

**OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA, OBTENIDO A PARTIR DE LAS VARIETADES: DIACOL CAPIRO, PARDA PASTUSA, PARDA SUPREMA E ICA NARIÑO (ROJA O ROJA NARIÑO) COMÚNMENTE SEMBRADAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**AUTORES:  
ANDRÉS ROSERO FIGUEROA  
JORGE JUAJINOY ESPAÑA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2010.**

**OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA, OBTENIDO A PARTIR DE LAS VARIEDADES: DIACOL CAPIRO, PARDA PASTUSA, PARDA SUPREMA E ICA NARIÑO (ROJA O ROJA NARIÑO) COMÚNMENTE SEMBRADAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**AUTORES:  
ANDRÉS ROSERO FIGUEROA  
JORGE JUAJINOY ESPAÑA**

**Trabajo De Grado Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De Ingeniero Agroindustrial**

**DIRECTOR:  
DIEGO MEJÍA ESPAÑA**  
Ingeniero Agroindustrial

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2010.**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo, son responsabilidad de sus autores.”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo De La Universidad De Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Diego Mejía España**  
**Director**

---

**Andrés Hurtado**  
**Jurado**

---

**Oswaldo Osorio Mora**  
**Jurado**

**San Juan De Pasto, Mayo de 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Diego Fernando Mejía, por su paciencia, completa disposición y por poner todos sus conocimientos a nuestra completa disposición para desarrollar este trabajo.

Al Ing. Hugo Gomajoa Enríquez, por estar siempre presto a colaborarnos de manera desinteresada muchas gracias compañero.

A los funcionarios del laboratorio de postcosecha del centro de producción limpia Lope SENA, Pasto Nariño, gracias por su colaboración.

A Sandra Espinosa y demás personal: Laboratorios Especializados, Universidad De Nariño, Pasto.

A todas las personas y entidades que contribuyeron en la elaboración de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Mabel Figueroa Benavidez, madre gracias por darme alas siempre que quise volar; Graciela Benavides, mama gracias por darme tu mano cuando en mi vuelo quise desfallecer.

A mis amigos y compañeros que siempre confiaron en mi, gracias por su voz de aliento a todos ellos nunca abandonen sus sueños no dejen que nada los quebrante.

*Confucio dijo: “no protestar contra la injusticia es un acto de cobardía como lo ha demostrado la historia, los que persiguen sus sueños honrada y vigorosamente con un espíritu indomable, jamás fallaran en alcanzar sus objetivos”*

**Andrés Rosero Figueroa**

## **DEDICATORIA**

A Dios padre todo poderoso por quien todas las cosas son hechas, gracias en el nombre de Jesús por bendecirme a través de este logro.

A mi Padre Bernabè (Q.E.P.D) y a mi madre Dilia por su dedicación, comprensión y compromiso de toda una vida.

A mis hermanos Pedro, Marlene, Oscar, Jose, Francisco, Carlos, Mario, Amanda y Liliana por su compañía y apoyo.

A mis sobrinos.

A mis amigos y compañeros de la vida.

**JORGE ARMANDO JUAJINOY ESPAÑA**

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue medir el contenido y las características funcionales del almidón nativo extraído de cuatro variedades de papa cultivadas en el departamento de Nariño: *Parda Pastusa*, *Diacol Capiro*, *Ica Nariño* y *Parda Suprema*. Asimismo, se evaluó la influencia del tamaño de los tubérculos de cada variedad, sobre las variables medidas.

Los experimentos se llevaron a cabo en las instalaciones de la Planta Piloto de la Universidad Nariño. La extracción de almidón se realizó por vía húmeda, seguido de secado del producto para su posterior análisis.

Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas en el contenido de almidón extraído de las diferentes variedades estudiadas. La variedad que mostró mayor contenido de almidón fue la *Parda Pastusa*, entre 16,9% y 13,2% (p/p) con un contenido de humedad del 5% (BS), para tubérculos medianos y pequeños respectivamente. En contraste, la variedad con menor contenido de almidón fue la *Parda Suprema* con un valores promedio entre 5,4% y 9,6% (humedad 10,6% BS) para tubérculos medianos y pequeños respectivamente.

Hubo diferencias entre propiedades funcionales del almidón extraído de distintas variedades, aunque no se encontró variación con el tamaño de los tubérculos. La mayor viscosidad se registró para el almidón de la variedad *Diacol Capiro*, mientras que el índice más alto de poder de hinchamiento (PH) se registró en la variedad *Ica Nariño*. Las diferencias entre las propiedades funcionales de los almidones analizados, amplían las posibilidades de uso en la industria alimentaria y no alimentaria para el almidón nativo de papa.

Se espera que los resultados aquí expuestos contribuyan a la potencial utilización de papas en la producción de almidón, teniendo en cuenta la importancia del cultivo en la región.

**Palabras clave:** almidón, nativo, papa, gelificación, viscosidad, propiedades funcionales.

## ABSTRACT

The aim of this study was to measure the content and functional characteristics of native starch extracted from four potato cultivars in the department of Nariño: Parda Pastusa, Diacol Capiro, Ica Nariño and Parda Suprema. The influence of the size of the tubers of each variety on the measured variables was also evaluated.

The experiments were conducted at the facilities of the Universidad de Nariño Pilot Plant. Starch extraction was carried out by wet extraction, followed by drying of the product for further analysis.

The results show statistically significant differences in the starch extracted from different cultivars. The strain that showed higher starch content was the Parda Pastusa between 16.9% and 13.2% (w/w) with a moisture content of 5% (DB) for medium and small tubers, respectively. In contrast, the variety with the lowest starch content was the Parda Suprema with average values between 5.4% and 9.6% (moisture 10.6% DB) for medium and small tubers, respectively.

There were differences in functional properties of starch extracted from different varieties, but found no variation with the size of the tubers. The highest viscosity was recorded for starch extracted from Diacol Capiro cultivar, while the highest rate of swelling power (SP) was recorded in Ica Nariño cultivar. The differences between the functional properties of starches analyzed, extending the possibilities of use in the food industry and food for native potato starch.

It is expected that these findings contribute to the potential use of potato starch production, taking into account the importance of the crop in the region.

**Keywords:** Starch, native, potato, gelling, viscosity, functional properties

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	1
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
2. JUSTIFICACION	4
3. OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO GENERAL	8
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
4. MARCO TEORICO	9
4.1. ALMIDON	9
4.2. GRANULOS DE ALMIDON	11
4.3. INTERACCION ALMIDON – AGUA	13
4.3.1. Gelatinización y formación de pastas	13
4.3.2. Retrogradación y envejecimiento	15
4.3.3. Densidad de bulto	16

4.4 USOS DE LOS ALMIDONES NATIVOS	17
5. DISEÑO METODOLOGICO	18
5.1. HIPOTESIS NULA	18
5.2. HIPOTESIS ALTERNA	18
6. MATERIALES Y METODOS	19
6.1. Extracción de almidón de papa	19
6.1.1. Determinación del contenido de almidón basado en el balance de materia obtenido en el proceso de extracción.	24
6.1.2. Estimación del contenido de almidón a través de gravedad específica.	25
6.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN	27
6.2.1. Forma de los gránulos; esfericidad.	27
6.2.2. Determinación del diámetro equivalente.	29
6.2.3. Distribución del tamaño de las partículas a través del método de tamizado.	30
6.2.4. Densidad de bulto	30
6.3. PROPIEDADES FUNCIONALES	31
6.3.1. Viscosidad.	31

6.3.2. Índice de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento.	33
6.4. PROPIEDADES QUÍMICAS	34
6.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	35
7. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	36
7.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA E IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO	36
7.2. DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA SEGÚN SU VARIEDAD Y SELECCIÓN POR TAMAÑO DE TUBÉRCULOS EN CADA VARIEDAD	48
7.2.1. Balance de materia y estimación del contenido de almidón a través del método de extracción experimental propuesto en el diseño metodológico.	48
7.2.2. Contenido estimado de almidón a través de la gravedad específica.	50
7.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ALMIDÓN.	54
7.3.1. Factor de forma de los gránulos de almidón.	54
7.3.2. Vista microscópica de los granos de almidón.	54
7.3.3. Diámetro equivalente.	56
7.3.4. Densidad de bulto.	58

7.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALMIDÓN.	61
7.5. PROPIEDADES FUNCIONALES.	62
7.5.1. Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y Poder de hinchamiento.	62
7.5.2. Viscosidad.	66
7.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	68
8. CONCLUSIONES	96
9. RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1: Producción de papa dada en el primer semestre del 2008 en los municipios del departamento de Nariño que se dedican al cultivo de papa	3
Cuadro 2: Características del gránulo de almidón proveniente de diferentes fuentes alimenticias	12
Cuadro 3. Límites de tamaño de la papa destinada para consumo	21
Cuadro 4. Factores de variación y niveles	35
Cuadro 5. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad Parda Suprema.	38
Cuadro 6. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad Diacol Capiro	40
Cuadro 7. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad: Parda Pastusa	42
Cuadro 8. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad Roja Nariño	44
Cuadro 9. Análisis de tamizado	47
Cuadro 10. Balance de materia	48
Cuadro 11. Contenido de almidón estimado a partir de la gravedad específica.	50
Cuadro 12. Estimación del contenido de almidón de papa de las variedades estudiadas, propuesto basado en resultados experimentales de extracción frente a la gravedad específica de cada muestra	53
Cuadro 13. Esfericidad de los gránulos de almidón.	54
Cuadro 14. Diámetro equivalente de los gránulos de almidón	57
Cuadro 15. Densidad de bulto y densidad aparente	58

Cuadro 16. Composición proximal de almidón de papa de las variedades Parda pastusa, Parda suprema, Diacol Capiro e Ica Nariño, método Weende.	62
Cuadro 17. Interacción almidón agua.	63
Cuadro 18. Pico de viscosidad.	66

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Análisis de varianza para gravedad específica	68
Tabla 2. Análisis de varianza para porcentaje de almidón según VERMA (1971).	70
Tabla 3. Análisis de varianza para porcentaje de almidón según VON SCHEELE (1959)	71
Tabla 4. Análisis de varianza para extracción húmeda en planta piloto	73
Tabla 5. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para extracción húmeda de almidón en planta piloto según tamaño.	74
Tabla 6. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para extracción húmeda de almidón en planta piloto según variedad.	74
Tabla 7. Análisis de varianza para esfericidad.	76
Tabla 8. Contraste múltiple de rangos para esfericidad según tamaño	76
Tabla 9. Análisis de varianza para diámetro equivalente	78
Tabla 10. Prueba de Tukey para diámetro equivalente según variedad	79
Tabla 11. Análisis de varianza para densidad de bulto floja.	81
Tabla 12. Análisis de varianza para densidad de bulto apretada.	83
Tabla 13. Contraste múltiple de rangos para densidad de bulto apretada según variedad	83
Tabla 14. Análisis de varianza para viscosidad	85
Tabla 15. Contraste múltiple para viscosidad según tamaño	85
Tabla 16. Contraste múltiple de rangos para viscosidad según variedad.	86
Tabla 17. Análisis de varianza para índice de absorción de agua.	88

Tabla 18. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de absorción de agua según tamaño.	88
Tabla 19. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de solubilidad en agua según variedad.	89
Tabla 10. Análisis de varianza para índice de solubilidad en agua.	90
Tabla 21. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de solubilidad en agua	91
Tabla 22. Análisis de varianza para poder de hinchamiento.	93
Tabla 23. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para poder de hinchamiento según variedad.	93

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Amilosa	9
Figura 2. Amilopectina	10
Figura 3. Amiloplastos en una célula vegetal y granos de almidón aislados, vistos en observación microscópica	2
Figura 4: Gránulos de almidón de papa extraídos de la variedad <i>Diacol Capiro</i> , vistos desde el microscopio antes (Izquierda) y después (derecha) de la gelatinización	14
Figura 5: Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el proceso de interacción almidón-agua	16
Figura 6. Diagrama de proceso para obtención de almidón nativo de papa	20
Figura 7. Balance de materia	25
Figura 8. Montaje para la medición del peso de tubérculos en el agua	26
Figura 9. Elipse con radio: $a$ y $b$ con esfera circundante con diámetro igual a dos veces el radio $a$ de la elipse	28
Figura 10: Diámetros medidos en las partículas de almidón, con el fin de determinar su forma y esfericidad	28
Figura 11. Diferentes diámetros para una partícula irregular	29
Figura 12. Viscometro rotacional: VISCOBASIC PLUS R	32
Figura 13: diagrama de proceso, propuesto con fines de extracción de almidón nativo de papa para esta investigación	37
Figura 14. Vista microscópica de almidón de papa, variedad Parda Pastusa	54
Figura 15. Vista microscópica de almidón de papa, variedad Diacol Capiro	54

Figura 16. Vista microscópica de almidón de papa, variedad Parda Suprema 55

Figura 17. Vista microscópica de almidón de papa, variedad Ica Nariño 55

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>pág.</b>
Gráfico 1: Comparación De La Variabilidad En Los Precios De La variedad Diacol Capiro en fresco para La Ciudad De Pasto	5
Gráfico 2. Comparación en la variabilidad de precios papa frita (paquete de 25 gr Bogotá.)	5
Gráfico 3. Índice de estacional anual de precios para la variedad Diacol Capiro en fresco para la ciudad de Pasto	6
Gráfico 4. Índice estacional de precios anual papa frita (paquete 25g Bogotá)	6
Gráfico 5. Cadena de valor de la papa en Colombia, expresada en porcentaje de participación de sus eslabones frente a la producción nacional	7
Gráfico 6. Cinética de secado, variedad parda suprema	39
Gráfico 7. Cinética de secado en almidón de la variedad Diacol Capiro	41
Gráfico 8. Cinética de secado para almidón de la variedad Parda Pastusa	43
Gráfico 9. Cinética de secado para almidón de la variedad Roja Nariño	45
Gráfico 10. Comparación de la Cinética de secado de almidón extraído de las variedades: Diacol Capiro, Parda Suprema, Parda Pastusa Y Roja Nariño	46
Gráfico 11. Promedios y desviación estándar para rendimiento en la extracción de almidón por vía húmeda.	49
Gráfico 12. Promedios y desviación estándar para gravedad específica.	51
Gráfico 13. Promedios y prueba de desviación estándar para contenido de almidón según VERMA 1971.	52
Gráfico 14. Promedios y desviación estándar para contenido de almidón según Von Scheele 1959.	53
Gráfico 15. Promedios y desviación estándar para esfericidad.	56

Gráfico 16. Promedios y desviación estándar para diámetro equivalente de partícula.	57
Gráfico 17. Promedios y desviación estándar para densidad de bulto floja	59
Gráfico 18. Promedios y desviación estándar para densidad de bulto apretada	59
Gráfico 19. Promedios y desviación estándar para densidad aparente de partículas.	60
Gráfico 20. Promedios y desviación estándar para índice de absorción de agua.	64
Gráfico 21. Promedios y desviación estándar para índice de solubilidad en agua.	65
Gráfico 22. Promedios y desviación estándar para poder de hinchamiento.	65
Gráfico 23. Promedios y desviación estándar para viscosidad.	67
Gráfico 24. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación de gravedad específica según tamaño	68
Gráfico 25. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación de gravedad específica según variedad	69
Gráfico 26. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación del contenido de almidón según la ecuación de Verma dependiendo del tamaño de los tubérculos	70
Gráfico 27. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher para variación del contenido de almidón según la ecuación de Verma dependiendo de la variedad	71
Gráfico 28. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para el contenido de almidón según la ecuación de Von Scheele dependiendo del tamaño de los tubérculos	72
Gráfico 29. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para el contenido de almidón según la ecuación de Von Scheele dependiendo de la variedad	72
Gráfico 30. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para rendimiento en la extracción teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos.	75

Gráfico 31. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para rendimiento teniendo en cuenta variedad de los tubérculos.	75
Gráfico 32. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para esfericidad de los gránulos de almidón teniendo en cuenta el tamaño de los tubérculos.	77
Gráfico 33. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para esfericidad de los gránulos de almidón teniendo en cuenta la variedad de los tubérculos	77
Gráfico 34. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para diámetro equivalente teniendo en cuenta el tamaño de los tubérculos	79
Gráfico 35. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para diámetro equivalente teniendo en cuenta la variedad de los tubérculos	80
Gráfico 36. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto floja teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos	81
Gráfico 37. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto teniendo en cuenta variedad de tubérculo.	82
Gráfico 38. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto apretada teniendo en cuenta tamaño de tubérculos	84
Gráfico 39. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto apretada teniendo en cuenta variedad de los tubérculos	84
Gráfico 40. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para viscosidad teniendo en cuenta tamaño de tubérculo	86
Gráfico 41. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para viscosidad teniendo en cuenta variedad de tubérculos	87
Gráfico 42. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de absorción de agua teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos	89

Gráfico 43. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de absorción de agua teniendo en cuenta variedad de tubérculos.	90
Gráfico 44. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de solubilidad en agua para selección por tamaño.	91
Gráfico 45. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de solubilidad en agua para variedad.	92
Gráfico 46. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para poder de hinchamiento según selección por tamaño.	94
Gráfico 47. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para poder de hinchamiento según selección por variedad.	94

## INTRODUCCIÓN.

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas, manzanas y tomates verdes), troncos (palma sajo) y hojas (tabaco).

[ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

“El auge del cultivo de papa en la región comprende 266.057,7 toneladas entre julio y diciembre de 2007 y 221.987,9 toneladas de enero a junio de 2008” [CONSOLIDADO AGROPECUARIO, 2008.] , hace suponer que la abundancia de materia prima para la potencial extracción de almidón de papa hace meritoria esta investigación, ya que los resultados pueden contribuir a la necesidad de insertar valor agregado a ésta cadena productiva teniendo en cuenta que el departamento de “Nariño concentra el 14,5% de la producción nacional de papa, y que la mayoría del aprovechamiento industrial que se le da a esta materia prima se concentra en la elaboración de pasabocas, snacks o frituras” [CENSO DEPARTAMENTAL DE LA PAPA 2005-2006].

Por otra parte, esta investigación pretende analizar la variabilidad del contenido de almidón y sus propiedades dependiendo de la variedad de papa de donde se haya extraído así como también dependiendo del tamaño de los tubérculos en la misma variedad enfocando los resultados en los tubérculos con diámetros menores a 5 cm, los cuales se destinan al medianas animal y sin embargo son una fuente de materia prima a bajo precio para la producción de almidón al contrario de los tubérculos grandes, mucho más costosos y que en su mayoría se emplean en la elaboración de frituras.

Se espera que los lectores interesados y con posibilidades de incursionar en la producción de almidón a partir de papa o quienes solo necesiten información sobre el tema, puedan acceder a un recurso bibliográfico que los pueda orientar y resuelva sus dudas como conocer cual variedad escoger al momento de producir almidón de papa o de predestinar algún tipo de almidón de los cuales se realizó estudios en determinada aplicación alimentaria o no alimentaria.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

“Es común hablar de la necesidad de agregar valor a los productos agrícolas, dado el contexto del departamento de Nariño en el cual es muy común el cultivo de papa” (ver cuadro 1), ARTEAGA (2008) afirma que se ha planteado como alternativa de utilización la elaboración de almidón a partir de papa con fines de comercialización y venta a gran escala como una posible solución para mantener estable y competitivo el cultivo de este producto, pero no se cuenta con datos confiables a partir de los cuales se pueda basar un ente privado o estatal para afirmar que tan pertinente resulta la extracción de almidón de papa con fines de aprovechamiento con las materias primas disponibles en el Departamento.

Ciertamente la información técnica de las variedades cultivadas en el ámbito regional es escasa en lo que a contenido de almidón y características de este se refiere, y no se debería considerar fiable datos referentes a estudios realizados con otras variedades y en otras locaciones teniendo en cuenta que “las propiedades de cada almidón están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por otros factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo, la precipitación, entre otras” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

Basados en lo anterior se espera que los resultados descritos en este trabajo investigativo, permitan sacar conclusiones desde el punto de vista técnico sobre que consideraciones son importantes a la hora de producir almidón a partir de papa, y algunas de las características del almidón obtenido dependiendo de la materia prima utilizada, y se espera que estos resultados sean útiles para el desarrollo de la región.

**Cuadro 1. Producción de papa dada en el primer semestre del 2008, en los municipios del departamento de Nariño que se dedican al cultivo de papa**

EVALUACION DEFINITIVA PRIMER SEMESTRE DE 2008. AREA, PRODUCCION, RENDIMIENTO, PRODUCTORES							
1. Este cultivo fue sembrado en el departamento entre enero y junio de 2008?							
MUNICIPIO	AREA SEMBRADA (HAS)	AREA COSECHADA (HAS)	PRODUCCION (TON)	RENDIMIENTO (KG/HA)	ESTADO PRODUCTO	VARIEDAD PREDOMINANTE	PRODUCTORES
ALDANA	460,0	450,0	7.425,0	16.500,0	FRESCO	CAPIRA PARDA	590,0
BELEN	7,0	7,0	70,0	10.000,0	FRESCO	CAPIRO	26,0
BUESACO	50,0	45,0	450,0	10.000,0	FRESCO	ROJA CAPIRO	65,0
CONSACA	1,5	1,5	13,5	9.000,0	FRESCO	HUILA ROJA PARDA	25,0
CONTADERO	250,0	250,0	4.250,0	17.000,0	FRESCO	DIACOL CAPIRO	420,0
CORDOBA	600,0	600,0	10.800,0	18.000,0	FRESCO	CAPIRO PARDA	1.500,0
CUASPUD	250,0	250,0	4.500,0	18.000,0	FRESCO	DIACOL CAPIRO	250,0
CUMBAL	400,0	390,0	8.580,0	22.000,0	FRESCO	CAPIRO	700,0
EL TABLON	8,0	8,0	96,0	12.000,0	FRESCO	CAPIRO	16,0
GUACHUCAL	570,0	541,5	9.747,0	18.000,0	FRESCO	CAPIRO PARDA	1.500,0
GUAITARILLA	220,0	220,0	3.960,0	18.000,0	FRESCO	CAPIRO PARDA	187,0
GUALMATAN	450,0	450,0	7.200,0	16.000,0	FRESCO	CAPIRO PARDA	220,0
ILES	120,0	110,0	1.375,0	12.500,0	FRESCO	CAPIRA PARDA	190,0
IMUES	90,0	88,0	880,0	10.000,0	FRESCO	CAPIRA	60,0
IPIALES	2.338,0	2.208,0	44.160,0	20.000,0	FRESCO	CAPIRA SUPREMA	3.014,0
LA CRUZ	35,0	30,0	450,0	15.000,0	FRESCO	CAPIRA ICA	145,0
MALLAMA	47,0	42,0	420,0	10.000,0	FRESCO	PARDA	31,0
NARIÑO	11,0	9,9	159,0	16.000,0	FRESCO	CAPIRA	18,0
OSPINA	320,0	320,0	5.152,0	16.100,0	FRESCO	PARDA	250,0
PASTO	1.380,0	1.380,0	24.288,0	17.600,0	FRESCO	CAPIRA	2.250,0
POTOSI	900,0	873,0	17.809,2	20.400,0	FRESCO	CAPIRA	850,0
PROVIDENCIA	28,0	28,0	630,0	22.500,0	FRESCO	ROJA	67,0
PUERRES	124,5	119,5	2.234,7	18.700,0	FRESCO	CAPIRA	125,0
PUPIALES	1.260,0	1.260,0	26.460,0	21.000,0	FRESCO	CAPIRA ROJA	2.200,0
SANTACRUZ	16,0	16,0	288,0	18.000,0	FRESCO	ROJA	30,0
SAPUYES	557,0	557,0	10.583,0	19.000,0	FRESCO	CAPIRA	198,0
TANGUA	700,0	700,0	8.680,0	12.400,0	FRESCO	SUPREMA PARDA	2.500,0
TUQUERRES	1.030,0	1.015,0	18.777,5	18.500,0	FRESCO	PARDA CAPIRO	1.800,0
YACUANQUER	150,0	150,0	2.550,0	17.000,0	FRESCO	CAPIRO PARDA	120,0
<b>TOTAL</b>	<b>12.373,0</b>	<b>12.119,4</b>	<b>221.987,9</b>	<b>18.316,7</b>			<b>19.347,0</b>

Fuente: Consolidado Agropecuario, 2008.

## 2. JUSTIFICACIÓN.

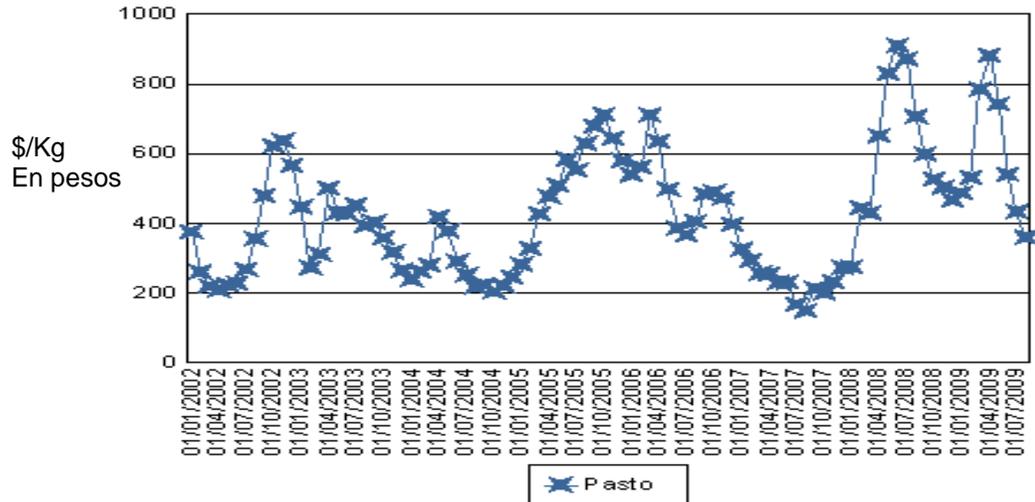
“Los cultivos de raíces y tubérculos alimenticios también llamados: “raíces alimenticias” hacen una importante contribución a los ingresos y a la seguridad alimentaria de los países en desarrollo” [WHEATLEY, ET AL 1997]. “En su mayor parte estos cultivos básicos son sembrados por pequeños agricultores; casi todos dan rendimientos más altos en términos de calorías por hectárea por día que otros cultivos” [WHEATLEY, ET AL 1997].

Hay muchas formas de mejorar el uso tradicional de los cultivos de raíces alimenticias y de introducirlos en una amplia gama de mercados de alimentos para humanos y animales, especialmente en las sociedades del mundo en desarrollo que se urbanizan rápidamente; un esfuerzo concentrado para desarrollar el potencial de estos cultivos podrían conferirles un papel más importante en el proceso de desarrollo [WHEATLEY, ET AL 1997].

Una manera adecuada de mejorar el uso del cultivo de la papa en el departamento de Nariño es sin duda agregando valor a este cultivo, no solo para generar estabilidad económica a los productores que sufren las consecuencias a causa de la sobre oferta del producto, sino también para manejar una cadena de valor en donde se pueda comerciar con productos de uso industrial como el almidón que brindan la oportunidad de incursionar en otro nicho de mercado.

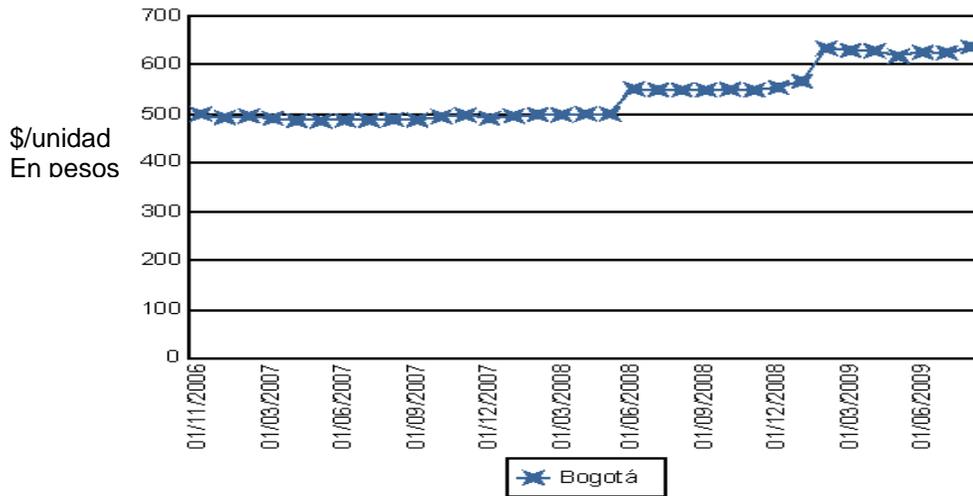
Por otra parte los productos procesados tienen grandes ventajas frente a los productos frescos como: el aumento en su vida útil, mayor rentabilidad en los productos y por supuesto mayor estabilidad en sus precios, lo que indica mayor estabilidad económica a sus productores, además de la generación de empleos directos e indirectos. En los Gráficos 1 y 2 se muestra la variación del precio de la papa *Diacol Capiro*, en la ciudad de Pasto entre los años 2002 y 2009, frente al de un producto conocido como es la papa frita (paquete de 25 g.) durante el periodo comprendido entre los años 2006 y 2009.

**Gráfico1. Comparación de la variabilidad en los precios de la variedad Diacol Capiro en fresco para la ciudad de Pasto**



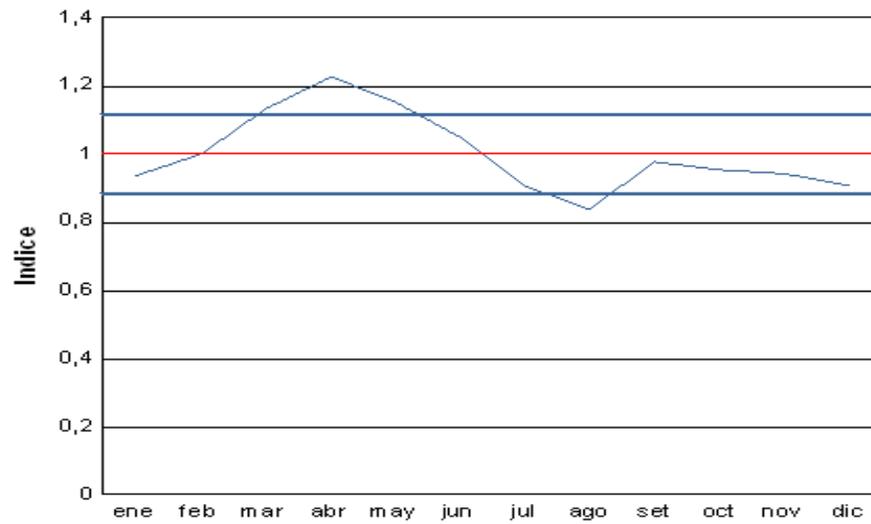
**Fuente:** Agronet [en línea], [consultado 07/10/2009]

**Gráfico 2. Comparación en la variabilidad de precios papa frita (paquete de 25 gr Bogotá.)**



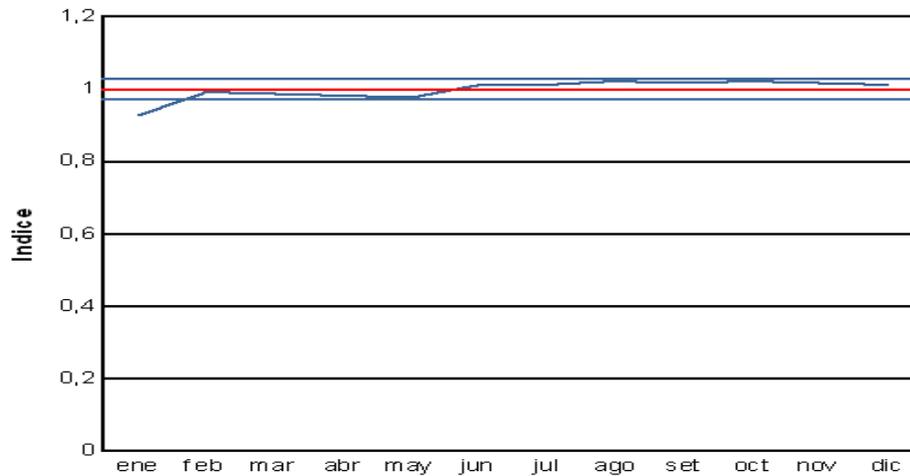
**Fuente:** Agronet [en línea], [consultado 07/10/2009]

**Gráfico 3. Índice estacional anual de precios para la variedad Diacol Capiro en fresco para la ciudad de Pasto.**



**Fuente:** Agronet [en línea], [consultado 07/10/2009]

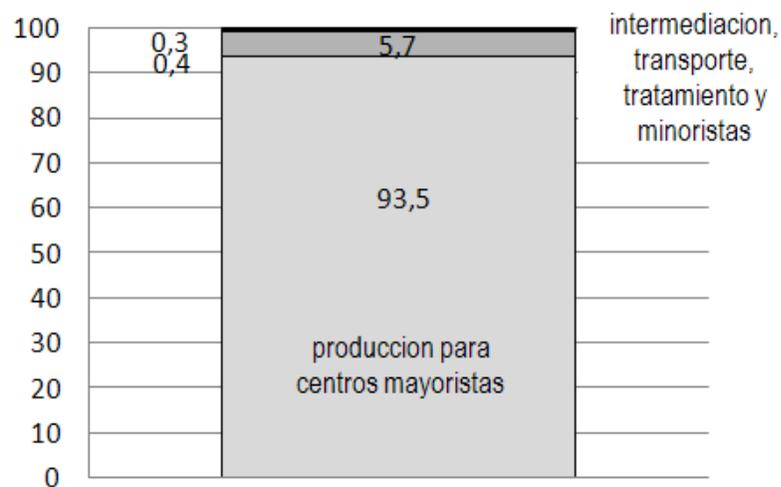
**Gráfico 4. Índice estacional de precios anual papa frita (paquete 25gr Bogotá)**



**Fuente:** Agronet [en línea], [consultado 07/10/2009]

Teniendo en cuenta los Gráficos 3 y 4, se puede resaltar que no solo la diversificación en el uso de la papa genera empresas estables económicamente, sino que además enriquece la cadena de valor de la papa que en Colombia no es extensa y se basa en tres eslabones: comercio de papa en fresco, tratamiento (lavado, empaquetado) y como último la fabricación y uso en otros productos, esta última solo tiene una participación de 0.4%, del total de la producción nacional [ESPINAL Y MARTÍNEZ, en línea, 2005] Ver Gráfico 5.

