

**Caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativa de la región del
Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca)**

Elaborado por:

Gladys Serrano Betancur

Luisa Fernanda Castro Florez

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela De Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería-ECBTI**

Ingeniería de Alimentos

Bogotá - 2020

**Caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativa de la región del
Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca)**

Elaborado por:

Gladys Serrano Betancur

Luisa Fernanda Castro Florez

Para optar el título profesional de:

Ingeniería De Alimentos

Asesor:

Claudia Patricia Lemos Orjuela

Ingeniera De Alimentos

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela De Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería-ECBTI**

Ingeniería de Alimentos

Bogotá - 2020

Agradecimientos

Agradecimientos primeramente a Dios.

Por darnos fuerzas para continuar en la adversidad, y llenarnos de paz e ilusiones en cada uno de los logros obtenidos, también gracias a su misericordia por ponernos personas que nos regalaron conocimientos y experiencia para colmarnos de vocación y sabiduría.

A nuestras familias y a mis amigos, de quienes hemos recibido siempre un apoyo sincero... A todos aquellos maravillosos seres que han compartido junto a nosotras sus enseñanzas y logros en estos años, así como quienes han estado para darnos una voz de aliento en los momentos difíciles.

Tabla de contenido

Indice de tablas.....	6
Índice de figuras.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción	10
Planteamiento del problema.....	11
Justificación	12
1. Objetivos	14
1.1. Objetivo general.....	14
1.2. Objetivos específicos.....	14
2. Marco teórico y conceptual.....	15
2.1. Reseña histórica	15
2.2. Valor nutricional de la papa.....	15
2.3. Caracterización fisicoquímica.....	16
2.4. Características físicas de la papa nativa	17
2.5. Valor nutricional de la papa nativa	18
2.6. Variedades cultivadas en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca) que se analizaran	18
3. Metodología	20
3.1. Tipo de investigación	20
3.2. Etapas o fases de investigación.....	20
3.3. Materiales y Métodos:.....	20
3.3.1. Materia Prima.....	20
3.3.2. Procedimiento	21
3.3.2.1. Materia seca	21
3.3.2.2. Humedad.....	21
3.3.2.3. Almidón.	22
3.3.2.4. Azúcares reductores.....	22
3.3.3. Análisis Estadístico	22
4. Resultados y discusiones.....	23
4.1. Análisis de contenido de materia seca.....	23

4.2. Análisis de contenido de humedad.....	25
4.3. Análisis de contenido de almidón	27
4.4. Análisis de contenido de azúcares reductores.....	29
5. Conclusiones	31
6. Recomendaciones	32
Referencias bibliográficas.....	33
Anexo 1. Panel fotográfico	36

Indice de tablas

Tabla 1. Composición fisicoquímica de diferentes variedades de papa.....	17
Tabla 2. Variedades cultivadas en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca).....	18
Tabla 3. Tabla ANOVA % Materia seca	24
Tabla 4. Pruebas de Múltiple Rangos para % Materia seca por Variedad	24
Tabla 5. Tabla ANOVA % Humedad	25
Tabla 6. Pruebas de Múltiple Rangos para % Materia seca por Variedad	26
Tabla 7. Tabla ANOVA % Almidón	28
Tabla 8. Pruebas de Múltiple Rangos para % almidón por Variedad	28
Tabla 9. Tabla ANOVA % Azucares reductores.....	30
Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para % azucares reductores por Variedad.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Aporte nutricional.....	16
Figura 2. Papas nativas.....	17
Figura 3. Grafica de resultados promedio % Materia seca	23
Figura 4. Grafica de resultados promedio % Humedad.....	25
Figura 5. Grafica de resultados promedio % Almidón	27
Figura 6. Grafica de resultados promedio % Azucares reductores.....	29

Resumen

En el departamento de Cundinamarca, municipio de Subachoque (Colombia), existe una Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE) que cultivan orgánicamente cinco (5) variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). El objetivo de esta investigación fue el de realizar la caracterización fisicoquímica de estas variedades de papa nativa, con el fin de proponer y establecer cuál sería el uso tecnológico o agroindustrial de las mismas y de esta forma la materia prima que no sea comercializada, sea procesada y ofrecida en diferentes presentaciones a nivel local y nacional.

Se realizó la caracterización fisicoquímica de las variedades: Criolla negra, Estrella de los andes morada, Pepina Manzana, Puca Shungo y Yana Shungo. El análisis del contenido fisicoquímico mostró variaciones significativas entre estos tubérculos, ya que factores como: la variedad, el crecimiento, tipo de minerales en el agua, la absorción, el periodo de cosecha, el tipo de cultivo (cultivo orgánico), los minerales presentes en la tierra y circunstancias externas; influyen en dicho contenido. La materia seca entre 15,93% -23%; La humedad 77% - 84,07%; Azúcares reductores 0,04% - 0,21% y almidón 12,43% - 17,94. Según los requerimientos de la industria de alimentos, las variedades Estrella de los Andes Morada y Yana Shungo son potenciales para su procesamiento en la industria de fritura, pre cocido, deshidratado y de extracción de almidón, debido a que estos tubérculos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Palabras Claves: Papa nativa, cultivos orgánicos, almidón, materia seca, aprovechamiento tecnológico.

Abstract

In the department of Cundinamarca, municipality of Subachoque (Colombia), there is an Association of Agroecological Producers (ASOARCE) that organically grow five (5) varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.). The objective of this research was to carry out the physicochemical characterization of these native potato varieties, in order to propose and establish what their technological or agro-industrial use would be, and thus the raw material that is not commercialized, is processed and offered in different presentations at local and national level.

The physicochemical characterization of the varieties was carried out: Black Creole, Purple Star, Apple Cucumber, Puca Shungo and Yana Shungo. The analysis of the physicochemical content showed significant variations between these tubers, since factors such as: variety, growth, type of minerals in the water, absorption, harvest period, type of crop (organic cultivation), the minerals present on earth and external circumstances; influence such content. Dry matter between 15.93% -23%; Humidity 77% - 84,07%; Reducing sugars 0.04% - 0.21% and starch 12.43% - 17.94. According to the requirements of the food industry, the Estrella de los Andes Morada and Yana Shungo varieties are potential for processing in the frying, pre-cooked, dehydrated and starch extraction industry, because these tubers are found within the established parameters.

Key Words: Native potato, organic crops, starch, dry matter, technological use.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) es una especie de reconocida importancia en el mundo, ocupa el tercer lugar como producto alimenticio agrícola después del trigo y el maíz, en Colombia es importante como alimento básico de la población y constituye el eje fundamental de la economía del país en 283 municipios a nivel nacional (CNP, 2010).

Los principales productores en orden son Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia y Santander que contribuyen con el 96 % de la producción total nacional y el porcentaje restante está en Cauca, Tolima y Caldas. Sin embargo, estas regiones producen el alimento en medio de dificultades (Gómez, 2015).

La producción nacional de papa alcanzó los 2,78 millones de toneladas (FEDEPAPA, 2019), entre tanto la producción mundial alcanzó los 4.654 millones de toneladas (Aristizábal, 2019).

Las papas nativas son variedades que han sido desarrolladas en gran parte por procesos naturales, por adaptación al ambiente natural y cultural en dónde crecieron, dentro de las formas básicas de las papas nativas se pueden encontrar tubérculos redondos, largos y ovalados, además de una serie de formas intermedias como la de forma de dedo, cilíndrica, arriñonada y de pera. Sus colores son excepcionales: azules, rojas, rosadas, negras, cremas, moradas y bicolor (Castillo, 2012).

Este tubérculo recién cosechado, contiene un 80 por ciento de agua y un 20 por ciento de materia seca. Entre el 60 por ciento y el 80 por ciento de esta materia seca es almidón. Respecto a su peso en seco, el contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales, y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos (FAO, 2008).

