52,94	11,76	5,88	5,88	

Grado de floración (v15)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			0	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	3	0	0	3
		%	17,65	0	0	17,65
		%	100	0	0	
2	17 21	Frecuencia	1	1	0	2
		%	5,88	5,88	0	11,76
		%	50	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	2	0	4
		%	11,76	11,76	0	23,53
		%	50	50	0	
4	20	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
Total		Frecuencia	11	5	1	17
		%	64,71	29,41	5,88	100

Color Pedicelo (v16)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			1	3	5	6		8
1	19 27 62	Frecuencia	0	0	2	0	1	3
		%	0	0	11,76	0	5,88	17,65
		%	0	0	66,67	0	33,33	
2	17 21	Frecuencia	0	0	0	1	1	2
		%	0	0	0	5,88	5,88	11,76
		%	0	0	0	50	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	1	1	1	1	4
		%	0	5,88	5,88	5,88	5,88	23,53
		%	0	25	25	25	25	
4	20	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
5	32	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
8	25	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
9	37	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
Total		Frecuencia	1	4	4	3	5	17
		%	5,88	23,53	23,53	17,65	29,41	100

Color Cáliz (v17)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			2	3	4	5		7
1	19 27 62	Frecuencia	0	0	0	3	0	3
		%	0	0	0	17,65	0	17,65
		%	0	0	0	100	0	
2	17 21	Frecuencia	1	0	1	0	0	2
		%	5,88	0	5,88	0	0	11,76
		%	50	0	50	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	1	0	2	1	4
		%	0	5,88	0	11,76	5,88	23,53
		%	0	25	0	50	25	
4	20	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
6	36	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
Total		Frecuencia	1	3	2	9	2	17
		%	5,88	17,65	11,76	52,94	11,76	100

Forma Corola (v18)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			2	3	4	
1	19 27 62	Frecuencia	0	3	0	3
		%	0	17,65	0	17,65
		%	0	100	0	
2	17 21	Frecuencia	0	1	1	2
		%	0	5,88	5,88	11,76
		%	0	50	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	3	0	4
		%	5,88	17,65	0	23,53
		%	25	75	0	
4	20	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
7	23	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
8	25	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	1	15	1	17
		%	5,88	88,24	5,88	100

Color primario del tubérculo (v19)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total
			1	2	5	8	
1	19 27 62	Frecuencia	0	1	2	0	3
		%	0	5,88	11,76	0	17,65
		%	0	33,33	66,67	0	
2	17 21	Frecuencia	1	0	0	1	2
		%	5,88	0	0	5,88	11,76
		%	50	0	0	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	2	1	0	1	4
		%	11,76	5,88	0	5,88	23,53
		%	50	25	0	25	
4	20	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
8	25	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
10	73	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	1	0	1
		%	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	100	0	
Total		Frecuencia	8	2	4	3	17
		%	47,06	11,76	23,53	17,65	100

Intensidad del color primario tubérculo (v20)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	3
		%	11,76	5,88	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	
2	17 21	Frecuencia	0	2	0	2
		%	0	11,76	0	11,76
		%	0	100	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	3	0	4
		%	5,88	17,65	0	23,53
		%	25	75	0	
4	20	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
6	36	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
7	23	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	3	12	2	17
		%	17,65	70,59	11,76	100

Color secundario del tubérculo (v21)									
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN							Total
			0	1	5	6	7	8	
1	19 27 62	Frecuencia	2	0	0	0	0	1	3
		%	11,76	0	0	0	0	5,88	17,65
		%	66,67	0	0	0	0	33,33	
2	17 21	Frecuencia	1	0	0	0	1	0	2
		%	5,88	0	0	0	5,88	0	11,76
		%	50	0	0	0	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	0	0	1	0	3	4
		%	0	0	0	5,88	0	17,65	23,53
		%	0	0	0	25	0	75	
4	20	Frecuencia	0	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	0	100	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	0	
6	36	Frecuencia	0	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	0	100	
7	23	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	0	100	
9	37	Frecuencia	1	0	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	0	
10	73	Frecuencia	0	0	1	0	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	0	
Total		Frecuencia	5	2	1	1	1	7	17
		%	29,41	11,76	5,88	5,88	5,88	41,18	100

Distribución del color secundario tubérculo (v22)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total	
			0	4	5		6
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	0	3
		%	11,76	5,88	0	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	0	
2	17 21	Frecuencia	1	1	0	0	2
		%	5,88	5,88	0	0	11,76
		%	50	50	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	3	1	0	4
		%	0	17,65	5,88	0	23,53
		%	0	75	25	0	
4	20	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
6	36	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
7	23	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
9	37	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	5	9	1	2	17
		%	29,41	52,94	5,88	11,76	100

Color primario de carne o pulpa (v23)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	3
		%	11,76	5,88	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	
2	17 21	Frecuencia	0	1	1	2
		%	0	5,88	5,88	11,76
		%	0	50	50	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	2	1	4
		%	5,88	11,76	5,88	23,53
		%	25	50	25	
4	20	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
9	37	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	8	7	2	17
		%	47,06	41,18	11,76	100