**Gráfico 5. Cadena de valor de la papa en Colombia, expresada en porcentaje de participación de sus eslabones frente a la producción nacional.**



**Fuente:** Observatorio De Cadenas [en línea], [Consultado 03/09/2009]

Como se puede apreciar las actividades industriales poco aportan a la dinámica del sector [ESPINAL, MARTÍNEZ, en línea, 2005,], mientras que la comercialización del producto en fresco aporta el mayor porcentaje de contribución a la cadena, esto es bastante preocupante debido a la fluctuación de precios (ver Gráfico 2) que el producto tiene durante el año, de ahí la importancia de apoyar la cadena de valor para este cultivo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Obtener, caracterizar y evaluar el almidón nativo de papa extraído a partir de las variedades: Diacol Capiro, Parda Pastusa, Parda Suprema e Ica Nariño.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Analizar el proceso de obtención de almidón nativo de papa, e identificar las variables del proceso.
  
- Determinar el rendimiento en la obtención de almidón nativo de papa según su variedad y selección por tamaño.
  
- Determinar las características fisicoquímicas y funcionales del almidón proveniente de cada variedad de papa analizada.
  
- Elaborar un análisis estadístico y comparativo de los resultados obtenidos

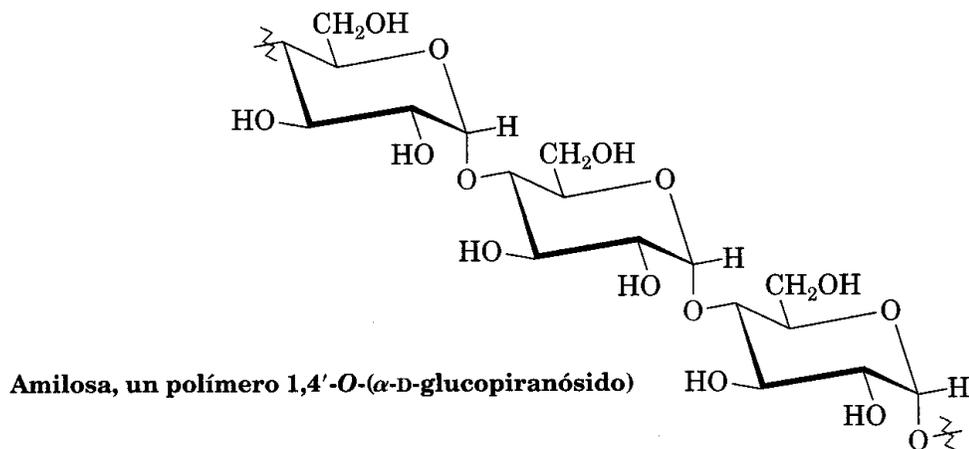
## 4. MARCO TEÓRICO.

### 3.3. ALMIDÓN

Los almidones son polímeros compuestos de muchas unidades de glucosa repetidas. Las plantas utilizan los almidones como principal reserva alimenticia, almacenando este hidrato de carbono en forma de gránulos en las semillas, frutos, tubérculos o raíces. Según la planta los almidones difieren en su composición química, e incluso los de una misma planta pueden no ser idénticos en su composición [ALLINGER, et al. 1991]

Las patatas o papas, el maíz y los granos de cereales contienen grandes cantidades de almidón, un polímero de glucosa que en las unidades de monosacáridos están unidas por enlaces 1,4'-glicosídicos como los de la maltosa. El almidón se puede separar en dos fracciones, la amilosa, la cual es insoluble en agua fría, y amilopectina, soluble en agua fría. La amilosa representa alrededor del 20% del peso del almidón y consta de varios cientos de moléculas de glucosa enlazadas con uniones 1,4'-glicosídicas [McMURRY I, 1998].

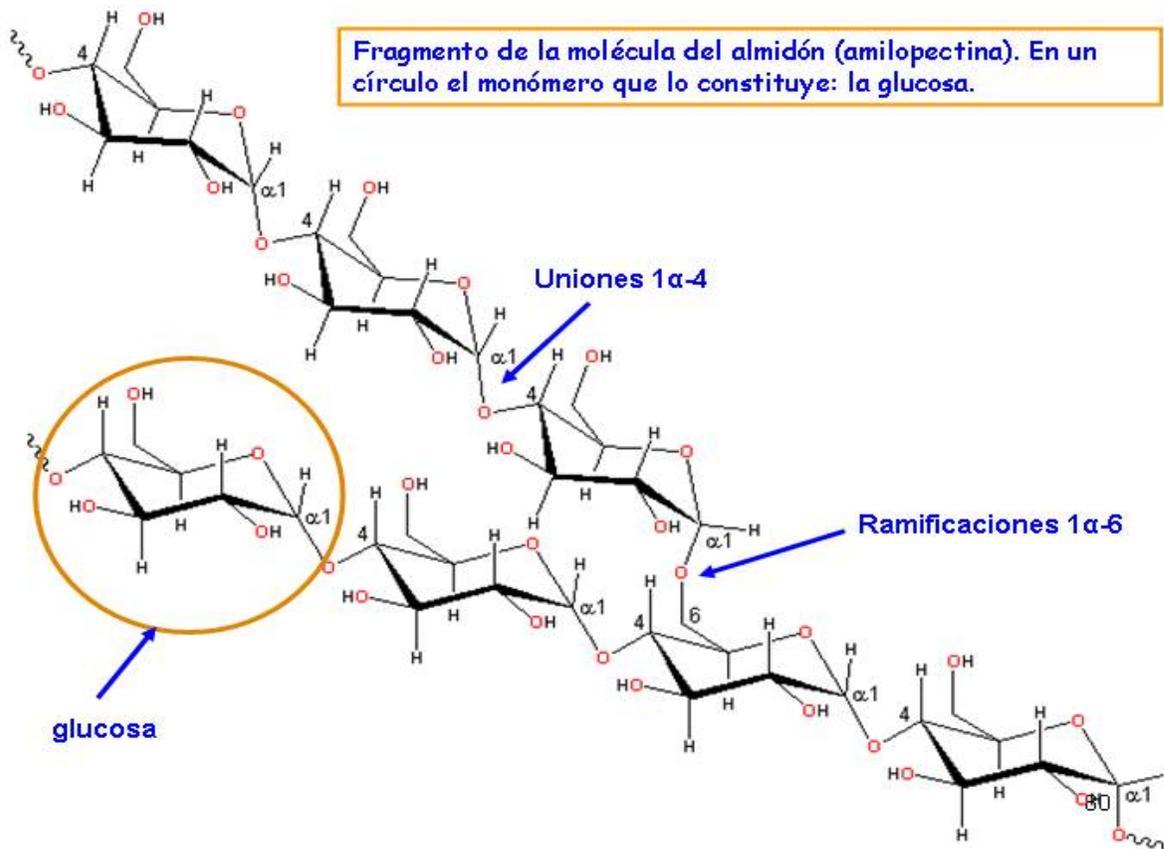
Figura 1. Amilosa



Fuente: McMURRY, 1998

“La **amilopectina**, presenta el 80% restante del almidón y su estructura es más compleja que la de la amilosa. A diferencia de la celulosa y la amilosa, que son polímeros lineales, la amilopectina presenta ramificaciones 1,6' – - glicosídicos cada 25 unidades de glucosa, más o menos” [McMURRY I, 1998].

**Figura 2. Amilopectina**



Fuente: Los glúcidos. En línea, consultado [15/10/2009].

El nivel de amilosa encontrado en el almidón varía dependiendo del origen. Muchos almidones tales como del maíz común, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18 al 28 por ciento de amilosa; el maíz y el trigo están en el extremo alto del rango, mientras la papa y la yuca están en el extremo más bajo.

“La estructura y la cantidad relativa de ambos componentes del almidón juegan un papel importante en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del almidón” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

Algunos almidones están formados exclusivamente por amilopectina, y se les conoce como almidones céreos. El maíz céreo, primer grano reconocido como tal, y en el que el almidón está formado solo por amilopectina, se le llama así por que cuando se corta el grano la superficie que aparece es de aspecto vítreo o céreo. A otros almidones formados también solo por amilopectina se les denomina igualmente céreos, a pesar de que no contienen ningún tipo de cera [FENNEMA, 2000].

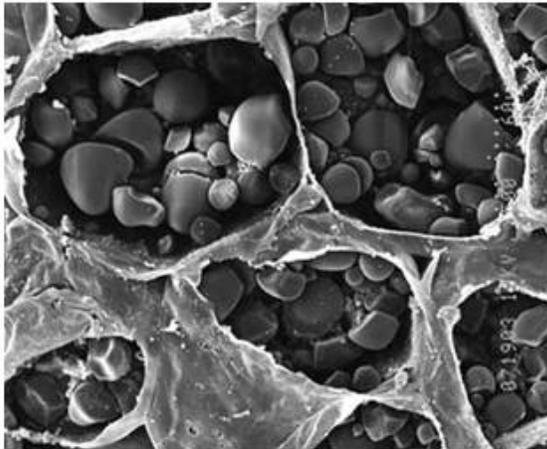
La amilopectina de patata o papa es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente (60-70%) en una posición 0-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición 0-3. Estos grupos fosfatos se presentan cada 215-560 unidades -D-glucopiranosilo, y alrededor del 88% están en las cadenas -B. (las cadenas -A hace referencia a cadenas no ramificadas, las cadenas -B se ramifican con cadenas A o bien con otras cadenas -B) [FENNEMA, Owen, 2000].

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos e insolubles, y se hidratan muy mal en agua fría, pueden ser dispersados en agua, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad, que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35%. La capacidad de formar soluciones viscosas (capacidad espesante) es alcanzada solo cuando a dicha solución de gránulos es sometida a calor [FENNEMA, 2000].

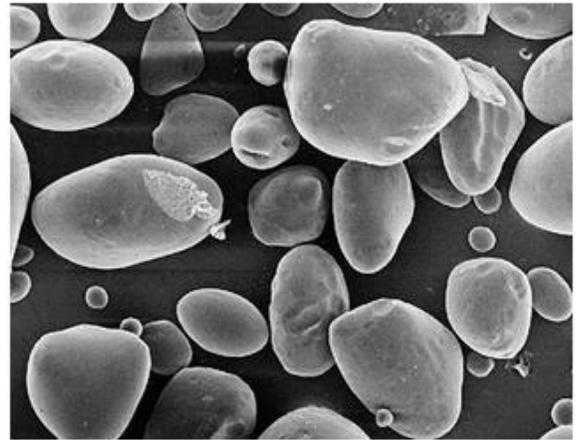
### **3.4. GRÁNULOS DE ALMIDÓN**

Los gránulos de almidón, también llamados amiloplastos, se encuentran dentro de la pared celular de los vegetales y están formados por moléculas de amilosa y/o amilopectina ordenadas de forma radial (ver figura 3). Contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas similares a las de una cebolla con la diferencia que estas capas no pueden separarse entre sí. Las ramas agrupadas en paralelo de la amilopectina se encuentran plegadas como hélices dobles; este empaquetamiento de las estructuras en doble hélice es lo que forma las muchas pequeñas áreas cristalinas muy densas que alternan con las menos densas y amorfas [FENNEMA, 2000]. Puesto que la cristalinidad es producida por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, los gránulos de almidón céreo tienen parecido grado de cristalinidad a los almidones normales; las moléculas de amilosa se disponen entre las de amilopectina y algunas se pueden observar a partir de gránulos parcialmente empapados en agua [FENNEMA, 2000].

**Figura 3. Amiloplastos en una célula vegetal y granos de almidón aislados, vistos en observación microscópica**



Células vegetales en las que se observan gránulos de almidón (amiloplastos).



Amiloplastos aislados.

Fuente: LOS GLÚCIDOS, [en línea], consultado [15/10/2009].

Muchos granos de almidón de raíces y tubérculos como la papa y yuca, tienden a ser de mayor tamaño que los de almidones de semillas (ver cuadro 2), y en general son menos densos y más fáciles de cocinar [FENNEMA, 2000], en el caso de los granos de almidón de papa pueden llegar a alcanzar un tamaño de 100  $\mu\text{m}$  de longitud el eje mayor [FENNEMA, 2000].

**Cuadro 2. Características del gránulo de almidón proveniente de diferentes fuentes alimenticias.**

Origen	Forma	Tamaño del gránulo $\mu\text{m}$
Maíz	Poliédrica	5-25
Cebada	Lenticular	2-5
Arroz	Poliédrica	3-8
Trigo	Poliédrica, lenticular	2-38
Yuca	Hemisférica, esférica	5-35
Papa	Elipsoidal	15-100
Haba	ovoide	30-43

Fuente: RAMIREZ ACERO, 2005.

Todos los almidones retienen pequeñas cantidades de cenizas, lípidos y proteínas; el contenido de fósforo en el almidón de papa (0,006-0,1%), es debido a los grupos éster fosfato presentes en las moléculas de amilopectina. Estos grupos éster fosfato le dan a las moléculas de amilopectina del almidón de papa una carga ligeramente negativa, que resulta en una cierta repulsión coulombica que puede contribuir al rápido hinchamiento de los gránulos de almidón de papa en agua caliente, así como “en algunas propiedades de las pastas del almidón de papa, entre ellas sus altas viscosidades, buena claridad y bajo grado de retrogradación. Las moléculas de almidón de cereales no poseen grupos éster fosfato o bien tienen una cantidad muy inferior a la del almidón de papa”. [FENNEMA, 2000]

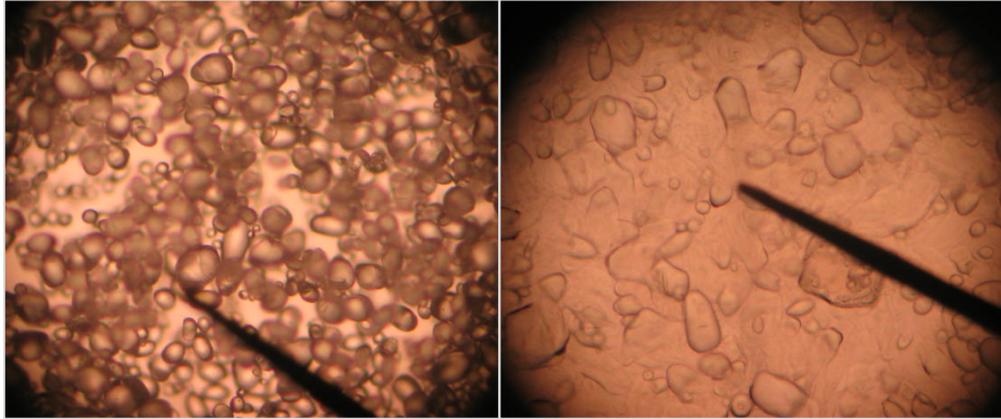
### **3.5. INTERACCIÓN ALMIDÓN- AGUA**

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007]. Los almidones crudos de los diferentes vegetales son prácticamente insolubles en el agua fría, absorben una cantidad equivalente al 30% de su peso, gracias a que puede penetrar el agua en las zonas amorfas sin modificar los gránulos del almidón [RAMÍREZ, 2005].

**3.5.1. Gelatinización y formación de pastas.** Los gránulos de almidón no dañados son insolubles en agua fría, pero pueden impregnar agua de manera reversible, es decir pueden hincharse ligeramente con agua y volver luego al tamaño original al secarse. Sin embargo, cuando se calientan en agua los gránulos de almidón sufren un proceso denominado gelatinización (ver figura 4).