ASOARCE - Asociación de Productores Agroecológicos del Pantano de Arce, es una asociación sin ánimo de lucro, conformada por un grupo de pequeños agricultores ubicados en la Vereda el Pantano de Arce en Subachoque, Cundinamarca que se dedican a cultivar papa en forma orgánica. Sus cultivos están ubicados entre los 3,000 y 3,300 m.s.n.m. Dentro de la delimitación del Páramo de Guerrero.

Este proyecto de Investigación tiene como finalidad realizar la caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativas como son Pepina o Manzana, Estrella de los andes morada, Yana shungo, Puca Shungo y Criolla negra, que actualmente se cultivan orgánicamente en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca) por los productores de ASOARCE con el fin de que a partir de la caracterización fisicoquímica ellos puedan identificar su aprovechamiento tecnológico, para luego generar un mercado potencial.

Planteamiento del problema

La Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE), ubicada en el municipio de Subachoque (Cundinamarca), cultiva diversas variedades de papas nativas de manera orgánica, no obstante, se desconoce el potencial aprovechamiento tecnológico y comercial de algunas de estas variedades, razón por la cual es indispensable realizar una caracterización fisicoquímica de las mismas.

El país no cuenta con información suficiente acerca de las características fisicoquímicas de las distintas variedades de papas nativas existentes. Considerando lo anterior, los datos generados a partir de la presente investigación son muy relevantes para compensar dicha falencia de información, lo cual será de utilidad para que los agricultores rescaten y den valor a la biodiversidad, amplíen sus opciones de mercado e incentiven el consumo de las variedades de papas nativas.

De acuerdo con lo indicado previamente, se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Al realizar la caracterización fisicoquímica de las cinco (5) variedades de papas nativas que se cultivan orgánicamente por la Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE) en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca), futuros investigadores, productores y empresarios pueden promover a su aprovechamiento tecnológico e industrialización?

Justificación

La papa aporta la mayor cantidad de carbohidratos a la dieta de millones de personas en los países en desarrollo (UCSM, 2017). Además de su delicioso sabor, la papa posee propiedades que favorecen a una dieta balanceada, entre las cuales están su bajo contenido de grasa y su contenido de vitamina C, que favorece al sistema inmunológico y ayuda en problemas cardiovasculares (UNIPYMES, 2017).

Actualmente el cultivo de papa en Colombia constituye el eje fundamental de la economía del país en 283 municipios a nivel nacional, cerca del 90% del área cosechada y de la producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca (37%), Boyacá (27%), Nariño (20%) y Antioquia (6%) (MINAGRICULTURA, 2018). En la última década el consumo per cápita de papa se ha reducido debido a los cambios de hábito de consumo de los colombianos, lo cual afecta considerablemente a los agricultores del país. Esto se debe a falsas afirmaciones como: “la papa engorda”; también a la falta de conocimiento de nuevas variedades, usos, beneficios nutricionales, así como las innumerables maneras de preparación de recetas ricas y saludables (FEDEPAPA, 2017).

En Colombia la papa está ligada a las comunidades ancestrales que viven en los andes desde antes de la conquista. Las variedades nativas de papa se han constituido en un recurso primordial para la sobrevivencia de los pequeños agricultores andinos quienes las seleccionan y conservan de acuerdo a su morfología, atributos culinarios, características agronómicas, resistencia a plagas, enfermedades, tolerancia a condiciones extremas y por usos industriales en los nuevos mercados de papas nativas (Martínez, 2015). Uno de los mayores limitantes que enfrenta la industria de procesamiento es el no poder contar con una oferta de materia prima en cantidades suficientes, oportunas y de la calidad necesaria, hecho que introduce frecuentemente ineficiencias y sobrecostos en el proceso. Por lo tanto, se hace necesaria la introducción de variedades que cumplan con las exigencias externas e internas de la industria (Florez et al., 2013)

De acuerdo con las cifras de la Federación Colombiana de Productores de Papa, FEDEPAPA, pese a la importancia de este alimento en la dieta diaria de la mayoría de hogares colombianos, la producción no pasa de ser un cultivo de subsistencia y no existe ambición de extenderse a mercados internacionales (EL TIEMPO, 2018).

En Colombia se han realizado diversas investigaciones, han reportado datos de características fisicoquímicas de algunas variedades de papa tales como Criolla, Pastusa, Capiro, Sol andina, Tuquerreña, ICA (Única, Huila, Purace), entre otras. Las pruebas fisicoquímicas más comúnmente evaluadas son humedad, materia seca, cenizas, proteínas, almidón, azúcares totales y reductores, actividad antioxidante (ABTS y FRAP), fenoles totales y vitamina C.

En general se ha evidenciado que las papas nativas colombianas se caracterizan por tener contenidos de humedad de 70-80%, materia seca de 20-30%, cenizas de 1% - 3%, proteínas de 7-13%, almidón de 14-25%, azúcares totales de 16-23% y azúcares reductores de 1-4%, lo cual depende de aspectos como el tipo de variedad, los genotipos, las condiciones de cultivos, etc. El

interés en estos parámetros analíticos radica en el potencial de algunos componentes en aspectos industriales y de salud (Cerón, Alzate, Rojano y Nuztez, 2018).

Teniendo en cuenta que no se dispone de datos fisicoquímicos para un amplio espectro de papas nativas disponibles en el país, se realizó la caracterización fisicoquímica de las variedades: Pepina o Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana Shungo, Puca Shungo y Criolla Negra, las cuales fueron cultivadas en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca). Con los resultados obtenidos se espera rescatar y dar valor a la biodiversidad, ampliar las opciones de mercado e incentivar el consumo de las variedades de papas nativas.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Realizar la caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativa: Pepina o Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana shungo, Puca shungo, y Criolla Negra; que se cultivan orgánicamente por la Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE) en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca).

1.2. Objetivos específicos

- Determinar los contenidos de materia seca y humedad total para cada variedad de papa nativa.
- Estimar porcentaje de azúcares reductores y de almidón para cada variedad de papa nativa.

2. Marco teórico y conceptual

2.1. Reseña histórica

Las primeras papas (*Solanum tuberosum* L.) cultivadas fueron seleccionadas entre 6.000 y 10.000 a. de C. en la cordillera de los Andes, en el altiplano andino, donde sucesivas generaciones de agricultores produjeron una gran cantidad de variantes cultivadas (Spooner y Hetterscheid, 2005). Este proceso, cuando no se dio espontáneamente en la naturaleza, habría sido llevado a cabo deliberada o inconscientemente por el hombre (Rodríguez, 2010).

Este alimento puede ser encontrado en alturas de hasta 4300 m. Se considera que *Solanum tuberosum* ssp *andigenum* se originó en el sur de Perú, en los límites de Bolivia a partir del complejo *Solanum brevicaulis* y ssp *tuberosum* en las tierras bajas de la parte central de Chile (Spooner, McLean, Ramsay, Waugh y Bryan, 2005). En América hay unas 200 especies de papas silvestres, y en el suroeste de Estados Unidos y Centro América, generalmente se encuentran en altitudes que van de medias a altas; mientras que en Sudamérica se localizan a lo largo de los Andes desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina y en las tierras bajas de Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y el sureste de Brasil (Morales, 2011).

Las papas nativas son variedades de papa local que han sido desarrolladas en gran parte por procesos naturales, por adaptación al ambiente natural y cultural en dónde crecieron. Durante siglos los antiguos habitantes de la zona andina colombiana las seleccionaron, usaron y conservaron por sus características organolépticas y resistencia a condiciones adversas (Moreno, Cerón, y Valbuena, 2008)

Los recursos genéticos de papa en Colombia son conservados y caracterizados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), que mantiene un total de 2.123 accesiones de *S. tuberosum* L. (Sánchez, 2017). En el caso de las papas nativas, el banco de germoplasma nacional y la Colección Central Colombiana de cuentan con 884 variedades nativas en evaluación de campo, de las cuales se han evaluado en laboratorio 842, de los grupos, *Phureja*, *Chaucha*, *Tuberosum* y *Andígena*. (Martínez, 2015).