Intensidad del color primario de carne o pulpa (v24)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			1	2	3	
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	3
		%	11,76	5,88	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	
2	17 21	Frecuencia	1	1	0	2
		%	5,88	5,88	0	11,76
		%	50	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	3	0	4
		%	5,88	17,65	0	23,53
		%	25	75	0	
4	20	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
5	32	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
7	23	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
8	25	Frecuencia	0	0	1	1
		%	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
10	73	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
11	5	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
Total		Frecuencia	8	8	1	17
		%	47,06	47,06	5,88	100

Color secundario de carne o pulpa (v25)							
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total
			0	2	6	7	
1	19 27 62	Frecuencia	2	1	0	0	3
		%	11,76	5,88	0	0	17,65
		%	66,67	33,33	0	0	
2	17 21	Frecuencia	2	0	0	0	2
		%	11,76	0	0	0	11,76
		%	100	0	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	0	1	0	4
		%	17,65	0	5,88	0	23,53
		%	75	0	25	0	
4	20	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
8	25	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
9	37	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
10	73	Frecuencia	1	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	100	
Total		Frecuencia	14	1	1	1	17
		%	82,35	5,88	5,88	5,88	100

Distribución del color secundario de carne o pulpa (v26)						
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN				Total
			0	4	7	
1	19 27 62	Frecuencia	2	0	1	3
		%	11,76	0	5,88	17,65
		%	66,67	0	33,33	
2	17 21	Frecuencia	2	0	0	2
		%	11,76	0	0	11,76
		%	100	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	3	1	0	4
		%	17,65	5,88	0	23,53
		%	75	25	0	
4	20	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
5	32	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
6	36	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
7	23	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
8	25	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
9	37	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
10	73	Frecuencia	1	0	0	1
		%	5,88	0	0	5,88
		%	100	0	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	1
		%	0	5,88	0	5,88
		%	0	100	0	
Total		Frecuencia	14	2	1	17
		%	82,35	11,76	5,88	100

Forma del tubérculo (v27)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			0	2	3	5		7
1	19 27 62	Frecuencia	0	1	1	1	0	3
		%	0	5,88	5,88	5,88	0	17,65
		%	0	33,33	33,33	33,33	0	
2	17 21	Frecuencia	2	0	0	0	0	2
		%	11,76	0	0	0	0	11,76
		%	100	0	0	0	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	1	1	1	0	1	4
		%	5,88	5,88	5,88	0	5,88	23,53
		%	25	25	25	0	25	
4	20	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
5	32	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
6	36	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
8	25	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
9	37	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
10	73	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
11	5	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
Total		Frecuencia	3	5	6	1	2	17
		%	17,65	29,41	35,29	5,88	11,76	100

Forma rara del tubérculo (v28)				
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN		Total
			0	
1	19 27 62	Frecuencia	3	3
		%	17,65	17,65
		%	100	
2	17 21	Frecuencia	2	2
		%	11,76	11,76
		%	100	
3	10 31 35 50	Frecuencia	4	4
		%	23,53	23,53
		%	100	
4	20	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
5	32	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
6	36	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
7	23	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
8	25	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
9	37	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
10	73	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
11	5	Frecuencia	1	1
		%	5,88	5,88
		%	100	
Total		Frecuencia	17	17
		%	100	100

Ojos del tubérculo (v29)								
Grupo	Clon	ESCALAS DE EVALUACIÓN					Total	
			1	2	3	4		5
1	19 27 62	Frecuencia	0	0	3	0	0	3
		%	0	0	17,65	0	0	17,65
		%	0	0	100	0	0	
2	17 21	Frecuencia	0	0	1	1	0	2
		%	0	0	5,88	5,88	0	11,76
		%	0	0	50	50	0	
3	10 31 35 50	Frecuencia	0	1	2	1	0	4
		%	0	5,88	11,76	5,88	0	23,53
		%	0	25	50	25	0	
4	20	Frecuencia	0	0	0	1	0	1
		%	0	0	0	5,88	0	5,88
		%	0	0	0	100	0	
5	32	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
6	36	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
7	23	Frecuencia	0	0	0	0	1	1
		%	0	0	0	0	5,88	5,88
		%	0	0	0	0	100	
8	25	Frecuencia	1	0	0	0	0	1
		%	5,88	0	0	0	0	5,88
		%	100	0	0	0	0	
9	37	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
10	73	Frecuencia	0	0	1	0	0	1
		%	0	0	5,88	0	0	5,88
		%	0	0	100	0	0	
11	5	Frecuencia	0	1	0	0	0	1
		%	0	5,88	0	0	0	5,88
		%	0	100	0	0	0	
Total		Frecuencia	1	2	10	3	1	17
		%	5,88	11,76	58,82	17,65	5,88	100