“La gelatinización es la disrupción del orden en las moléculas de los gránulos de almidón” [RAMÍREZ, 2005]. Evidencias de la pérdida de orden son: hinchamiento irreversible del gránulo, pérdida de la birrefringencia y la pérdida de la cristalinidad. Durante la gelatinización se produce la lixiviación de la amilosa, pero también puede producirse antes de la gelatinización. “La gelatinización total se produce normalmente dentro de un intervalo más o menos amplio de temperatura, siendo los gránulos más grandes los primeros que gelatinizan” [FENNEMA, 2000]. “La temperatura inicial aparente de gelatinización y el intervalo dentro del cual tiene lugar dependiendo de la relación almidón-agua, del tipo de gránulo, así como de la variedad en la distribución de tamaño de los gránulos” [FENNEMA, 2000].

**Figura 4. Gránulos de almidón de papa extraídos de la variedad *Diacol Capiro*, vistos desde el microscopio antes (Izquierda) y después (derecha) de la gelatinización**



Fuente: esta investigación

El calentamiento continuo de los gránulos de almidón en un exceso de agua genera mayor hinchamiento de los gránulos, seguida de lixiviación de componentes solubles (amilosa principalmente) y posteriormente si se aplica fuerzas de cizalla, ruptura total de los gránulos, lo que resulta en la formación de una pasta de almidón que consiste en una fase continua de amilosa y/o amilopectina solubilizadas y una fase discontinua de restos de los gránulos ( es la porción más externa del gránulo, es la cubierta insoluble que se forma tras el calentamiento sin ejercer fuerzas de cizalla) [FENNEMA, 2000]

“Por otra parte la gelificación o formación del gel se produce sin que en ello tenga que ver el agente gelificante por sí mismo. El almidón gelifica solo cuando la pasta se ha enfriado. En otras palabras la gelatinización debe preceder a la gelificación”. [RAMÍREZ, 2005] (Ver figura 5)

Al enfriarse una pasta de almidón se forman enlaces intermoleculares entre las moléculas de amilosa, es decir se forma una red donde queda el agua atrapada al igual que cualquier otro gel. “El gel formado por un almidón después de un cierto tiempo en reposo, aumenta el número de enlaces intermoleculares, se hace más firme y comienza a liberar agua de la que sostenía la red tridimensional, este fenómeno se denomina retrogradación” [RAMÍREZ, 2005].

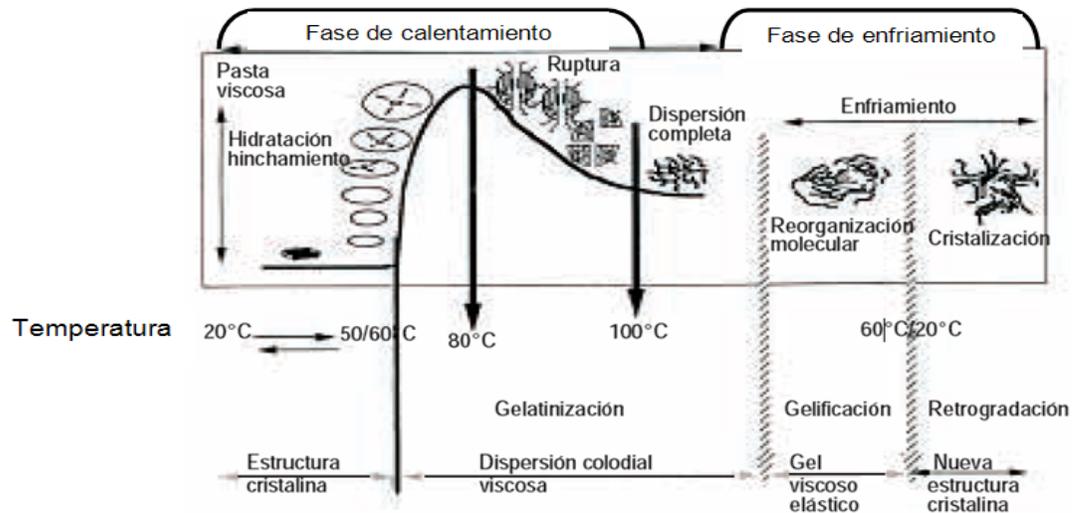
La velocidad y grado de la retrogradación de los almidones, depende de la naturaleza y concentración del almidón en el gel, de la temperatura a que se

encuentre y de la presencia de otros componentes en gel. “Ciertos fenómenos de deterioro de alimentos manufacturados como el envejecimiento del pan y la apariencia de haberse cuajado de algunas salsas están asociados con la retrogradación de los almidones empleados en su elaboración” [RAMÍREZ, 2005].

**3.5.2. Retrogradación y envejecimiento.** Como ya se ha indicado, “el enfriamiento de una pasta de almidón caliente da lugar generalmente a la formación de un gel viscoelástico, firme y rígido” [RAMÍREZ, 2005]. El desarrollo de las zonas de asociación en un gel puede ser considerado como la primera fase del inicio de la cristalización por parte de las moléculas de almidón; al enfriar y dejar en reposo las pastas de almidón éste se hace progresivamente menos soluble. En soluciones diluidas las moléculas de almidón tienden a precipitar y este material insoluble es cada vez más difícil de volver a disolver por calentamiento; esta pérdida de solubilidad del almidón disuelto en sí, es lo que hace referencia a la retrogradación. “La retrogradación del almidón cocinado incluye a los polímeros de amilosa y amilopectina, si bien la primera sufre este proceso de manera más rápida que la segunda”. [FENNEMA, 2000]

Naturalmente esto produce envejecimiento a productos alimenticios elaborados con almidón, el envejecimiento de los productos de panadería se percibe por el incremento de la firmeza de la miga y la pérdida de la frescura. “El envejecimiento comienza tan pronto como el producto está terminado y empieza a enfriarse” [FENNEMA, 2000]

**Figura 5. Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el proceso de interacción almidón-agua**



Fuente: ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007.

**4.2.3. Densidad de bulto.** “El diseño de manejo de productos secos como harinas, requiere el conocimiento de sus propiedades, entre ellas, densidad de bulto flojo, densidad de bulto apretada, densidad aparente de la partícula, tamaño de la partícula, entre otras” [ALVARADO, 1997].

La densidad de bulto es definida por:

$$\text{Ec 1. } (DB) = \frac{M}{V} \quad [\text{ALVARADO, 1997}]$$

Donde (DB) es la densidad de bulto, M la masa y V el volumen. En productos pulverulentos como harinas, dos tipos de densidad son asignados: floja, si el producto se coloca en un recipiente de volumen conocido sin someter a vibración y apretada, “si se utiliza vibración hasta alcanzar un volumen constante. De igual modo, el volumen comprimido en el producto se expresa como porcentaje.” [ALVARADO, 1997], puede ser calculada por:

$$\text{Ec 2. } (E\%) = \left( \frac{V_{\text{inicial}}}{V_{\text{final}}} \right) 100 \quad [\text{HAYES, 1992}]$$

Siendo (E%) el decremento del volumen, expresado para valorar las propiedades de flujo de alimentos en polvo, de tal manera que “a mas compresión de volumen mayor esfuerzo al flujo”. [HAYES, 1992]

### **3.6. USOS DE LOS ALMIDONES NATIVOS.**

Los almidones presentan una gran variedad de funciones en la producción de alimentos, principalmente son utilizados para absorber agua y formar fluidos y pastas viscosas, o bien geles, y proporcionar así cualidades de textura deseadas. La intensidad de la gelatinización del almidón afecta fuertemente a las propiedades del producto, incluyendo el comportamiento durante la conservación y el grado de digestión. [FENNEMA, 2000].

El almidón de papa se utiliza en cereales extruidos, en snacks de aperitivos y en mezclas de polvo para sopas y postres. Los almidones de papa y yuca dan lugar a débiles enlaces intermoleculares y sufren gran hinchamiento que resulta en la formación de pastas de alta viscosidad, y con frecuencia son sometidos a modificaciones para su posterior uso en tecnología alimentaria. [FENNEMA, 2000].

“En la industria no alimentaria la aplicación más importante es el empleo en adhesivos y como preparación para textiles y en manufactura de papel” [WITTCOF, 1993]. “Los adhesivos de almidón también se utilizan en la fabricación de cartón corrugado, fabricación de bolsas de pared múltiple, laminado de papel, enrollado de tubos, etiquetas, fabricación de cajas y cinta engomada”. [WITTCOF, 2002]

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO.**

En este trabajo investigativo se planteó la idea de una única hipótesis nula, a través de la cual se orientó todos los esfuerzos en el desarrollo del trabajo.

### **5.1. HIPÓTESIS NULA**

“Todos los almidones extraídos de tubérculos de papa, son similares en cuanto a sus propiedades y composición, independiente de la variedad de papa de la cual se haya extraído”.

### **5.2. HIPÓTESIS ALTERNA**

“Todos los almidones provenientes de las distintas variedades de papa, presentan diferencias en cuanto a sus propiedades y características, ya que estas son propias de la variedad y clase de papa de la cual se hayan extraído”.

## 6. MATERIALES Y METODOS

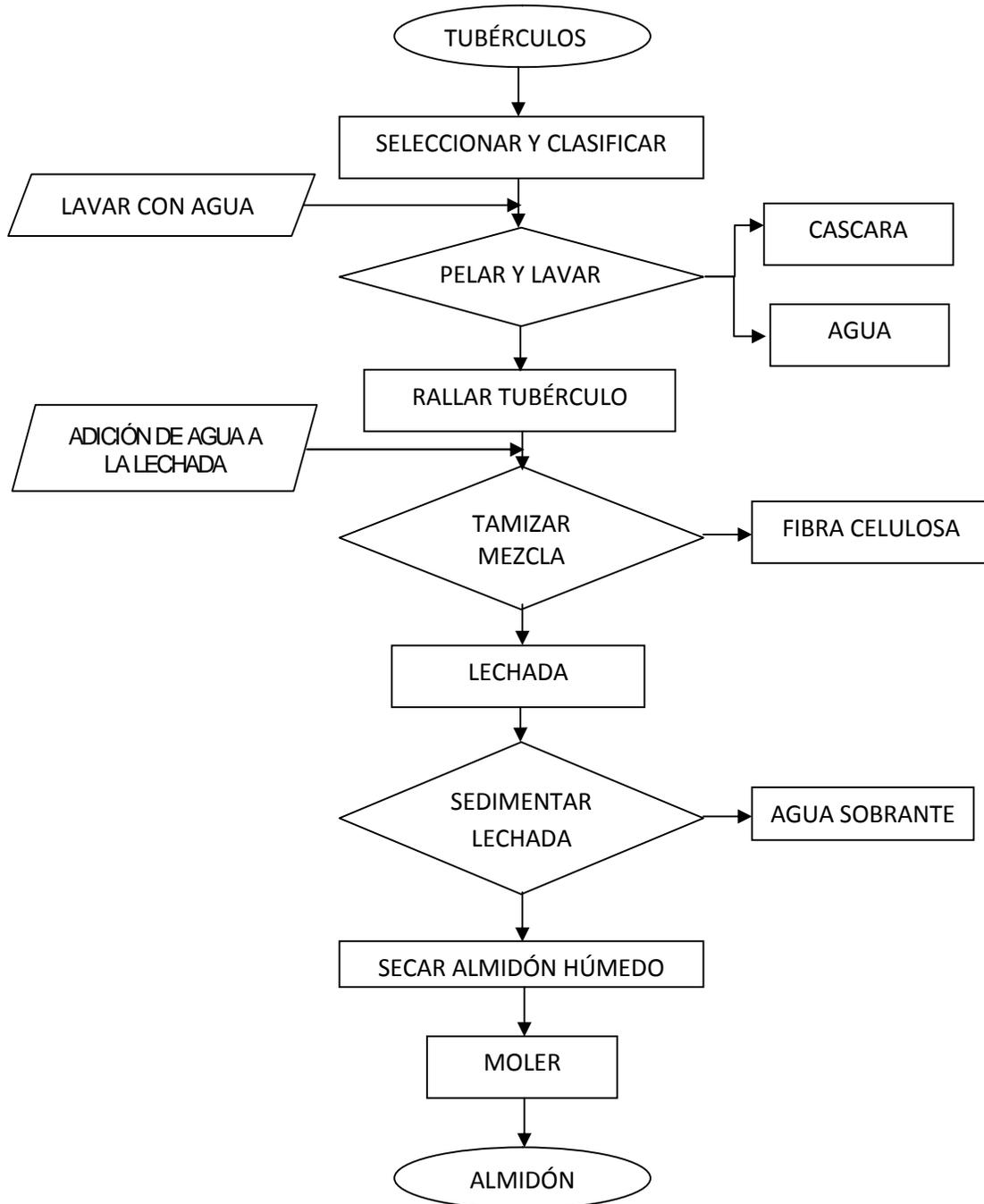
**6.1. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA.** El proceso de extracción se basa según lo expuesto en el diagrama de proceso (ver figura 6) al cual se adecúa los recursos disponibles en planta piloto como peladoras, licuadoras industriales, mufla, horno secador, balanzas, y demás utensilios; para extraer almidón nativo y de esta forma contar con una fuente de material que será objeto de estudio. En esta etapa se determina el rendimiento de cada variedad y cada clasificación por tamaño como también algunas variables en el proceso.

El método se realiza por lotes de 5 kilos en cada extracción, es el resultado de varios ensayos y una detallada observación, con el fin de hacer el proceso más eficiente; en operaciones descritas como en el caso del secado se puede obtener importantes variables a tener en cuenta a la hora de pensar en el posible aprovechamiento del producto a gran escala ya que el propósito de los autores es promover de alguna manera el aprovechamiento de este recurso y su potencial explotación. El proceso se desarrolló como se describe a continuación:

**Selección.** En este proceso se retiró los tubérculos que presentan señales de infestación por hongos u otras enfermedades notorias a simple vista, con el fin de evitar posterior contaminación en el producto, este proceso se realizó en la fuente de aprovisionamiento de materia prima, se utilizó papa proveniente de la comercializadora de papa LA PASCANA ubicada en el corregimiento de Catambuco, Pasto, Colombia, en algunos casos se vio la necesidad de cambiar de proveedor debido a que el proveedor no contaban con la materia prima requerida.

**Clasificación.** Se tomaron tubérculos con un diámetro superior a 4.5 cm, pero inferior a 6.4, el tamaño se determinó por el eje más largo en el tubérculo (ver cuadro 3) [ICONTEC, NTC 341, 200], la medición se realizó de manera manual con la ayuda de un calibrador o pie de rey con precisión de 0.05mm. “No se tiene en cuenta tubérculos con diámetros superiores a 6.4 cm o consideradas como grandes o muy grandes, debido a que su uso es muy apreciado en la industria alimentaria para la fabricación de papa frita y papa pre frita y congelada” [THOMPSON, 1998]

. Figura 6. Diagrama de proceso para obtención de almidón nativo de papa.



Fuente: GÓMEZ Rosario y WONG en línea, consultado [02/21/2008]

**Cuadro 3. Límites de tamaño de la papa destinada para medianas.**

<b>Denominación</b>	<b>Diámetro en mm</b>
<b>Muy grande</b>	Mayor de 90
<b>Grande</b>	65 – 90
<b>Mediana</b>	45 – 64
<b>pequeña</b>	30 – 44

Fuente: ICONTEC, NTC 341, 2001

**Lavado.** Este proceso se realizó con el propósito de eliminar el polvo y otras impurezas en las papas, con adición de abundante agua de forma manual y con la ayuda de un balde plástico y un cepillo de cerdas plásticas, con la finalidad de evitar contaminación al producto final, teniendo en cuenta que la extracción se hace en vía húmeda.

**Rallado de los tubérculos.** En este proceso se desintegró los tubérculos con el fin de permitir la salida de los amiloplastos retenidos en la pared celular, para dicho fin se utilizó una peladora y lavadora de tubérculos marca Comek, de capacidad 8,4 lb/min y ½ HP de potencia, aprovechando que este equipo funciona con un disco abrasivo el cual por medio de rotación a gran velocidad y fricción retira la cáscara de los tubérculos; la operación se prolongó hasta lograr la desintegración total de los tubérculos, con flujo de agua constante (2 litros/min). “A la mezcla formada se le denomina lechada” [Linden Guy Y Lorient Denis, 1996]

**Licuadao.** Este proceso se realizó para obtener el máximo de extracción en las fracciones que no se han desintegrado adecuadamente en el proceso de rallado ocasionado por el paso de pequeños trozos de papa por entre los agujeros del disco abrasivo de la peladora de tubérculos. Se llevó a cabo con una licuadora industrial con vaso volcable y tapa, marca Javar, de capacidad de 15 litros en acero inoxidable 304 y potencia 1.5 HP a 3600 RPM. Se adicionó agua en proporción 5:1 (agua: producto) hasta obtener una mezcla homogénea similar a la obtenida en el rallado, la cual se filtra con la ayuda de un tamiz comercial de aro de madera adicionando más agua y agitando manualmente de manera constante con el fin de retirar el almidón restante; con este proceso se propuso asegurar que el almidón resultante sea todo el esperado.