En la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca), que se encuentran ubicados entre los 3,000 y 3,300 msnm dentro de la delimitación del Páramo de Guerrero, actualmente existen una plantación de cultivos orgánicos de papas nativas, los cuales son sembrados por unos productores que conformaron la Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE). Está asociación está cultivando de forma orgánica diez (10) variedades de papa como son: ICA Única, Patusa Suprema, Criolla, Puca Shungo, Yana Shungo, Estrella Morada. Pepina o milenio 1, Criolla Manzana, Roja Neusa, Criolla negra.

2.2. Valor nutricional de la papa

La papa es un alimento versátil y tiene un gran contenido de carbohidratos, es popular en todo el mundo y se prepara y sirve en una gran variedad de formas. Además, tiene poca grasa,

abundantes micronutrientes, sobre todo vitamina C: una papa media, de 150 gramos, consumida con su piel, aporta casi la mitad de las necesidades diarias del adulto (100 mg).

La papa contiene una cantidad moderada de hierro, pero el gran contenido de vitamina C fomenta la absorción de este mineral. Además, este tubérculo tiene vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina. También contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, y tiene fibra, cuyo consumo es bueno para la salud (FAO, 2008).

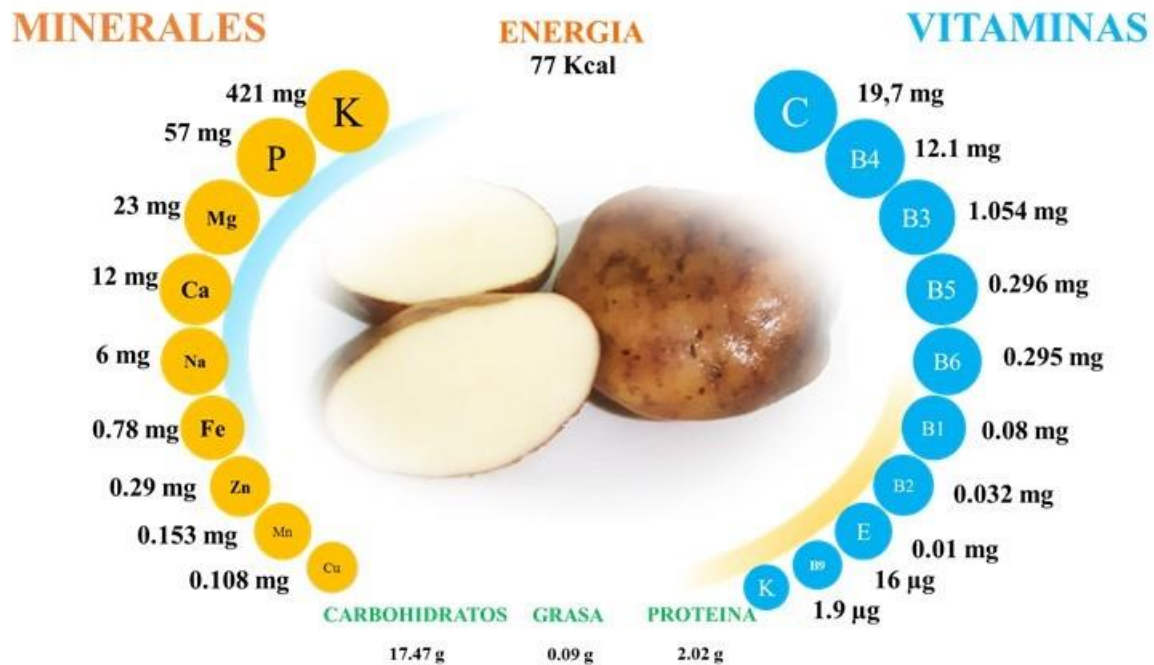


Figura 1. Aporte nutricional.
Fuente: Adaptada de Kulik, (s.f)

2.3. Caracterización fisicoquímica

La papa contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas como ácido ascórbico, sustancias fenólicas y ácidos nucleicos (Pardo et al., 2013) refiere que la composición fisicoquímica tanto de la papa como la del almidón cambia según la variedad cultivada, la zona de crecimiento, la fertilización y el estado del ciclo de crecimiento de la planta. El contenido de almidón en la papa varía entre 15% y 20% de su peso con un alto contenido de fósforo (0.08%) en comparación con almidones de otras fuentes. Este almidón es un polisacárido que conjuntamente con lípidos, proteínas y ácidos nucleídos, conforman las principales clases de moléculas biológicamente activas; además, es un factor importante en la elaboración de alimentos siendo materia prima en esta industria por sus características de baja temperatura de gelatinización, baja tendencia a

retrogradarse, resistencia a la degradación enzimática, bajo contenido residual de grasas y proteínas (< 0.5% de los gránulos). Adicionalmente, no tiene sabor a cereal y posee una alta viscosidad y capacidad para enlazarse con agua, características que son directamente atribuidas a su estructura.

En la tabla 1 se observa como varía los rangos para los valores de materia seca, humedad, almidón y azúcares reductores; estas variaciones están relacionadas con la variedad de tubérculo, calidad de suelo, prácticas de cultivo y condiciones agroecológicas propias de la naturaleza del cultivo (Moreno et al., 2015)

Tabla 1. Composición fisicoquímica de 3 genotipos de papa cultivados en dos localidades

Variable	Nau		Fianna		5-10	
	Metepec	Raices	Metepec	Raices	Metepec	Raices
Humedad (%)	81,1	78,2	83	75,2	79,5	79,2
Materia seca (g/100 g)	18,9	21,8	17	24,8	20,5	20,8
Almidón (g/100 g)	14,4	15,5	13	19,8	16,5	17,6
Azúcares reductores (g/100 g fw)	0,04	0,13	0,59	0,02	0,22	0,02

Fuente: Vásquez (2016).

2.4. Características físicas de la papa nativa

Dentro de las formas básicas de las papas nativas, se pueden encontrar tubérculos redondos, largos y ovalados, además de una serie de formas intermedias como la de forma de dedo, cilíndrica, arriñonada y de pera. Sus colores son excepcionales: azules, rojas, rosadas, negras, cremas, moradas y bicolor.



Muestra de la diversidad de papa diploide del Grupo Phureja. Fotografías: Carlos Eduardo Nustez. Derechos reservados.

Figura 2. Papas nativas.

Fuente: Nustez, C. (2018).



2.5. Valor nutricional de la papa nativa

Las papas nativas de colores amarillos poseen un alto contenido de vitamina C; las coloreadas de rosado, rojo o morado tienen sustancias, como antocianinas y flavonoides, que previenen enfermedades degenerativas, y mientras más oscura sea la pulpa, mayor es la cantidad de antioxidantes que suministran (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social, 2010).

2.6. Variedades cultivadas en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca) que se analizaran

En la siguiente tabla se detallan cinco (5) de las variedades de papa que son cultivadas por ASOARCE:

Tabla 2. *Variedades cultivadas en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca)*

No	Variedad mejorada	Descripción	Imagen
1	Puca Shungo	La variedad Puca Shungo es apta para consumo en fresco (cocida, cremas y purés) y para fritura. Los tubérculos son comprimidos, con ojos profundos. El color de la piel es marrón-intenso. El color predominante de la pulpa es morado y el color secundario es crema.	<p>Imagen 1. Papa Puca Shungo</p>  <p>Fuente: Autoría propia</p>
2	Yana Shungo	La variedad Yana Shungo es apta para consumo en fresco (cocida y purés) y para fritura. Los tubérculos son de forma oblonga, con ojos profundos. El color de la piel es rojo-morado. El color predominante de la pulpa es amarillo y el color secundario es rojo.	<p>Imagen 2. Papa Yana Shungo</p>  <p>Fuente: Autoría propia</p>

3 **Criolla negra**

Entre las características comunes que presentan es la forma general del tubérculo redonda, tiene forma rara concertada, con una profundidad de ojos en su mayoría superficiales y con un color de piel negro.

Imagen 3. Papa criolla negra



Fuente: Autoría propia

4 **Pepina manzana**

La papa pepina o manzana es una variedad nativa, conocida ancestralmente en la región del Sumapaz, Usme y Ciudad Bolívar. Es un poco más resistente que las otras variedades, aunque su manejo en el proceso de producción no deja de ser complejo.

Los tubérculos son de forma oblonga, el color de la piel es rojo. El color predominante de la pulpa es crema con destellos rojizos.

Imagen 4. Papa pepina manzana



Fuente: Autoría propia

5 **Estrella de los andes morada**

Es una papa nativa criolla. Se encuentra cultiva más en el municipio de Choachí que en Boyacá (Tunja) pero también la han cultivado en Subachoque. Los tubérculos son de forma alargada irregular, el color de la piel es morado-intenso. El color predominante de la pulpa es morado y el color secundario es crema

Imagen 5. Papa estrella de los andes morada



Fuente: Autoría propia

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

Este proyecto de investigación es de tipo descriptivo y experimental, tiene como finalidad realizar el análisis fisicoquímico de cinco (5) variedades de papas nativas que se cultivan orgánicamente en la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca) por los productores que conforman la Asociación de Productores Agroecológicos (ASOARCE). Estas variedades de papas se adaptan fácilmente al medio ambiente y son resistentes a condiciones climáticas adversas ya que son cultivadas a una altura entre 3.000 y 3.300 m.s.n.m.

El estudio determino los contenidos de materia seca y humedad por los métodos oficiales de la Association of Analytical Chemists (AOAC); el porcentaje de azúcares reductores a través de la técnica de Miller (DNS), para el porcentaje de almidón, se utilizó el método de extracción del almidón por medio de lavado.

3.2. Etapas o fases de investigación

Esta investigación se desarrolló en dos etapas o fases, como se detalla a continuación:

- La primera fase se realizó a través del muestreo de las cinco (5) variedades de papa nativa, posteriormente se realizó el análisis fisicoquímico de cada variedad por triplicado; Y los valores obtenidos fueron comparados con los reportados en la literatura en los casos en los que se dispuso de dicha información.
- Considerando los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y composicional de las cinco (5) variedades de papas nativas, se realizó la segunda fase en cual consiste en brindar información a los productores agroecológicos (ASOARCE) sobre las características fisicoquímicas de las variedades de papas y en futuro poder determinar el uso tecnológico o agroindustrial de cada variedad, para que estas puedan llegar a ser procesada.

3.3. Materiales y Métodos:

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de nutrición de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en la sede José Celestino Mutis.

3.3.1. Materia Prima

Para la investigación se tomaron cinco (5) variedades de papas nativas de la región del Pantano de Arce (Subachoque, Cundinamarca) que se cultivan en forma orgánica, relacionadas a continuación:

- Criolla Negra.

- Pepina Manzana.
- Estrella de los Andes Morada.
- Yana Shungo.
- Puca Shungo.

3.3.2. Procedimiento

Se tomaron al azar muestras entre 2 a 10 gramos (g) de los tubérculos de cada una de estas variedades para realizar las pruebas fisicoquímicas, estas pruebas se realizaron por triplicado debido a la poca disponibilidad de materia prima. Con el objetivo de poder evaluar las características fisicoquímicas, lo más pronto posible ya que la papa es un producto perecedero.

Las siguientes pruebas se realizaron a las cinco (5) variedades en fresco, siendo las más importantes y participantes en el proceso de selección inicial como requisitos por su potencial en la industria: porcentaje de materia seca, porcentaje de humedad, porcentaje de azúcares reductores y porcentaje de almidón.

3.3.2.1. Materia seca

Se evaluó según la metodología descrita en Association of Official Analytical Chemists la AOAC 925.10/05. Se pesaron 2 gramos (g) de cada muestra en cápsulas de porcelana previamente taradas, luego las muestras se llevaron a una estufa de secado a una temperatura de 95-100°C hasta peso constante. Por último, se enfriaron en el desecador y posteriormente fueron pesadas.

A partir del peso de la materia seca y la muestra en fresco se calculó el porcentaje de materia seca mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$\%materia\ seca = \frac{Wms}{Wm} * 100$$

Donde:

Wms= Peso de la materia seca de la muestra unificar

Wm= Peso de la muestra en fresco

3.3.2.2. Humedad

A partir del valor de materia seca encontrado, la humedad se calculó por diferencia según la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$\%H = \frac{Wm - Wms}{Wm} * 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

Wm = Peso de la muestra en fresco

Wms = Peso de la materia seca de la muestra unificar.

3.3.2.3. Almidón.

Se utilizó el método de extracción de almidón por medio de lavado, a continuación se describe en detalle el proceso realizado:

- **Lavado:** La materia prima se lavó para eliminar el exceso de tierra.
- **Pelado y Rallado:** La papa se peló y posteriormente se ralló con un rayador de uso doméstico.
- **Lavado 1:** Se tomó una probeta (1000 ml) se adicionó 80 g de la ralladura y se completó hasta un volumen de 700 ml con agua destilada para realizar el primer lavado
- **Tamizado:** Por medio de un tamiz se separó el almidón del afrecho.
- **Reposo:** La lechada se depositó en una probeta y se dejó en reposo por 2 horas
- **Lavado 2:** Después de este tiempo se realizó otro lavado.
- **Sedimentado y decantado:** Se dejó sedimentar por 2 horas, luego se separó el sobrenadante y el sedimento
- **Secado:** Ya sedimentado el almidón se retiró el exceso de agua, se depositó el almidón en capsulas de porcelana y se llevó a horno convencional a 50° C durante un periodo de 2 horas
- **Pesado y almacenado:** El almidón obtenido se pesó y almaceno.

3.3.2.4. Azúcares reductores

Se realizó a través de la técnica de Miller (DNS), este método colorimétrico se usó según la Association of Official Analytical Chemists - AOAC 935.24/05. Para la curva de calibración se trabajó con una solución patrón de almidón de 1g/100ml. Los tubos fueron incubados por 5 min a temperatura de ebullición (Bogotá: 92°C). Se enfriaron en agua con hielo durante 10 min en la oscuridad. Finalmente se leyó la absorbancia a 540 nm en el espectrofotómetro marca Spectronic 601, obteniendo la pendiente, intersección y correlación de la curva de calibración.

3.3.3 Análisis Estadístico

Se empleó un Diseño experimental al azar, la comparación de medias entre los grupos se realizó por medio de la prueba ANOVA para grupos independientes. La comparación de pruebas multiplex se realizó a través de la prueba Tukey. En todos los casos, se estableció un nivel de

significancia de $\alpha=0,05$. Estos análisis estadísticos se realizaron mediante el software, STATGRAPHICS®.

4. Resultados y discusiones

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la realización del proyecto de investigación.

4.1. Análisis de contenido de materia seca

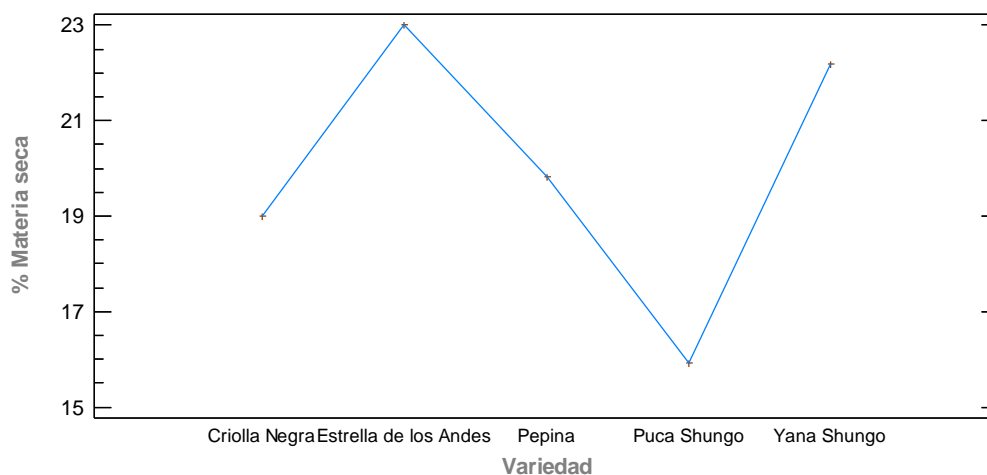


Figura 3. Grafica de resultados promedio % Materia seca

Fuente: Autores, 2020

Se analizaron los resultados de contenido de materia seca de las 5 variedades de papas nativas (Criolla Negra, Pepina Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana Shungo y Puca Shungo), de acuerdo con la Figura 3, se observó que la variedad Estrella de los Andes Morada obtuvo el mayor porcentaje de materia seca (23%) mientras que la variedad Puca Shungo presentó el contenido más bajo (15,93%).