**Sedimentación y desaguado.** En esta operación se separó la fracción líquida de la sólida en la lechada de almidón. Esta última de color blanco sedimenta por

acción de la gravedad y debido a la escasa solubilidad del almidón en agua fría, precipita formando una pasta semisólida pero firme (de apariencia similar al precipitado producido por la leche tras la adición de cuajo), se realizó en un recipiente con capacidad de 100 litros, en el cual se depositó la lechada proveniente del rallado.

En esta primera sedimentación se precipitan los gránulos de almidón y en algunos casos algo de afrecho que superó la primera etapa de filtrado, en esta operación la lechada se puede ver afectada por una acción oxidativa, produciendo un color carmín en el agua y muy ligeramente en el almidón precipitado; en este paso se le denomina al almidón obtenido almidón carmelita [Usos Y Procesos Productivos De Almidón De Papa, en línea consultado [26/01/2009]] Al final de este tiempo el almidón queda compactado en el fondo del tanque, el agua sobrenadante se retira, dejando una masa compacta.

**Lavado del almidón.** El propósito de esta operación fue remover las partículas extrañas que persisten después de la operación anterior que por lo general son fibra o celulosa de color amarillento y no precipitan de forma compacta como las demás partículas de almidón si no que por el contrario quedan en la superficie de este y se pueden observar provocando pequeños movimientos en el agua, esta operación se realizó con la adición de agua (10 litros) y con agitación de manera manual hasta provocar nuevamente la formación de una lechada la que posteriormente se hace pasar por un tamiz comercial de aro de madera, seguida de una agitación manual, aquí el agua arrastra el almidón por entre el tamiz dejando únicamente las partículas extrañas.

**Segunda sedimentación y desaguado.** El almidón lavado se mantiene en suspensión en una nueva lechada; se deja en reposo (1 a 3 horas) para esperar la precipitación y posterior compactación del almidón en el fondo del recipiente y así poder remover el agua sobrenadante inclinando el recipiente de forma manual, arrastrando las impurezas en el agua, dejando únicamente almidón.

**Secado** Para determinar la *humedad inicial* del producto se realizó un método de secado por lotes, uno por cada variedad, mediante un horno de secado TERMOLAB modelo TH53 serie: 71106, en donde se introdujo el almidón húmedo que se sometió a una temperatura constante de 60 °C hasta obtener una medición constante. Se toma la diferencia de pesos (inicial-final) y se determina el porcentaje de humedad final del almidón para un producto en BPS (base parcialmente seca). Tras determinar la humedad del producto terminado a través del análisis proximal, se determina el valor inicial de humedad en el almidón

conociendo el peso inicial del producto y el peso final de éste en el secado y su respectivo porcentaje de humedad, como se indica a continuación:

$$\text{Ec 4. } (\%HUMEDAD) = \left( \frac{\text{Peso de Agua Extraída}}{\text{Peso Inicial}} \right) 100$$

Donde: Peso agua extraída = peso inicial – (Peso final\*(1-(%humedad))

Una vez pesada la muestra se prosigue al proceso de secado, a una temperatura constante de 60 °C para evitar la gelificación del almidón [RAMÍREZ 2005] y asumiendo que las condiciones dentro del horno no varían, se monitorea la variación del peso de la muestra a causa de la evaporación del agua contenida cada 10 minutos pesando la bandeja con el almidón y restando el peso de esta. Cuando las mediciones no tienen diferencia significativa entre la última que se tomó y la inmediatamente pesada, se toman las mediciones en intervalos cada 20, 30 minutos o una hora, hasta obtener un peso constante en por lo menos dos mediciones, en este punto se asume que se ha llegado al límite del proceso de secado. Posteriormente se corrigió la estimación inicial de humedad comparando el peso del producto en húmedo, el peso de este en la base parcialmente seca obtenida tras el secado y la humedad que determinó el análisis proximal

Con los datos obtenidos se realizó la cinética de secado para cada variedad, posteriormente para analizar el efecto del contenido de humedad en el producto frente a propiedades como la densidad se realiza la medición de su densidad aparente correspondiente a cada muestra, y se discute los resultados obtenidos frente a la humedad obtenida en el producto determinada en el análisis proximal.

**Molienda.** Una vez realizado el respectivo proceso de secado para las diferentes muestras, se obtuvo en el producto estructuras con apariencia rocosa. Debido a esto y para facilitar las experiencias en laboratorio se realizó la reducción de tamaño de las muestras en un molino eléctrico VICTORIA-FUNDICIÓN CORONA con potencia ½ HP (trabaja a 260 RPM), ajustando al límite sus discos de molienda; aquí es importante verificar si se encuentra puesta la cubierta del bastidor del molino con el fin de evitar pérdidas durante la operación; el resultado es un polvo fino de color blanco, el cual se empacó enseguida para su posterior análisis.

**Tamizado.** Se realizó un tamizado con la ayuda de un equipo Rot-Tap. Se usó una muestra de 100g. por cada muestra con el fin de facilitar los cálculos, de tal manera que el peso retenido en cada tamiz representa directamente la fracción

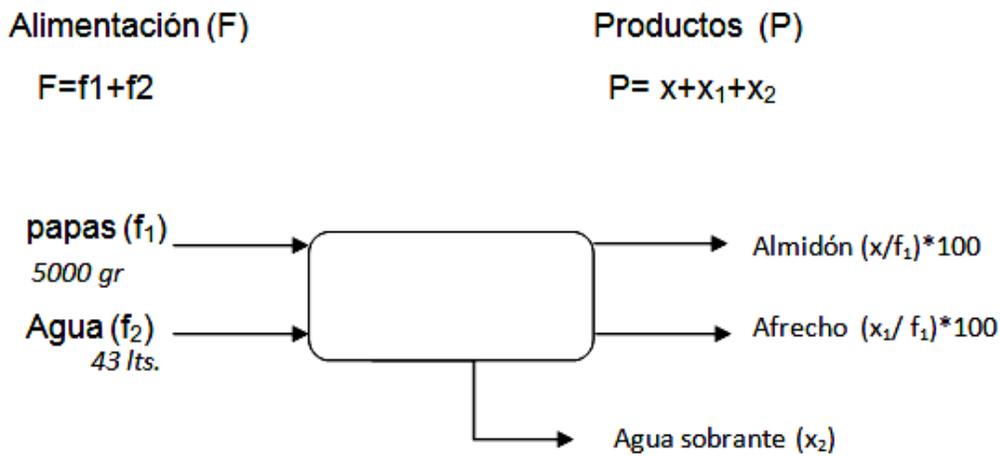
másica retenida, la cual se hizo pasar por los tamices de la serie Standart American N° 60, 80 y 140.

**Empaque.** Se realizó de manera inmediata a la molienda con el fin de evitar la rehidratación del producto a causa de la humedad del ambiente [MCCABE, SMITH Y HARRIOT, 1991]; se empaco en bolsas herméticas plásticas (tipo ziploc) y se rotuló los datos importantes como la variedad de donde proviene, el tipo de tubérculo, peso, y fecha en que se elaboró.

**6.1.1 Determinación del contenido de almidón basado en el balance de materia obtenido en el proceso de extracción.** Para determinar el rendimiento obtenido a partir del proceso de extracción, se realizó el respectivo balance de materia por componente, basado en los productos que directamente provienen de los tubérculos de las variedades estudiadas como son el almidón principalmente, el afrecho y el agua residual.

El balance del componente agua produjo muchas variaciones en la fracción de productos ( $X_2$ ), esto debido a las dificultades para medir su volumen, y a las adiciones que se realizaron en la extracción durante el proceso de lavado del almidón, los cálculos se realizaron como se indica en la figura 7, los datos obtenidos en esta experiencia se recolectaron para su posterior análisis y comparación

Figura 7. Balance de materia

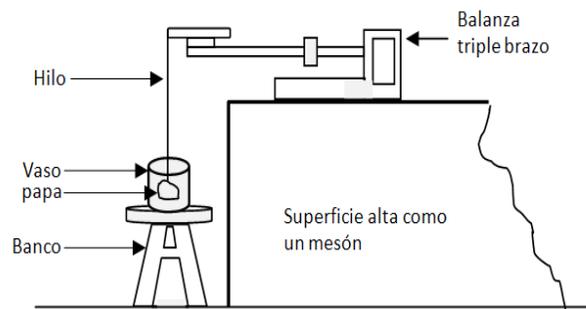


Fuente: esta investigación

### 6.1.2. Estimación del contenido de almidón a través de gravedad específica.

Se escogió cinco tubérculos previamente seleccionados y clasificados según su variedad y tamaño, en seguida se pesan los tubérculos ( $W_{cuerpo}$ ), con una balanza triple brazo de precisión de 0.1 g. Posteriormente, a los mismos tubérculos se les añade en un extremo un alfiler del cual tira un hilo como el que se usa para coser de unos 20 cm de largo, se asume que el peso del hilo y el alfiler es despreciable, luego se dispuso el otro extremo del hilo en el extremo del brazo de la balanza mecánica y se fijó con cinta adhesiva. El tubérculo se sumerge en un vaso de vidrio de 500 ml que contiene aproximadamente tres partes de su volumen de agua destilada, se sumerge los tubérculos en él, se mide y registra su peso ( $W_{agua}$ ) procurando que se sumerja en su totalidad y que las papas no toquen las paredes ni el fondo del recipiente. Para realizar esta experiencia se apoyó el vaso de vidrio en un banco común de madera de tamaño apropiado como se indica en la figura 8.

**Figura 8. Montaje para la medición del peso de tubérculos en el agua.**



Fuente: esta investigación

Una vez registrados los datos aplicamos la fórmula para determinar la gravedad específica:

$$\text{Ec 5. } (GE) = \frac{W_{\text{Cuerpo}}}{W_{\text{Agua}}} \quad [\text{THOMPSON, 1998}]$$

Donde GE es gravedad específica

Con los resultados obtenidos en este procedimiento se reemplaza las incógnitas en las ecuaciones de Verma y Von Schele, y se obtiene un dato estimado del contenido de almidón.

Según los resultados obtenidos mediante el método de extracción vía húmeda propuesto se obtuvieron algunos datos que pretenden reflejar el rendimiento en la extracción y con esto el contenido de almidón presente en cada tubérculo. Para generar una discusión que contraste con estos datos, se realizó también la estimación del almidón a través de métodos como el basado en la *gravedad específica* de los tubérculos, teniendo siempre presente que ésta puede verse influenciada por numerosos factores como composición química y tamaño de los gránulos entre otros [ALVARADO, 1997], posteriormente se estimó el contenido de almidón basado en ecuaciones empíricas de otros autores que indican el contenido estimado de almidón como se muestra a continuación:

$$\text{Ec 6. Verma 1971. } \%AL = (-181,76 + 181,7187) GE \quad [\text{ALVARADO, 1997}]$$

Ec 7. Von Scheele (1959):  $\%AL = 17 \left( 564 + 199,07 \left( (GE) \right) - 1,098 \right)$   
 [ALVARADO, 1997]

En los casos anteriores, los valores de materia seca (*MS*) y almidón (*AL*) están dados como porcentaje, y (*GE*) es la gravedad específica.

## 6.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN

Con el fin de poner a prueba la hipótesis nula propuesta en esta investigación y teniendo en cuenta que los gránulos de almidón poseen diferente forma y tamaño dependiendo de cada fuente vegetal de la cual provengan [RAMÍREZ, 2005], se realizó la medición de las partículas de almidón basados en métodos como la medición directa con ayuda del microscopio a partir de la cual se pudo determinar la esfericidad y diámetro equivalente,

**6.2.1. Forma de los gránulos; esfericidad.** “El diámetro equivalente de una partícula no esférica se define como el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula”. [MCCABE, SMITH Y HARRIOT, 1991] “Este valor se ve representado en el porcentaje del volumen de la partícula, frente al volumen de una esfera que tuviera el mismo volumen que esa partícula” [GEANKOPLIS, 1998]. Teniendo en cuenta que las partículas evaluadas son de forma elipsoide vistas desde el microscopio, se calculó el volumen de las partículas como si fueran una elipse sólida triaxial que gira en torno a su eje más largo,

De ahí que:

$$\text{Ec 8. } S = \left[ \frac{V_p}{V_{eq}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{HAWWANA, ----}]$$

Donde:

$V_p$ : Volumen de la partícula elipsoide (Ver figura 9).

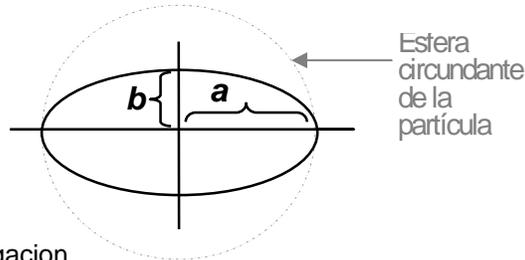
$V_{eq}$ : Volumen de una esfera con el mismo diámetro mayor que la partícula (Ver figura 9).

$s$ : esfericidad.

$$\text{Ec. 9. } V_p = \frac{4\pi}{3} a b^2 \quad [\text{HAWWANA, ----}]$$

$$\text{Ec. 10. } V_{eq} = \frac{4\pi}{3} a^3 \quad [\text{PERRY, 2001}]$$

**Figura 9. Elipse con radio:  $a$  y  $b$  con esfera circundante con diámetro igual al 2 veces el radio  $a$  de la elipse**



Fuente: esta investigación

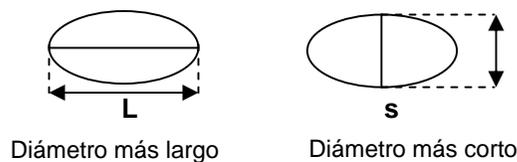
Con el fin de determinar el diámetro de las partículas estudiadas se tomaron mediciones de las partículas expresadas en micras ( $\mu\text{m}$ ) obtenidas a partir de observación directa con un microscopio AXIOSTAR PLUS, Fabricante: Carl Zeiss, y se comparó su magnitud con un MICRÓMETRO RETICULAR PARA OCULARES (10:100,  $d = 26 \text{ mm.}$ ) Carl Zeiss, teniendo en cuenta su diámetro más largo y más corto, como se muestra en la figura 10. Posteriormente se realizó la corrección de la medida, tras la multiplicación por factor  $k'$  ( $9.9 \mu\text{m}$ ) con el fin de corregir el margen de error según las recomendaciones en el manual del fabricante [Instrucciones De Manejo Axiostar Plus, Microscopio De Luz Transmitida, fecha de edición: 31/10/2003]

Donde:

$$\text{Ec. 11. } k' = \frac{99}{100} \quad 10\mu\text{m} = 9,9\mu\text{m}$$

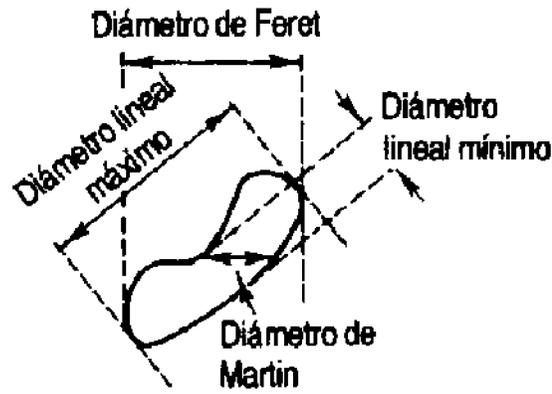
[Instrucciones De Manejo Axiostar Plus,]

**Figura 10: Diámetros medidos en las partículas de almidón, con el fin de determinar su forma y esfericidad**



## 6.2.2. Determinación del diámetro equivalente.

Figura 11. Diferentes diámetros para una partícula irregular



Fuente: PERRY, 2001

Con los diámetros obtenidos para determinar la esfericidad como volumen de la partícula y la misma esfericidad para cada muestra de almidón, los valores de los ejes largo y corto ( $a$  y  $b$ ), se transforman en semiejes llevando estos valores a la mitad como se muestra en la figura 9, siempre asumiendo que la figura gira en torno a su eje más largo y se describe como esferoide alargado [PERRY, Robert H., 2001], y debido a las diferentes formas de expresar el diámetro de partículas de forma lineal (ver figura 11), se determinó que la manera más conveniente de expresar este diámetro de las partículas era a través del diámetro equivalente de la partícula. El diámetro equivalente ( $D_p$ ) de una partícula no esférica se define como el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula.

$$\text{Ec. 12. } D_p = \frac{6 \cdot V_p}{s_p \cdot \phi_s} \quad [\text{McCabe, Smith Y Harriot, 1991}]$$

Para poder utilizar la anterior ecuación se vio la necesidad de encontrar la superficie de la partícula

Área de superficie

$$\text{Ec. 13. } S_p = 2\pi b^2 + 2\pi \left(\frac{ab}{e}\right) \text{Sen}^{-1} \quad [\text{PERRY Robert h., 2001}]$$

Donde :

$$\text{Ec. 14. } e = \left| \left( 1 - \left( \frac{b}{a} \right)^2 \right) \right|^{1/2}$$

**a** y **b** son el eje mayor y menor tamaño (ver figura 9) y **e** es la excentricidad  $e < 1$ , **S<sub>p</sub>** se refiere al área de superficie de la partícula, **V<sub>p</sub>** el volumen de la partícula, y **s** se refiere a la esfericidad. Disponibles todas las variables se reemplazaron en la ecuación para obtener el *diámetro de la esfera equivalente*.