Contreras (2017) en estudios realizados a variedades de papa peruanas encontró valores que oscilaron entre 21,45 % y 27,07% de materia seca, datos similares fueron reportados por Cerón et al., (2018) en variedades de papa cultivadas en Colombia en las cuales su valor de materia seca osciló entre 22,76% y 27,94%; No obstante el contenido de materia seca de las 5 variedades evaluadas en el presente trabajo concuerdan con lo reportado por Ngobese et al., (2017) quienes estudiaron 8 variedades de papa cultivadas en Sudáfrica, ellos encontraron contenidos de materia seca que oscilaron entre el 16% y 21%. Estas diferencias entre variedades pueden darse debido al estado de maduración del tubérculo, al crecimiento, al tipo de cultivo, absorción y al tipo de minerales presentes en el agua y en el suelo.

El contenido de materia seca en la papa es una de las características más importantes para su procesamiento industrial, ya que para procesos de deshidratación (papa prefrita o tostado) se requiere de una proporción de materia seca superior al 20%. Por otro lado, para procesos de fritura se esperan contenidos mayores del 25%, ya que se disminuye la retención de aceite en el producto final por lo anterior observamos en la figura 3 que las papas *Estrella de los Andes Morada* y *Yana Shungo*, se encuentran dentro de los parámetros establecidos y su uso tecnológico sería para procesos de deshidratación (papa prefrita o tostada) ya que su proporción de materia seca fue del 23 y 22,18%.

En la tabla 3. ANOVA descompone la varianza de repeticiones en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4,99, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es menor a 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de repeticiones entre un nivel de % Materia seca y otro.

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) % Materia seca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	93,996	4	23,499	4,99	0,0179
Intra grupos	47,0696	10	4,70696		
Total (Corr.)	141,066	14			

Fuente: Autores, 2020

Estos análisis se completaron con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), la cual evidenció diferencias estadísticamente significativas en el contenido de materia seca entre las variedades *Estrella de los Andes Morada* y *Puca Shungo* (7,067); así como entre las variedades *Puca Shungo* y *Yana Shungo* (-6,25), tal como se indica en la tabla 4.

Tabla 4.

Pruebas de Múltiple Rangos para % materia seca.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Criolla Negra - Estrella de los Andes		-4,0	5,83044
Criolla Negra - Pepina		-0,833333	5,83044
Criolla Negra - Puca Shungo		3,06667	5,83044
Criolla Negra - Yana Shungo		-3,18333	5,83044
Estrella de los Andes - Pepina		3,16667	5,83044
Estrella de los Andes - Puca Shungo	*	7,06667	5,83044
Estrella de los Andes - Yana Shungo		0,816667	5,83044
Pepina - Puca Shungo		3,9	5,83044
Pepina - Yana Shungo		-2,35	5,83044
Puca Shungo - Yana Shungo	*	-6,25	5,83044

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Autores, 2020

4.2. Análisis de contenido de humedad

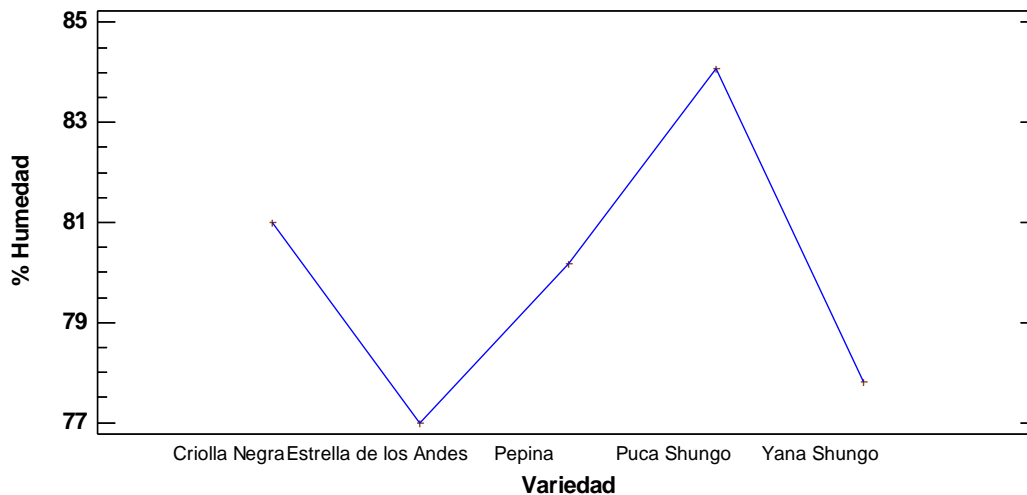


Figura 4. Grafica de resultados promedio % Humedad

Fuente: Autores, 2020

Se analizaron los resultados de contenido de humedad de las 5 variedades de papa nativa (Criolla Negra, Pepina Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana Shungo y Puca Shungo), de acuerdo con la figura 4, se observó que la variedad Puca Shungo obtuvo el mayor porcentaje de humedad (84,07%); Mientras que la variedad Estrella de los Andes Morada presentó el menor contenido de humedad (77%.)

Los cuales coinciden con los resultados reportados por Vázquez et al., (2016) donde mostraron rangos de (75,2 a 83,3%), al igual con lo reportado por Contreras (2017) arrojando valores promedio de las 5 variedades de papa, Yungay 77,627%, Perricholi 77,516% Canchán 78,542%, Huairo 73,732% Peruanita 72,930%. Las diferencias entre los contenidos de humedad pueden deberse al estado de madurez de los tubérculos, el clima, el suelo, tipo de cultivo (orgánico) y almacenamiento.

El contenido de agua de la papa debe estar entre el rango de (72-75%), y como máximo del 80%, cumplir este parámetro garantiza que las papas nativas al ser procesadas mantendrán su estabilidad en condiciones de almacenamiento; ya que si las variedades se encontraran por encima del 80% de humedad se afectarían las propiedades sensoriales, consistencia y vida en anaquel del producto final.

Las variedades que cumplen con este parámetro son: Estrella de los Andes morada, Pepina Manzana y Yana Shungo cuyo contenido de humedad es de 77,00%, 80,17% y 77,82 respectivamente.

En la tabla 5. ANOVA descompone la varianza de repeticiones en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto

que el valor-P de la razón-F es menor a 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de repeticiones entre un nivel de % humedad y otro.

Tabla 5. *Análisis de Varianza (ANOVA) % Humedad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	94,0399	4	23,51	5	0,0179
Intra grupos	47,0538	10	4,70538		
Total (Corr.)	141,094	14			

Fuente: Autores, 2020

Estos análisis se completaron con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), la cual evidenció diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad de la variedad Estrella de los Andes Morada y Puca Shungo (-7,067); así como entre las variedades Puca Shungo y Yana Shungo (6,25), tal como se indica en la tabla 6.

Tabla 6. *Pruebas de Múltiple Rangos para % humedad por Variedad*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Criolla Negra - Estrella de los Andes		4,0	5,82946
Criolla Negra - Pepina		0,833333	5,82946
Criolla Negra - Puca Shungo		-3,06667	5,82946
Criolla Negra - Yana Shungo		3,18667	5,82946
Estrella de los Andes - Pepina		-3,16667	5,82946
Estrella de los Andes - Puca Shungo	*	-7,06667	5,82946
Estrella de los Andes - Yana Shungo		-0,813333	5,82946
Pepina - Puca Shungo		-3,9	5,82946
Pepina - Yana Shungo		2,35333	5,82946
Puca Shungo - Yana Shungo	*	6,25333	5,82946

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Autores, 2020

4.3. Análisis de contenido de almidón

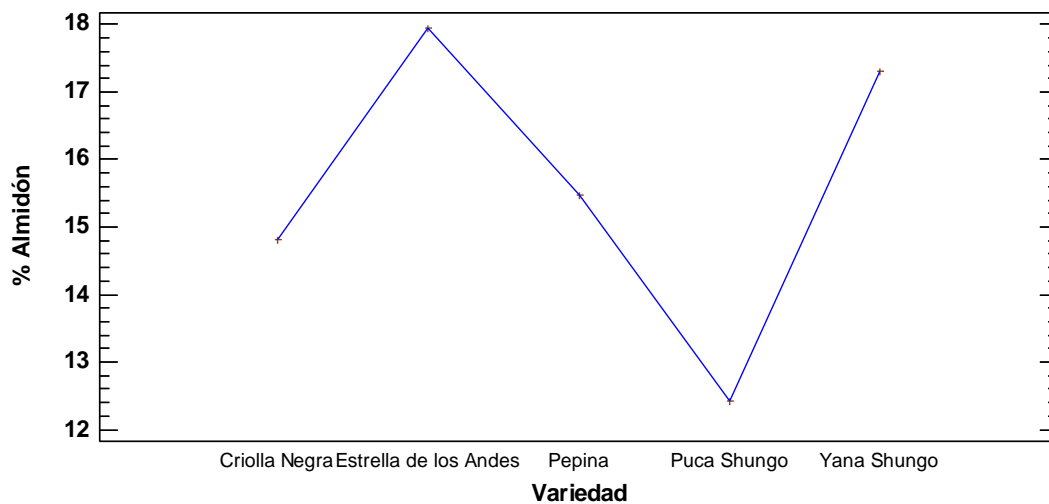


Figura 5. Grafica de resultados promedio % Almidón

Fuente: Autores, 2020

Se analizaron los resultados de almidón de las 5 variedades de papas nativas (Criolla Negra, Pepina Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana Shungo y Puca Shungo), de acuerdo con la Figura 5, se observó que la variedad Estrella de los Andes Morada obtuvo el mayor porcentaje de almidón (17,94%); Mientras que la variedad Puca Shungo presento el menor contenido de almidón (12,43%).

Estos resultados son similares a los reportados por Contreras (2017) quien determino el porcentaje de almidón de cinco variedades de papa (Yungay, Perricholi, Canchán, Huayro, Peruanita) cultivadas en Perú, sus valores promedio oscilaron entre 12,97% y 19,05%. Y también son similares a los reportados por Ngobese et al., (2017) quienes evaluaron ocho variedades de papa (Electra, Fianna, Innovator, Mondial, Navigator, Panamera, Savanna y Sifra) cultivadas en Sudáfrica los valores oscilaron entre 13,7% y 18,1 %; Sin embargo Cerón et al., (2018) reportaron un porcentaje de almidón superior a 20% pero al igual que los otros dos estudios confirmo la variación en el contenido de almidón, el cual varía según el tipo de cultivo y el estado del crecimiento de la planta, y se encuentra en el rango de 66 a 80% del contenido de materia seca.

Las papas que presentan alto contenido en materia seca, almidón y bajo contenido en humedad son ideales para hornear, hacer puré y freír, estas papas se caracterizan por tener un contenido promedio entre 20-23% de materia seca. Las variedades Estrella de los andes Morada y Yana Shungo son ideales para realizar estos tipos de productos.

La variedad Pepina Manzana es ideal para ser hervida por su bajo-medio contenido de almidón/alta-media humedad, aunque no se recomienda para freírse debido a que la humedad

interna se convierte en vapor mientras se cocinan las papas afectando la firmeza del producto, también porque son susceptibles a absorber aceite durante el proceso de fritura.

En la tabla 7. ANOVA descompone la varianza de repeticiones en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es menor a 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de repeticiones entre un nivel de % Almidón y otro.

Tabla 7. *Análisis de Varianza (ANOVA) % Almidón*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	57,2159	4	14,304	5	0,0179
Intra grupos	28,6311	10	2,86311		
Total (Corr.)	85,847	14			

Fuente: Autores, 2020

Estos análisis se completaron con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), la cual evidenció diferencias estadísticamente significativas en el contenido de almidón entre las variedades Estrella de los Andes Morada y Puca Shungo (5,51333), así como entre las variedades Puca Shungo y Yana Shungo (-4,87667), tal como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. *Pruebas de Múltiple Rangos para % almidón por Variedad*

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Criolla Negra - Estrella de los Andes		-3,12	4,54727
Criolla Negra – Pepina		-0,65	4,54727
Criolla Negra - Puca Shungo		2,39333	4,54727
Criolla Negra - Yana Shungo		-2,48333	4,54727
Estrella de los Andes - Pepina		2,47	4,54727
Estrella de los Andes - Puca Shungo	*	5,51333	4,54727
Estrella de los Andes - Yana Shungo		0,636667	4,54727
Pepina - Puca Shungo		3,04333	4,54727
Pepina - Yana Shungo		-1,83333	4,54727
Puca Shungo - Yana Shungo	*	-4,87667	4,54727

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Autores, 2020

4.4. Análisis de contenido de azúcares reductores

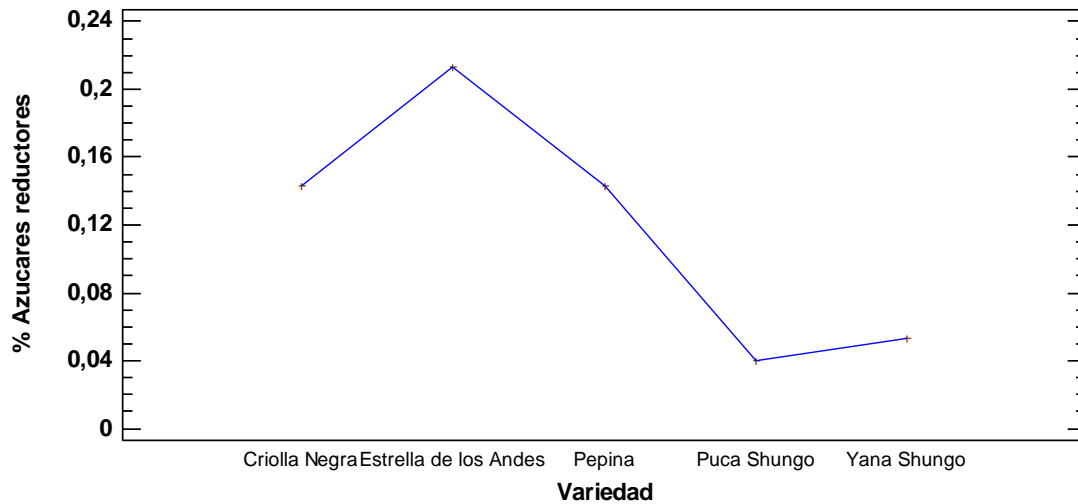


Figura 6. Grafica de resultados promedio % Azúcares reductores

Fuente: Autores, 2020

Se analizaron los resultados de contenido de azúcares reductores de las 5 variedades de papas nativas (Criolla Negra, Pepina Manzana, Estrella de los Andes Morada, Yana Shungo y Puca Shungo), de acuerdo con la Figura 6, se observó que la variedad Estrella de los Andes Morada obtuvo el mayor porcentaje de azúcares reductores (0,21%); Mientras que la variedad Puca Shungo presentó el menor contenido de azúcares reductores (0,04%).