**6.2.3. Distribución del tamaño de las partículas a través del método de tamizado.** Este procedimiento se realizó adecuando la técnica ISI 1999 [Aristizabal Y Sánchez, 2007]. Se pesó una muestra de 100 gr, de almidón de cada variedad de papa estudiada con una balanza digital DENVER INSTRUMENT modelo: Apx.200, de sensibilidad 0.1 mg, posteriormente se registró el peso de los tamices serie: STANDARD AMERICAN número: 140(250µm), 80(180µm), 60(106µm), luego el conjunto de tamices apilados se dispuso en el tamizador mecánico: RO-TAP TYLER COMPANY, y se prosigue a la agitación durante un periodo de 10 minutos, posteriormente se registró el peso del almidón retenido en cada tamiz de la siguiente forma

$$\text{Ec.15. } \textit{Peso Neto Individual} = (\textit{Peso Tamiz} + \textit{Fracción de Almidón}) - \textit{Peso de Cada Tamiz Vacío}$$

Para obtener el peso retenido en cada tamiz, el gran total es igual a la sumatoria de los pesos netos individuales. Para determinar la fracción másica retenida, se registró cada fracción de almidón como porcentaje del gran total teniendo en cuenta que la muestra tomada fue 100 gramos; la distribución de las partículas se ve representada por la luz de la malla en micrómetros [Aristizabal Y Sánchez, 2007].

**6.2.4. Densidad de bulto.** Basados en la técnica de Smith, (1967) [Aristizabal Y Sánchez, 2007]. Se pesó 50 g. de almidón de las diferentes muestras objeto de estudio en una balanza digital Denver Instrument modelo Apx.200, de sensibilidad 0.1 mg, después se trasladó el almidón en una probeta de vidrio graduada de 250 ml (previamente pesada). Se registraron los pesos de la probeta llena con el contenido de almidón y la probeta vacía para el análisis de todas las muestras y se registró el volumen del producto, de igual manera los cálculos para obtener la densidad de bulto floja (DBF), se realizaron mediante la fórmula:

$$\text{Ec. 16. } (DBF) = \frac{((\text{Peso Probeta} + \text{Almidón Suelto}) - \text{Peso Probeta Vacúa}) (g)}{\text{Volumen de la muestra floja (ml)}}$$

Expresada en (g / ml)  
[ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

$$\text{Ec. 17. } = (DBA) = \frac{((\text{Peso Probeta} + \text{Almidón Empacado})(g)) - \text{Peso Probeta Vacía (g)}}{\text{Volumen de Muestra Empacada (ml)}}$$

Expresada en (g. / ml)  
[ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

Para determinar la densidad de bulto apretada (DBA), el procedimiento fue el mismo que en el anterior, sin embargo en este caso fue necesario obtener el volumen de muestra empacada, este se produjo tras realizar consecutivos golpecitos de forma manual a la base de la probeta contra una superficie plana hasta observar un volumen constante, [Aristizabal Y Sánchez, 2007].

Se realizó el mismo ensayo para todas las muestras con diferentes contenidos de humedad con el fin de observar el comportamiento del almidón respecto a esta variable

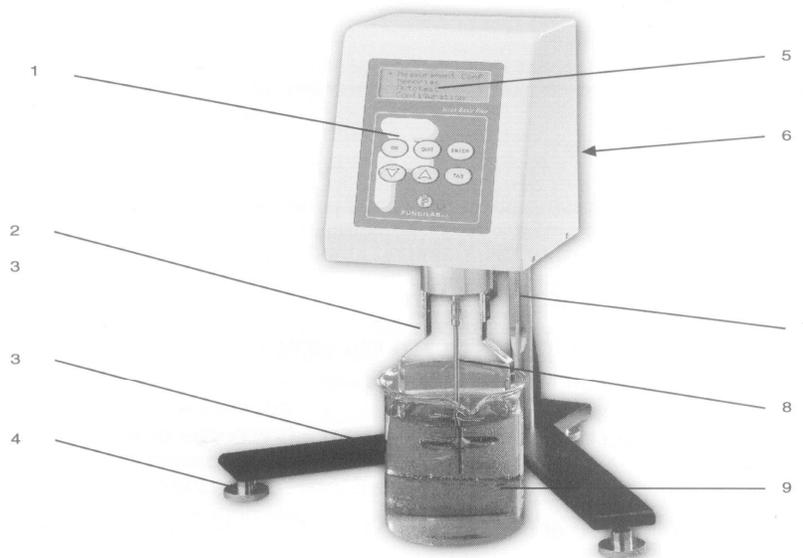
### 6.3. PROPIEDADES FUNCIONALES.

“Las características funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad)” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

**6.3.1. Viscosidad.** “Se preparó las diferentes suspensiones de almidón objeto de estudio con una concentración del 5% (concentración peso a peso p/p) de almidón, en beakers de 600 ml, esta es la concentración de almidón en la que se alcanza más viscosidad en el calentamiento” [FENNEMA, 2000]. Posteriormente se calentó la suspensión en una plancha de calentamiento CORNING PC-420D, con temperatura ajustable, agitando con una varita de vidrio hasta alcanzar una temperatura de “58, 60 y 62 grados centígrados rango de temperatura de gelificación del almidón de papa” [RAMÍREZ, 2005], temperatura previamente programada para cada caso y verificada con la ayuda de un termómetro de mercurio con graduación de -10 a 140 grados centígrados. Inmediatamente se realizó la medición con la ayuda del viscosímetro rotacional visco Basic plus R fabricante: Fungilab S.A. (Ver figura 12).

En adelante se realizó la medición según indica el manual del equipo, escogiendo husos o spindles que se adapten a la medición adecuada (entre 15 y 95%, como criterio de aceptación de la medida según el equipo), esto se puede hacer al azar o escogiendo husos recomendados en el manual del usuario a partir de viscosidades similares o conocidas [Manuales De Procedimiento De Equipos, Viscometro Rotacional Viscobasic Plus, SENA 2008], observando siempre los valores indicados en la pantalla del Viscosímetro; “valores por debajo del 15% son considerados como erróneos” [Manuales De Procedimiento De Equipos, Viscometro Rotacional Viscobasic Plus, SENA 2008], después de realizar el barrido con los diferentes spindles se tomó como valor de pico de viscosidad la medición más alta y el huso adecuado en este caso sería al que corresponda este valor. [Manuales De Procedimiento De Equipos, Viscometro Rotacional Viscobasic Plus, SENA 2008]

**Figura 12. Viscometro rotacional: VISCOBASIC PLUS R**



**Fuente:** Manuales De Procedimiento De Equipos, SENA 2008

- |  |  |
|--|--|
| 1. Teclas                                  | 2. Protector del huso                  |
| 3. Soporte base                            | 4. Patas de nivelación                 |
| 5. Pantalla (LCD)                          | 6. Interruptor (en la parte posterior) |
| 7. Barra dentada                           | 8. Huso                                |
| 9. Envase simple (no incluido en el envío) |  |

El equipo usado presenta valores indicados en centipoises (cP.), “el valor máximo obtenido tras el barrido en la medición de viscosidad a diferentes temperaturas se denominará como pico de viscosidad o viscosidad máxima y la temperatura en la que se registra corresponde a la temperatura de gelificación” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

**6.3.2. Índice de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento.** Este método se realizó según la técnica propuesta por ANDERSON, et al (1969) [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007]. En una balanza analítica digital Denver Instrument modelo Apx.200, se pesó 50 g. de las diferentes muestras de almidón objeto de estudio, se tomó 1.25 gramos de la muestra anterior y se disponen en los tubos de centrifuga de capacidad de 50ml, se agregó 30 ml de agua destilada precalentada a 60°C. Posteriormente se agitó de manera manual los tubos. En otro vaso de precipitado de 500 ml con agua, donde previamente se había realizado un montaje para mantener el agua con una temperatura de 60°C, se ubicó los tubos de centrifuga en su interior y se mantuvieron por un periodo de 30 minutos a temperatura constante, durante el cual se agitó de manera manual los tubos de centrifuga únicamente los 10 primeros minutos de calentamiento.

Posteriormente continuó el calentamiento, al finalizar se esperó un periodo prudencial de 10 minutos, al cabo de este la muestra en el interior de los tubos se encuentra a temperatura ambiente, seguido se trasladó los tubos de centrifuga con su contenido a una centrifuga modelo MLW T24, y se realizó un proceso de centrifugación a 4900 RPM durante un periodo de 30 minutos, al cabo de los cuales inmediatamente se vació el agua sobrenadante de estos en una probeta graduada de 50 ml.

Posteriormente se tomó 10 ml del agua sobrenadante extraída de los tubos en la operación anterior con la ayuda de una pipeta de vidrio de 5 ml y se depositó en vasos de precipitado de 50 ml, previamente pesados y limpios, los cuales se sometieron a un proceso de secado durante 12 horas a una temperatura constante de 70°C en un horno de secado TERMOLAB TH53, periodo tras el cual se pesó los tubos de centrifuga con el gel formado y los vasos de precipitado sometidos al secado. Aquí se obtiene el valor de los sólidos solubles (estos últimos previamente enfriados), para determinar los resultados se utilizó las siguientes ecuaciones:

Índice de absorción de agua (IAA)

$$\text{Ec. 18. } (IAA) = \frac{\text{Peso del Gel (g)}}{\text{Peso de la Muestra (g)bs}} \quad [\text{ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007}].$$

Índice de solubilidad en agua (ISA).

$$\text{Ec. 19. } (ISA) = \frac{\text{Peso de Solubles (g)bs}}{\text{Peso de la Muestra (g)bs}} \quad [\text{ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007}].$$

Donde  $v$ , es el volumen de agua sobrenadante extraída después de la centrifugación

Poder de hinchamiento (PH).

$$\text{Ec. 20. } (PH) = \frac{\text{Peso del Gel (g)}}{\text{Peso de la Muestra (g) - Peso de Solubles (g)}} \quad [\text{ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007}].$$

Almidones de buena calidad y alta viscosidad de la pasta, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento. Alta solubilidad, baja absorción de agua y bajo poder de hinchamiento indican un almidón de baja calidad, el cual al enfriarse produce pastas delgadas y de poca estabilidad cuando se enfrían [Aristizabal Y Sánchez, 2007].

#### 6.4. PROPIEDADES QUÍMICAS

Con el fin de determinar su composición para el posible uso en la industria alimentaria o no alimentaria se elaboró un análisis proximal o próximo, para cada muestra de almidón obtenida. Podría definirse el análisis próximo como un esquema de análisis químico mediante el cual se determina la composición de un alimento en términos de sus principales grupos de nutrientes; en otras palabras, “se evalúan la calidad de un alimento en función de grupos de compuestos con características físico-químicas semejantes, pero con diferente valor nutritivo” [Espinola L. ----]

Este procedimiento se desarrolló a través de los servicios de la Universidad de Nariño, sección de Laboratorios Especializados, Laboratorio de Bromatología, Torobajo, Pasto; análisis proximal método Weende (ver anexo A), a partir del cual se determinó la materia seca, fibra, proteína, nitrógeno y fósforo. Este análisis se realizó para cada almidón extraído de las diferentes variedades objeto de estudio, posteriormente se realizó su respectiva comparación entre sí y posterior análisis.

## 6.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para la organización y análisis de los datos obtenidos en las experiencias realizadas en esta investigación se desarrollo un diseño irrestricto al azar, con un arreglo factorial  $2 \times 4$ , con 2 factores para la clasificación por tamaño de los tubérculos y 4 niveles para la variedad de papa como se indica en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Factores de variación y niveles**

<b>FACTORES</b>	<b>NIVELES</b>
TAMAÑO	Pequeñas, medianas
VARIEDAD	Parda. Pastusa, Diacol Capiro, Parda Suprema, ICA Nariño

Fuente: esta investigación

Las variables de respuesta estudiadas fueron: gravedad específica, % almidón según Verma, % almidón según Von Scheele, rendimiento, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, viscosidad, esfericidad, diámetro equivalente y densidad de bulto. Todos los experimentos se realizaron por triplicado; se obtuvo el análisis de varianza y la prueba de comparación de Tukey. Para el análisis de datos se utilizaron los programas Stat Graphics 5.1 para Windows y Microsoft Excel 2007.

## **7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

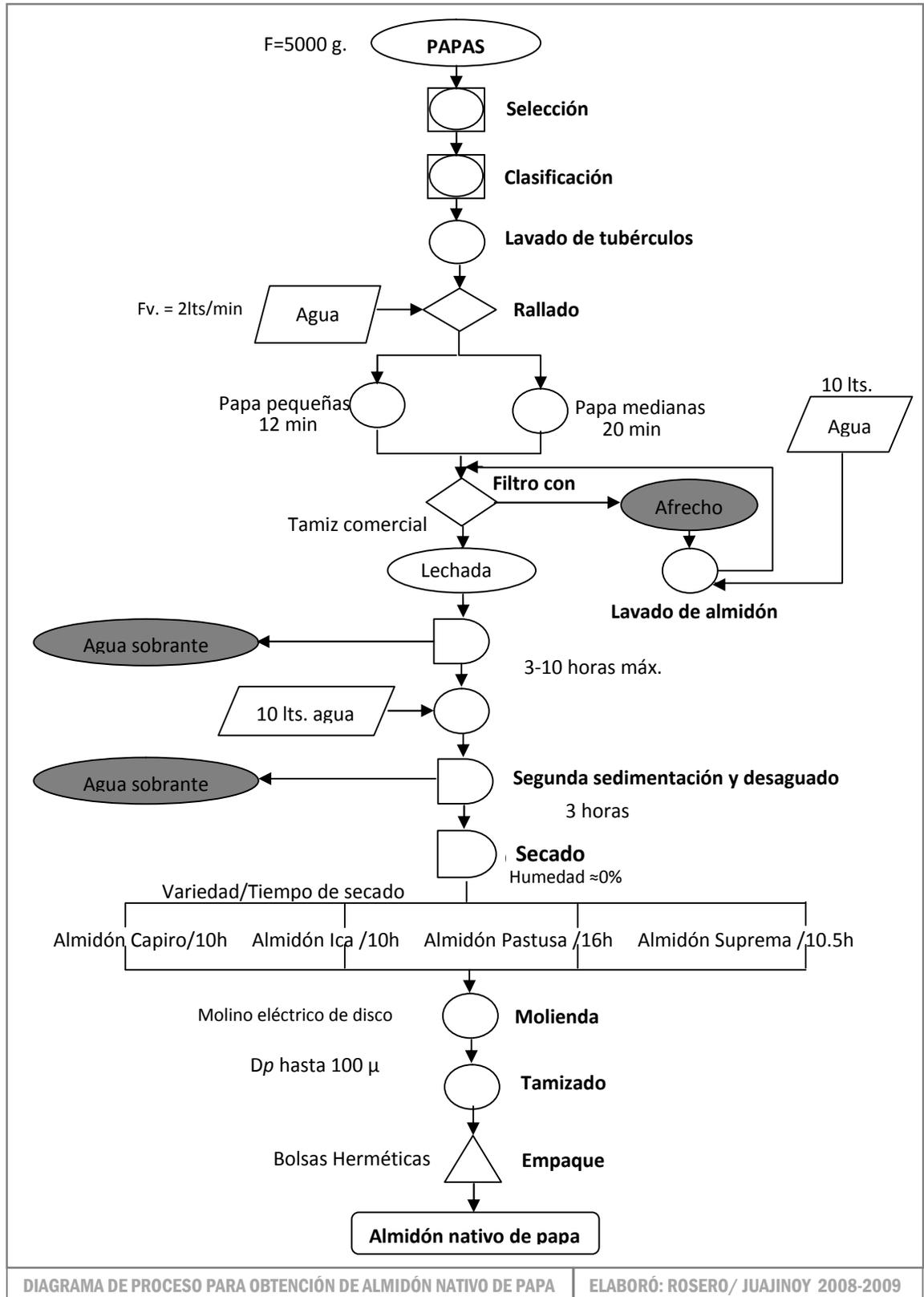
### **7.1. ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA E IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO**

Como resultado de varias extracciones se pudo establecer un método adecuado a nuestras necesidades que produjo satisfactoriamente materia prima para los análisis y se estableció como metodología de extracción en todos los casos ver figura 13, en algunas ocasiones se produjo variaciones en la cantidad de adición de agua en el lavado del almidón.