El rango obtenido en las variedades de papa estudiadas (0,04 a 0,21%) concuerda con los resultados reportados por Vázquez et al., (2016) quienes evaluaron seis genotipos de papa (*Solanum tuberosum L.*) cultivadas en dos alturas diferentes, Raíces (3 500 msnm) y Metepec (2 600 msnm) mostraron resultados de (0,04 a 0,58%); Sin embargo Obregón & Repo (2013) reportaron valores superiores, ya que encontraron en cuatro variedades nativas de papa un rango de (0,37 a 0,50%) de azúcares reductores. Al igual que Cerón et al., (2018) con oscilaciones de 0,88% - 1,99%. El contenido de azúcares reductores es variable y esto puede ser debido a la variedad, localización, temperatura, condiciones de cultivo y almacenamiento.

El contenido de estos azúcares se relaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático que se desarrolla durante el calentamiento, es por esto que la industria requiere de variedades de papa con bajos contenidos de azúcares reductores. Por ello para una buena calidad de papas prefritas congeladas su contenido debe ser de $\leq 0,30\%$ y para papas tostadas de 0,20% del peso fresco; un nivel inferior al 0,1% del peso fresco es ideal para la producción de papas fritas, un nivel más alto de 0,33% es inaceptable.

Aunque en general las 5 variedades cumplen los requerimientos industriales de contenido de azúcares reductores para papas prefritas congeladas ($\leq 0,30\%$), para papas tostadas (0,20%) y papas fritas ($< 0,1\%$ y 0,33%), las variedades Criolla Negra, Puca Shungo y Manzana tienen muy

bajo contenido de materia seca y esto no es ideal para estos procesos; la variedad Estrella de los Andes Morada no cumple el criterio para papas tostadas por un pequeño margen (0,21%)

En la tabla 9. ANOVA descompone la varianza de repeticiones en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 8,47, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es menor a 0,05, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de repeticiones entre un nivel de % Azúcares reductores y otro.

Tabla 9. *Análisis de Varianza (ANOVA) % Azúcares reductores*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0619067	4	0,0154767	8,47	0,003
Intra grupos	0,0182667	10	0,00182667		
Total (Corr.)	0,0801733	14			

Fuente: Autores

Estos análisis se completaron con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), la cual evidenció diferencias estadísticamente significativas en el contenido de azúcares reductores entre las variedades Estrella de los Andes Morada Puca Shungo (0,173333), así como entre la variedades Estrella de los Andes Morada y Yana Shungo (0,16) tal como se indica en la tabla 10.

Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para % azúcares reductores por Variedad

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Criolla Negra - Estrella de los Andes		-0,07	0,114858
Criolla Negra - Pepina		0	0,114858
Criolla Negra - Puca Shungo		0,103333	0,114858
Criolla Negra - Yana Shungo		0,09	0,114858
Estrella de los Andes - Pepina		0,07	0,114858
Estrella de los Andes - Puca Shungo	*	0,173333	0,114858
Estrella de los Andes - Yana Shungo	*	0,16	0,114858
Pepina - Puca Shungo		0,103333	0,114858
Pepina - Yana Shungo		0,09	0,114858
Puca Shungo - Yana Shungo		-0,0133333	0,114858

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Autores, 2020

5. Conclusiones

- De acuerdo a las variedades evaluadas se obtuvo un promedio de materia seca de 19,99%. El contenido de materia seca en la papa es una de las características más importantes para su procesamiento industrial, porque para la mayoría de procesos un contenido alto es sinónimo de rendimiento. Se observó que las variedades Estrella de los Andes Morada (23%) y Yana Shungo (22,18%) cumplen con los parámetros establecidos para procesos de deshidratación, prefritura y extracción de almidón.
- Respecto al contenido promedio de humedad fue del 80,01% en las variedades de papas analizadas. El contenido de agua debe encontrarse entre 72-75%, y como máximo del 80%. Las variedades que cumplen con este parámetro son: Estrella de los Andes morada (77%), Pepina Manzana (80,17%) y Yana Shungo (77,82%) esto garantiza que al ser procesadas mantendrán su estabilidad en condiciones de almacenamiento, no se afectarán las propiedades sensoriales, consistencia y vida en anaquel del producto final.
- Las 5 variedades de papa nativa contienen bajos niveles de azúcares reductores esto es importante para evitar problemas de oscurecimiento en procesos de calentamiento; No obstante, solo las variedades Estrella de los Andes Morada y Yana Shungo son ideales para papas prefritas congeladas ($\leq 0,30\%$), para papas tostadas (0,20%) y papas fritas ($< 0,1\%$ y 0,33%), porque las demás variedades no cumplen los criterios de contenido de materia seca para estos procesos.
- Las variedades Estrella de los Andes Morada (17,94%) y Yana Shungo (17,30%) son ideales para ser horneadas, hacer puré y freírse, ya que son altas en almidón y bajas en humedad. Y es ideal para ser hervida la variedad Pepina Manzana (15,47%) por su bajo-medio contenido de almidón/alta-media humedad.
- Las variedades Estrella de los Andes Morada, y Yana Shungo son potenciales para su procesamiento en la industria de fritura, pre cocido, deshidratado y de extracción de almidón, debido a que estos tubérculos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

6. Recomendaciones

- Los resultados en su esencia son preliminares, debido a que el contenido de materia seca, humedad, almidón y azúcares reductores de las papas analizadas puede presentar diferencias; factores como la variedad de los tubérculos, el crecimiento, tipo de minerales en el agua y la absorción, el periodo de cosecha, el tipo de cultivo (cultivos orgánicos), los minerales presentes en la tierra y circunstancias externas, influyen en dicho contenido.
- Se propone continuar con este trabajo investigativo, con el fin de complementar los resultados, ya que la información disponible sobre las características fisicoquímicas de las papas nativas es escasa; nuevas investigaciones apoyarían el rescate y darían valor a la diversidad de las papas nativas colombianas.
- Se sugiere a los productores agroecológicos (ASOARCE), basados en los contenidos de materia seca, humedad, almidón y azúcares reductores, el aprovechamiento tecnológico de las variedades que más se destacaron en esta investigación: Estrella de los Andes Morada y Yana Shungo; para procesos de deshidratación, prefritura y extracción de almidón.

Referencias bibliográficas

- Aristizábal, M. P. (31 de julio de 2019). *Cultivar una hectárea de papa pastusa en Colombia cuesta \$15,6 millones*. AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/clima/cultivar-una-hectarea-de-papa-pastusa-en-colombia-cuesta-156-millones-2891288>
- ASOARCE - Asociación de Productores Agroecológicos del Pantano de Arce (2017). Páramo Farms. Cundinamarca, Colombia.
- Castillo, F. J. (2012). Influencia de 27 cultivares de papa nativa (*solanum sp.*) sobre el contenido de componentes bioactivos y capacidad antioxidante. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1212>
- Cerón, M., Alzate, A., Rojano, B. y Ñuztez, C. (2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo *Phureja*). *Información tecnológica*, 29(3), 205-216. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
- Consejo Nacional de la Papa. (CNP, 2010). Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia.
- Contreras, M. R. (2017). Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum*). *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4370>
- El Tiempo. (4 de febrero de 2018). La producción de papa nacional, en desventaja por las importaciones. *Portafolio.co*. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/produccion-de-papa-colombiana-afectada-por-importaciones-513924>
- Federación Colombiana de productores de papa. (FEDEPAPA, 2017). Dumping y Consumo, dos temas Del y Para el Sector. *Revista papa -Órgano informativo de la Federación*, 42, 9. Recuperado de <http://www.fedepapa.com/WEB-VIEJA/recursos/revista/REVISTA%2042.pdf>
- Federación Colombiana de productores de papa. (FEDEPAPA, 2019). La papa incluida en una dieta balanceada. *Revista papa -Órgano informativo de la Federación*, 47. Recuperado de <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/REVISTA-47-COMPLETA.pdf>
- Florez, C. J., Burgos, J., & Danuver, J. (2013). Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Una Maquina Rebanadora De Papas. [PhD Thesis]. Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Mecánica. Recuperado de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/16259/1/150869.pdf>
- Fundación UNIPYMES (17 de julio de 2017). Fedepapa lanza campaña de consumo: Una papa bien preparada te soluciona. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.unipymes.com/fedepapa-lanza-campana-de-consumo-una-papa-bien-preparada-te-soluciona/>