El proceso indica que el producto obtenido depende de la variedad de la cual se extraiga el almidón así como también del tamaño de los tubérculos que se utilice con lo cual se puede escoger la materia prima a conveniencia teniendo en cuenta costos y beneficios y disponibilidad. Los rendimientos frente a cada variedad y clasificación por tamaño se detallan más adelante en el balance de materia; el contenido de humedad en el producto final puede predisponerse al gusto del productor manipulando el proceso de secado.” Los almidones comerciales no superan el 13% de humedad” [ICONTEC, NTC 1055. 2008], es de suponer que esto puede determinar el rendimiento esperado en la producción.

“La metodología para extracción de almidón para raíces como la yuca se puede aplicar en cualquiera de los casos para extraer almidón de papa” [GÓMEZ Y WONG, en línea, 2008], esto hace suponer que existen medios disponibles como maquinaria, procedimientos y demás tecnología que se puede adecuar a la hora de pensar en la extracción a nivel industrial de almidón nativo de papa.

**Figura 13. Diagrama de proceso para extracción de almidón nativo de papa**

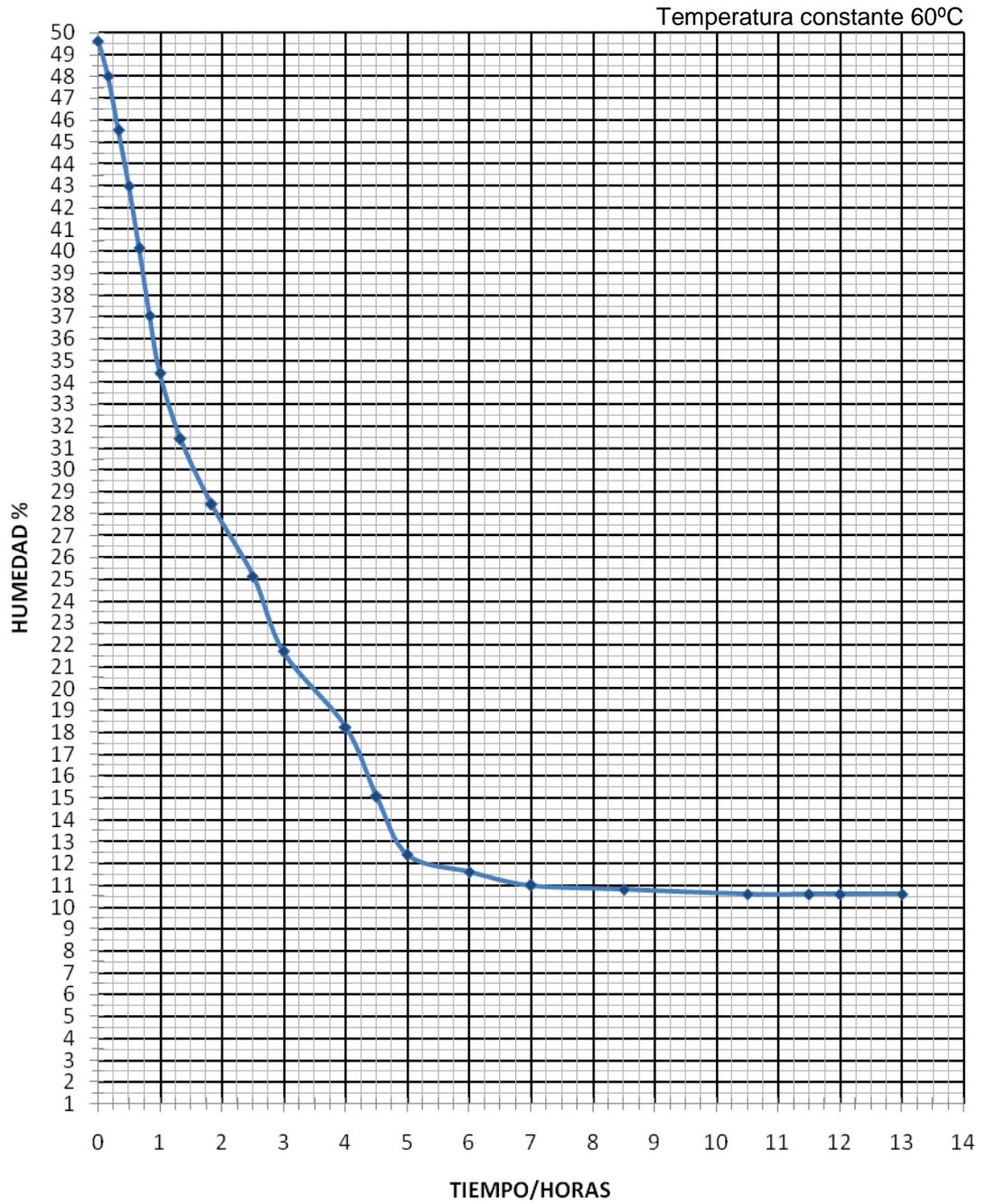


**Cuadro 5. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad *Parda Suprema*.**

<b>VARIEDAD</b>		<b>PARDA SUPREMA</b>	
<b>Humedad inicial</b>		<b>49.6%</b>	
<b>Peso húmedo</b>		<b>777 g.</b>	
<b>Cantidad almidón</b>		<b>438 g.</b>	
<b>Total agua extraída</b>		<b>385.43 g.</b>	
<b>Temperatura constante</b>		<b>60°C</b>	
<b>tiempo/horas</b>		<b>peso (g.)</b>	<b>% humedad</b>
<b>t0</b>	0,00	777	49,60
<b>t1</b>	0,17	753	48,00
<b>t2</b>	0,33	719	45,54
<b>t3</b>	0,50	687	43,00
<b>t4</b>	0,67	654	40,13
<b>t5</b>	0,83	622	37,05
<b>t6</b>	1,00	597	34,41
<b>t7</b>	1,33	571	31,42
<b>t8</b>	1,83	547	28,41
<b>t9</b>	2,50	523	25,13
<b>t10</b>	3,00	500	21,69
<b>t11</b>	4,00	479	18,25
<b>t12</b>	4,50	461	15,06
<b>t13</b>	5,00	447	12,40
<b>t14</b>	6,00	443	11,61
<b>t15</b>	7,00	440	11,01
<b>t16</b>	8,50	439	10,80
<b>t17</b>	10,50	438	10,60
<b>T18</b>	11,50	438	10,60
<b>T19</b>	12,00	438	10,60
<b>T20</b>	13,00	438	10,60

Fuente: esta investigación

Gráfico 6. Cinética de secado, variedad parda suprema.



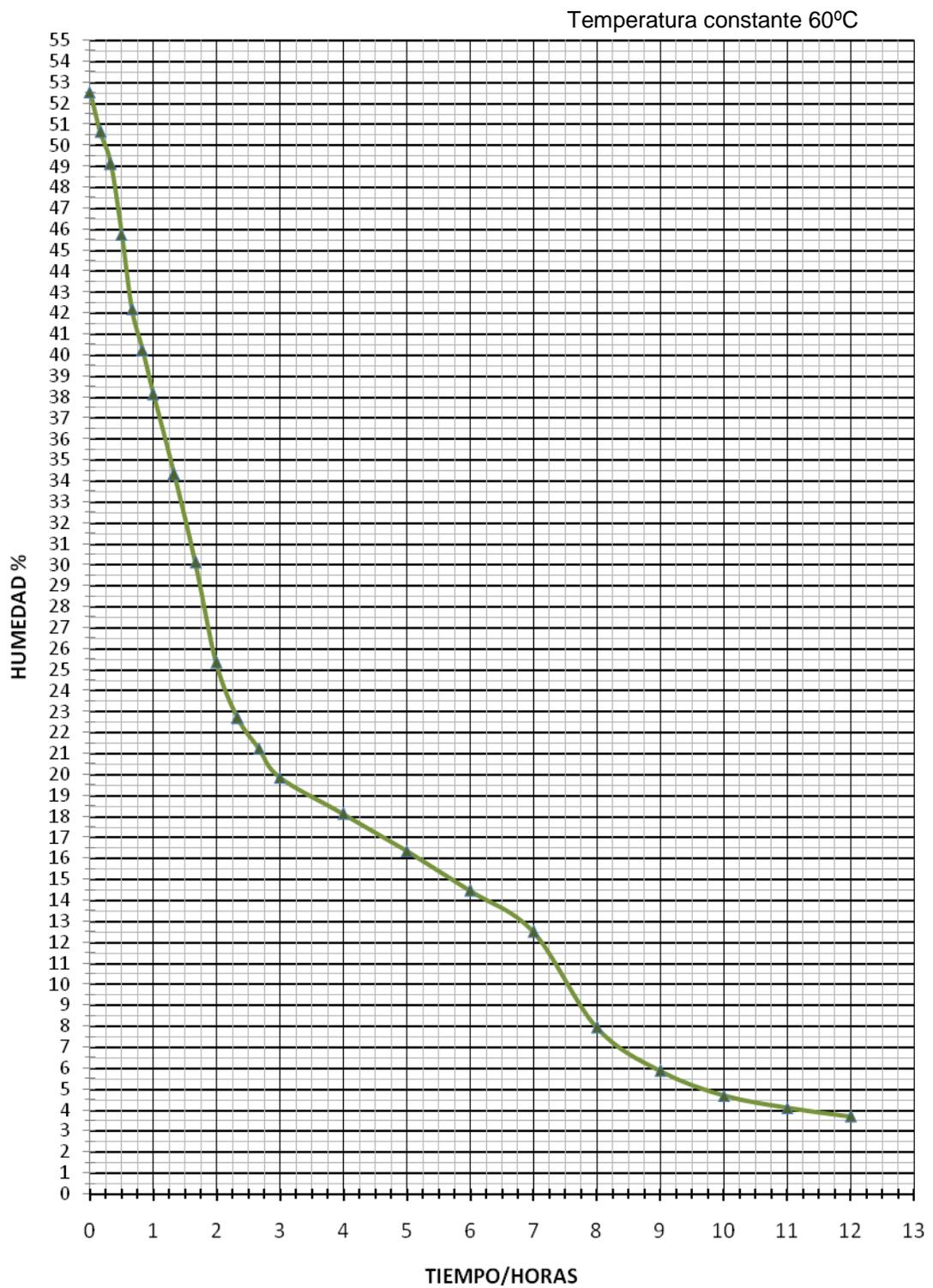
Fuente: Esta investigación

**Cuadro 6. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad Diacol Capiro.**

<b>VARIEDAD</b>		<b>DIACOL CAPIRO</b>	
<b>Humedad inicial</b>		<b>52,53%</b>	
<b>Peso húmedo</b>		<b>958 g.</b>	
<b>Cantidad almidón</b>		<b>476 g.</b>	
<b>Cantidad agua extraída</b>		<b>503,26 g.</b>	
<b>Temperatura constante</b>		<b>60°C</b>	
<b>tiempo/horas</b>	<b>Peso (g.)</b>	<b>% humedad</b>	
<b>t0</b>	0	958	52,53
<b>t1</b>	0,17	929	50,65
<b>t2</b>	0,33	901	49,12
<b>t3</b>	0,50	845	45,75
<b>t4</b>	0,67	793	42,19
<b>t5</b>	0,83	767	40,23
<b>t6</b>	1,00	741	38,13
<b>t7</b>	1,33	698	34,32
<b>t8</b>	1,67	656	30,12
<b>t9</b>	2,00	614	25,34
<b>t10</b>	2,33	593	22,69
<b>t11</b>	2,67	582	21,23
<b>t12</b>	3,00	572	19,85
<b>t13</b>	4,00	560	18,14
<b>t14</b>	5,00	548	16,34
<b>t15</b>	6,00	536	14,47
<b>t16</b>	7,00	524	12,51
<b>t17</b>	8,00	498	7,94
<b>t18</b>	9,00	487	5,87
<b>t19</b>	10,00	481	4,69
<b>t20</b>	11,00	478	4,09
<b>t21</b>	12,00	476	3,69

Fuente: Esta investigación

**Gráfico 7. Cinética de secado en almidón de la variedad Diacol Capiro.**



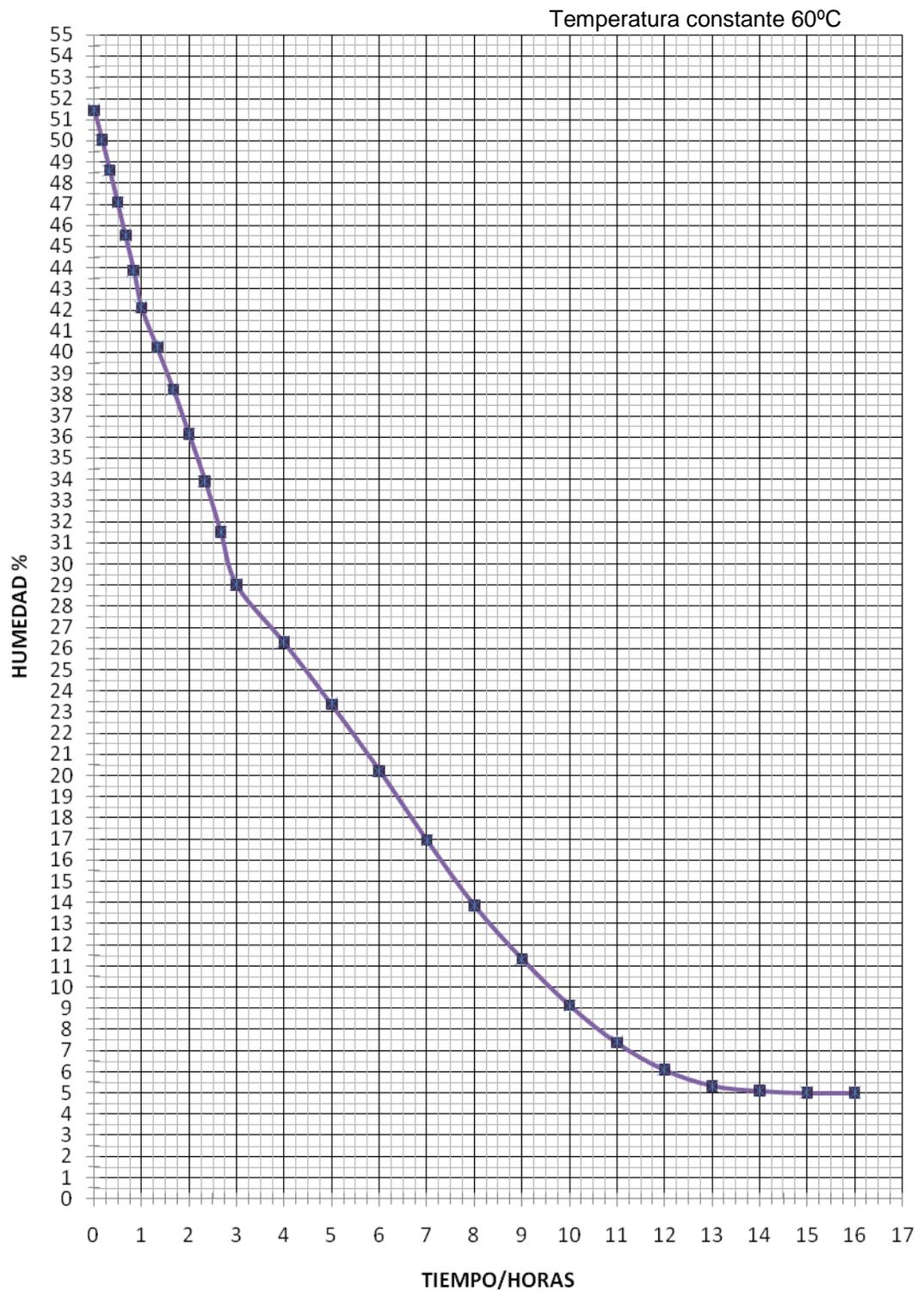
Fuente: Esta investigación

**Cuadro 7. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad: *Parda Pastusa*.**

<b>VARIEDAD</b>		<b>PARDA PASTUSA</b>	
<b>Humedad inicial</b>		<b>51,42%</b>	
<b>Peso húmedo</b>		<b>1672 g.</b>	
<b>Cantidad almidón</b>		<b>855 g.</b>	
<b>Cantidad agua retirada</b>		<b>816 g.</b>	
<b>Temperatura constante</b>		<b>60°C</b>	
<b>Tiempo/HORAS</b>	<b>peso (g.)</b>	<b>% humedad</b>	
<b>t0</b>	0,00	1672	51,42
<b>t1</b>	0,17	1626	50,05
<b>t2</b>	0,33	1580	48,59
<b>t3</b>	0,50	1535	47,08
<b>t4</b>	0,67	1491	45,52
<b>t5</b>	0,83	1447	43,87
<b>t6</b>	1,00	1403	42,11
<b>t7</b>	1,33	1359	40,23
<b>t8</b>	1,67	1315	38,23
<b>t9</b>	2,00	1272	36,14
<b>t10</b>	2,33	1229	33,91
<b>t11</b>	2,67	1186	31,51
<b>t12</b>	3,00	1144	29,00
<b>t13</b>	4,00	1102	26,29
<b>t14</b>	5,00	1060	23,37
<b>t15</b>	6,00	1018	20,21
<b>t16</b>	7,00	978	16,95
<b>t17</b>	8,00	943	13,87
<b>t18</b>	9,00	916	11,33
<b>t19</b>	10,00	894	9,14
<b>t20</b>	11,00	877	7,38
<b>t21</b>	12,00	865	6,10
<b>t22</b>	13,00	858	5,33
<b>t23</b>	14,00	856	5,11
<b>t24</b>	15,00	855	5,00
<b>t25</b>	16,00	855	5,00