- Gómez, L. (octubre 2 de 2015). Informe: Así es el mundo de la papa colombiana | CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia. CONtexto ganadero. Recuperado de <https://www.contextoganadero.com/agricultura/informe-asi-es-el-mundo-de-la-papa-colombiana>
- Kulyk. (s. f.). Las vitaminas y los minerales de la papa. Infografía sobre los nutrientes en la patata. Ilustración vectorial cualitativa acerca de patata, vitaminas, verduras, alimentos saludables, nutrientes, dieta, etc. [Grafico]. Recuperado de https://es.123rf.com/photo_41923513_las-vitaminas-y-los-minerales-de-la-papa-infografía-sobre-los-nutrientes-en-la-patata-ilustración-vectori.html
- Martínez, F. E. (2015). *Conservación de agrobiodiversidad andina: El caso de las papas nativas en Colombia*. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/17173>
- MINAGRICULTURA. (2018). *La producción de papa en 2018 podría llegar a 2 millones 690 mil toneladas*. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La%20producci%C3%B3n%20de%20papa%20en%202018%20podr%C3%ADa%20llegar%20a%20millones%20690%20mil%20toneladas.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social. (31 de agosto del 2010). Buscan nuevo estatus para la papa, existen alrededor de 400 variedades del tubérculo. Agronet. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia374.aspx>
- Morales, F. S. (2011). Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.).(Doctorado), Universidad Autónoma de Chapingo, Edo. De México.
- Moreno, C., Andrade, M. J., Oña, G. O., Llumiyinga, T., & Concellón, A. (2015). Efecto de la cocción sobre la composición química y capacidad antioxidante de papas nativas (*Solanum tuberosum*) del Ecuador. *Ecuador es calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(2), Article 2. Recuperado de <https://doi.org/10.36331/revista.v2i2.15>
- Moreno, J. D., Cerón, M. d., y Valbuena, R. I. (2008). Caracterización morfológica de germoplasma de papa nativa de Colombia. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jose_Dilmer_Moreno-Mendoza/publication/263349528_Caracterizacion_morfologica_de_germoplasma_de_papa_nativa_de_Colombia_Morphological_characterization_of_native_potato_germplasm_of_Colombia_Jose_Dilmer_Moreno_Maria_del
- Ngobese, N. Z., Workneh, T. S., Alimi, B. A., & Tesfay, S. (2017). Nutrient composition and starch characteristics of eight European potato cultivars cultivated in South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 55, 1-11. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.11.002>
- Ñustez, C. E. (2018, mayo). Papas diploides: Un legado ancestral para la agricultura en Colombia | Grupo de Investigación en Papa. Grupo de Investigación en Papa. <http://www.papaunc.com/blog/papas-diploides-un-legado-ancestral-para-la-agricultura-en-colombia>

- Obregón, A., & Repo, R. (2013). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de cuatro variedades nativas de papa (*Solanum SPP.*). *Ciencia e Investigación*, 16(1), 38-40. Recuperado de
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2008). La papa, nutrición y alimentación - Año Internacional de la Papa 2008. Recuperado de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>
- Pardo, O. H., Castañeda, J. C., & Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*, 62(4), 289-295. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/37126/45140
- Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9-17. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000100002&lng=es&tlng=es.
- Sánchez, M. S. (2017). Estudio de la variabilidad genética en accesiones de papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante marcadores SSRs. *Ciencia y Agricultura*, 14(2), 67-76. Recuperado de <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n2.2017.7150>
- Spooner, D. M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., & Bryan, G. J. (2005). A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(41), 14694-14699. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507400102>
- Spooner, D. M. y Hetterscheid, W. L. (2005). Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. *Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution, and conservation of crops*/edited by Timothy J. Motley, Nyree Zerega, and Hugh Cross.
- Universidad Católica de Santa Marta (UCSM ,2017). El mayor productor de papa en el mundo es China. *Universidad Católica de Santa María*. <https://www.ucsm.edu.pe/el-mayor-productor-de-papa-en-el-mundo-es-china/>
- Vázquez, M. G. Ramos, D.S. Rubio, O.Á. Torres, C.M. Ayala, A.R. & Vargas, L.P. (2016). Efecto ambiental en características fisicoquímicas de papas de la Mesa Central de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1051-1064. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501051&lng=es&tlng=es.

Anexos

Anexo 1. Panel fotográfico

- a. Visita de campo (plantaciones ASOARCE en Subachoque, Cundinamarca)

Imagen 6. Plantaciones de papa nativa finca el Triunfo



- b. Recolección de muestras de papas nativas cultivadas

Imagen 7. Primera cosecha



Fuente: Autores, 2020

Imagen 8. Segunda cosecha



Fuente: Autores, 2020

c. Análisis de contenido de humedad y materia seca

Imagen 9. Peso de muestras



Fuente: Autores, 2020

Imagen 10. Secado de muestras



Imagen 11. Enfriamiento y pesado de las muestras



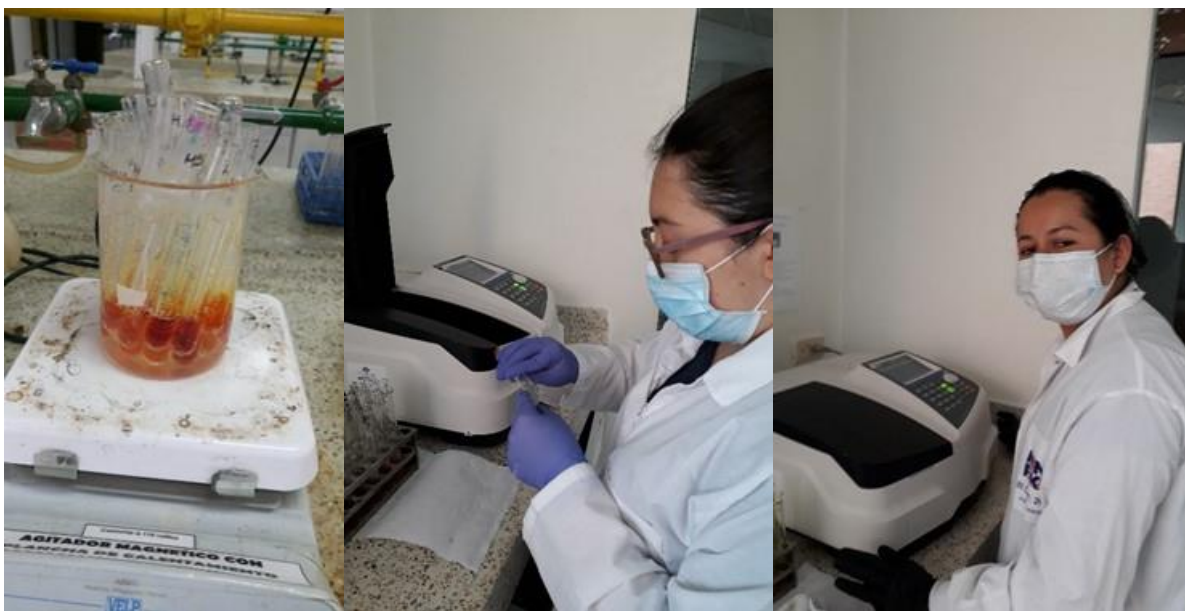
Fuente: Autores, 2020

d. Análisis de almidón



Fuente: Autores, 2020

e. Análisis de azúcares reductores



Fuente: Autores, 2020