Fuente: Esta investigación

**Gráfico 8. Cinética de secado para almidón de la variedad Parda Pastusa.**



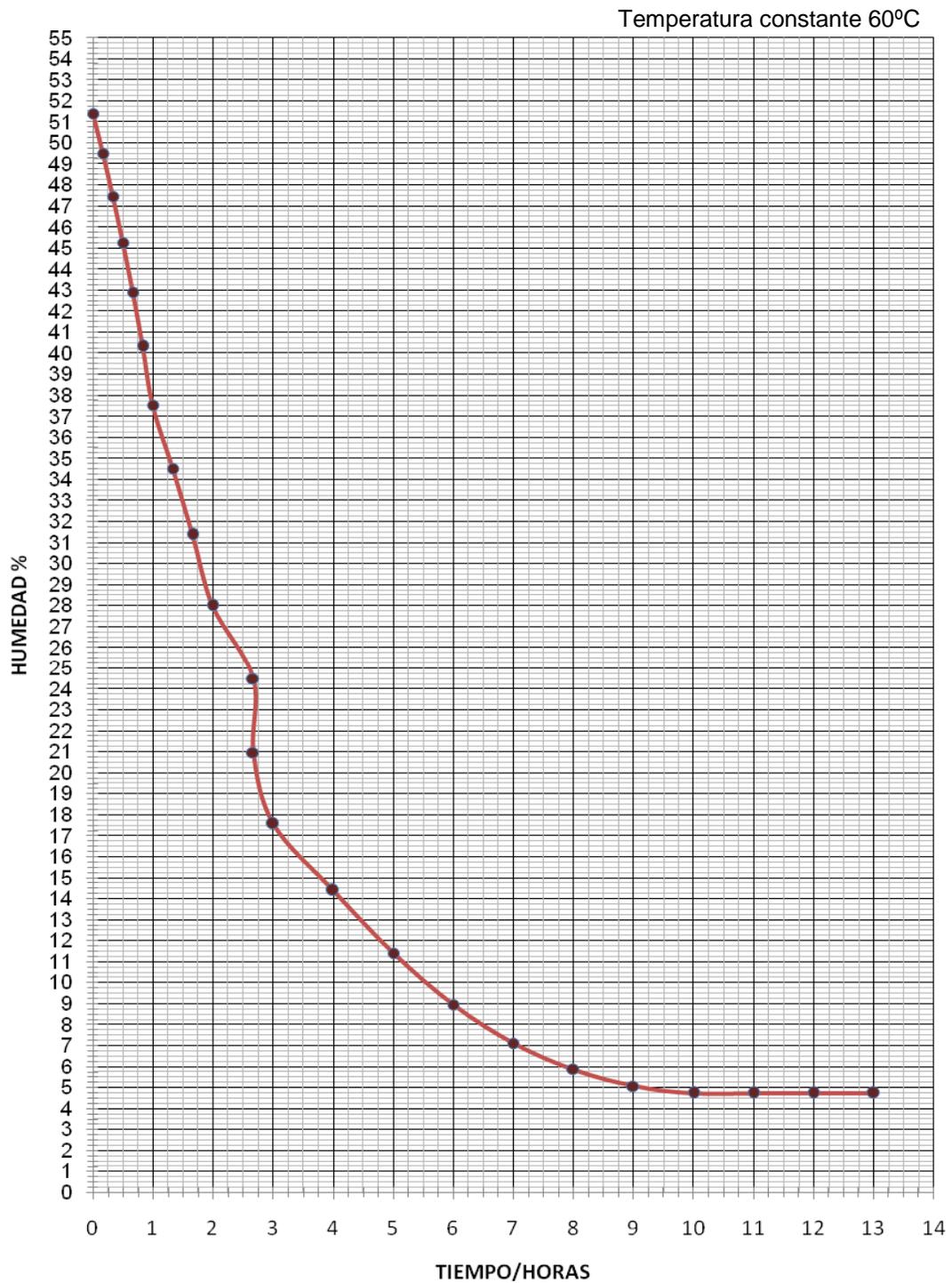
Fuente: Esta investigación

**Cuadro 8. Variación del contenido de humedad durante el periodo de secado para el almidón extraído de la variedad *Ica Nariño*.**

<b>VARIEDAD</b>		<b>ICA NARIÑO</b>	
<b>Humedad inicial</b>		<b>51,41%</b>	
<b>Peso húmedo</b>		<b>1147 g.</b>	
<b>Cantidad almidón</b>		<b>583 g.</b>	
<b>Cantidad agua</b>		<b>564 g.</b>	
<b>Temperatura constante</b>		<b>60°C</b>	
<b>tiempo</b>	<b>peso (g.)</b>	<b>% humedad</b>	
<b>t0</b>	0,00	1147	
		51,41	
<b>t1</b>	0,17	1104	
		49,52	
<b>t2</b>	0,33	1061	
		47,48	
<b>t3</b>	0,50	1018	
		45,26	
<b>t4</b>	0,67	976	
		42,90	
<b>t5</b>	0,83	934	
		40,34	
<b>t6</b>	1,00	892	
		37,53	
<b>t7</b>	1,33	851	
		34,52	
<b>t8</b>	1,67	812	
		31,37	
<b>t9</b>	2,00	774	
		28,00	
<b>t10</b>	2,67	738	
		24,49	
<b>t11</b>	2,67	705	
		20,95	
<b>t12</b>	3,00	676	
		17,56	
<b>t13</b>	4,00	651	
		14,40	
<b>t14</b>	5,00	629	
		11,40	
<b>t15</b>	6,00	612	
		8,94	
<b>t16</b>	7,00	600	
		7,12	
<b>t17</b>	8,00	592	
		5,87	
<b>t18</b>	9,00	587	
		5,06	
<b>t19</b>	10,00	585	
		4,74	
<b>t20</b>	11,00	585	
		4,74	
<b>t21</b>	12,00	585	
		4,74	
<b>t22</b>	13,00	585	
		4,74	

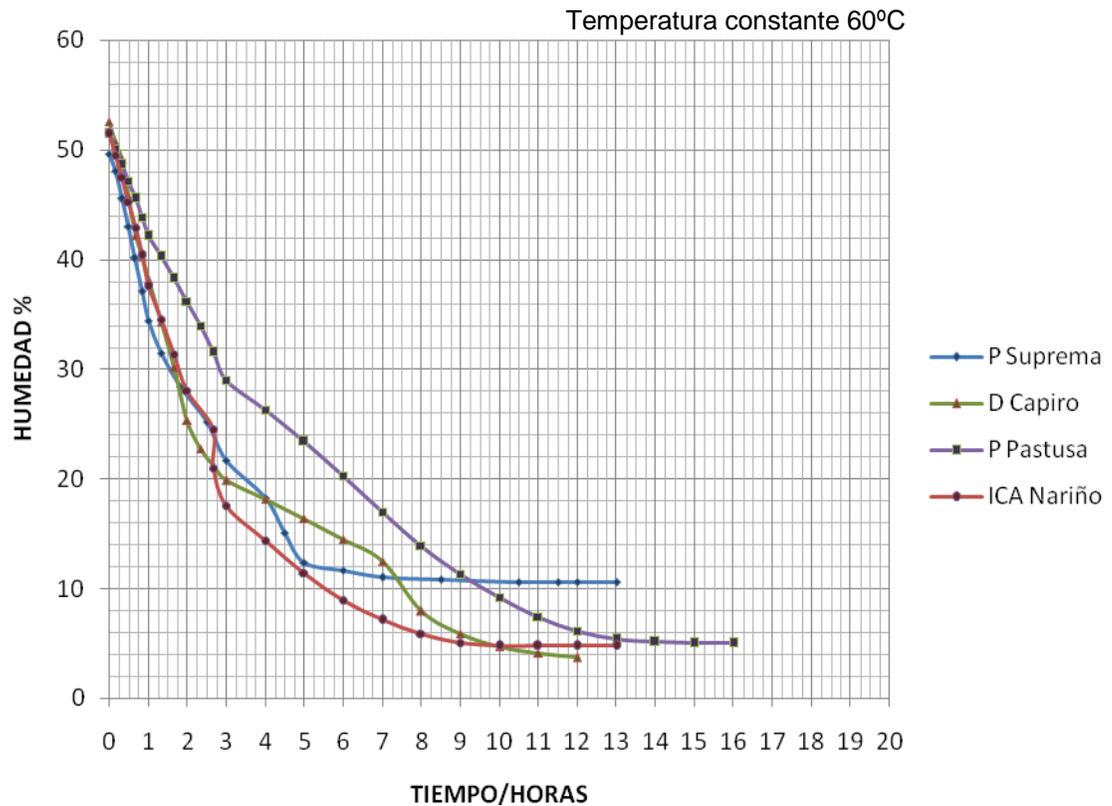
Fuente: Esta investigación

Gráfico 9. Cinética de secado para almidón de la variedad Ica Nariño.



Fuente: Esta investigación

**Gráfico 10. Comparación de la Cinética de secado de almidón extraído de las variedades: Diacol Capiro, Parda Suprema, Parda Pastusa Y Ica Nariño.**



Fuente: Esta investigación

En el Gráfico 10 se observa que la variedad Parda Suprema presenta una pérdida rápida del contenido de humedad; sin embargo, en el proceso de secado no fue posible retirar más contenido de agua que en las demás variedades estudiadas. En la variedad parda pastusa se presentó el periodo más tardío en la obtención de peso constante y se obtuvo una humedad en el producto final de 5%

**Cuadro 9. Análisis de tamizado**

VARIEDAD	TAMIZ Serie estándar	abertura del tamiz Dpi( $\mu\text{m}$ )	Retenidos (Xi)	Fracción acumulativa (Dpi: $O_i > D_{pi}$ )	Xi(Dpi-1_Dpi) % pasa
PARDA PASTUSA	60	106	3,67	3,67	96,33
	80	180	87,3	90,97	9,03
	140	250	6	96,97	3,03
	colector	-	3,03	100	0
PARDA SUPREMA	60	106	5,6	5,6	94,4
	80	180	83,7	89,3	10,7
	140	250	9,3	98,6	1,4
	colector	-	1,4	100	0
DIACOL CAPIRO	60	106	4,3	4,3	95,7
	80	180	79,8	84,1	15,9
	140	250	12,7	96,8	3,2
	colector	-	3,2	100	0
ICA NARIÑO	60	106	0,76	0,76	99,24
	80	180	12,75	13,51	86,49
	140	250	85,33	98,84	1,16
	colector	-	1,15	99,99	0,01

Fuente: Esta Investigación

Se puede observar que el mayor porcentaje de la fracción en todas las muestras (más del 94% de la muestra) pasa por entre el tamiz con abertura de 106  $\mu\text{m}$ , y el mayor porcentaje de la fracción retenida para las variedades Parda Pastusa, Parda Suprema y Diacol Capiro, se encuentra en el tamiz de 180  $\mu\text{m}$ , con un porcentaje de 87,3%, 83,7%, y 79,8% respectivamente, en el caso de la variedad Ica Nariño el mayor porcentaje de retenidos se encuentra en el tamiz con abertura de 250  $\mu\text{m}$ ; “el almidón de yuca utilizado comercialmente deber pasar entre un 100 y 95% de la muestra a través del tamiz de 106  $\mu\text{m}$ ” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007]. “Está claro que el resultado depende del equipo usado en esta operación así como la apariencia que se desee en el producto” [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007].

## 7.2. DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE PAPA SEGÚN SU VARIEDAD Y SELECCIÓN POR TAMAÑO DE TUBÉRCULOS EN CADA VARIEDAD.

### 7.2.1. Balance de materia y estimación del contenido de almidón a través del método de extracción experimental propuesto en el diseño metodológico.

Con los resultados obtenidos a través del proceso de extracción propuesto en esta investigación (ver figura 13), y los valores de papas ( $f_1$ ) y agua ( $f_2$ ) en la alimentación (F), constantes en todas las extracciones, se realizó el procedimiento por triplicado para cada muestra, el proceso se realizó de manera discontinua, los resultados en el balance se refieren a los productos obtenidos a partir de  $f_1$ , que es el objetivo principal de esta investigación y teniendo en cuenta que el componente agua ( $f_2$  y  $x_2$ ) produjo algunas variaciones como se explicó en el diseño metodológico. Para ver detalles de todos los componentes en el proceso ver Anexo B

**Cuadro 10. Balance de materia**

Variedad	tipo	Almidón (g.)	$\%=(x/f_1)*100$
<b>Parda pastusa</b>	medianas	836,66 ± 43,18	16,73 <sub>a</sub>
	pequeñas	668,44 ± 8,48	13,37 <sub>b</sub>
<b>Diacol Capiro</b>	medianas	460,48 ± 2,12	9,21 <sub>d</sub>
	pequeñas	635,96 ± 35,27	12,72 <sub>b</sub>
<b>Parda suprema</b>	medianas	329,70 ± 10,88	6,59 <sub>e</sub>
	pequeñas	498,57 ± 49,54	9,97 <sub>d</sub>
<b>Ica Nariño</b>	medianas	550,00 ± 14,50	11,00 <sub>c</sub>
	pequeñas	459,74 ± 18,32	9,19 <sub>d</sub>

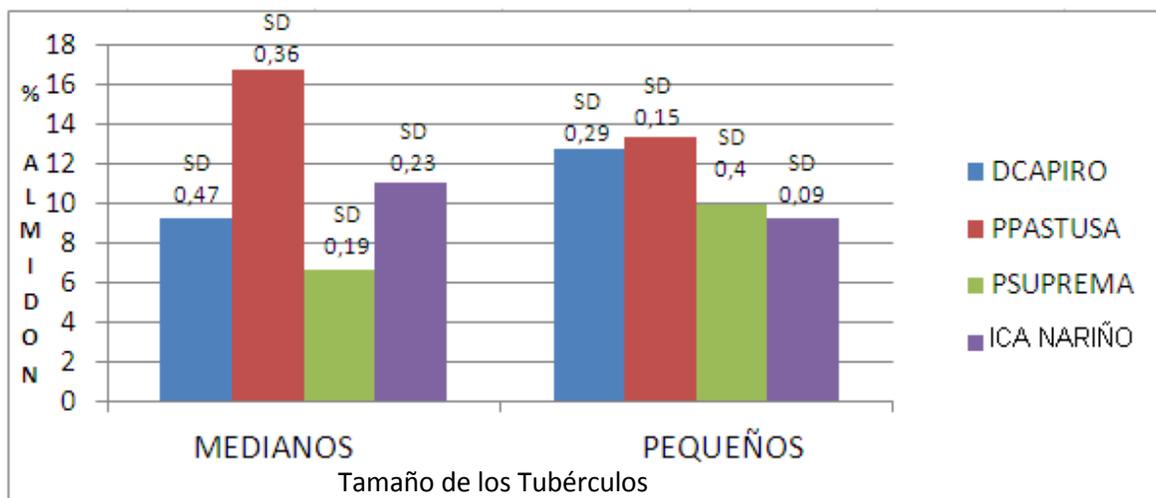
Valores obtenidos después del secado BPS

Fracción de producto referente a una entrada de 5000 gr de papa basada en el valor promedio de  $f_1$ , ver diseño metodológico

Fuente: Esta Investigación

Los valores correspondientes al porcentaje de almidón obtenido están seguidos por un subíndice que agrupa la similitud de los resultados obtenidos, de tal manera que subíndice iguales no representan diferencia significativa, lo que indica que el contenido de almidón de las diferentes variedades estudiadas varía dependiendo del tamaño de los tubérculos de los cuales se haya extraído. En las variedades Parda Pastusa y Diacol Capiro el contenido de almidón extraído es similar para tubérculos pequeños, así como el contenido de almidón presente tanto en tubérculos medianos de la variedad Diacol Capiro y el proveniente de tubérculos pequeños de la variedad parda suprema.

**Gráfico 11. Promedios y desviación estándar para rendimiento en la extracción de almidón por vía húmeda.**



Fuente: Esta Investigación

En el balance de materia para la variedad Parda Pastusa mostrado en la tabla 10, muestra un porcentaje de almidón promedio contenido en tubérculos de papa de tamaño mediano de 16,73%, en los tubérculos de tamaño pequeño para esta misma variedad, se presenta un contenido de almidón de 13,37% de almidón.

En el balance se destaca que hay una diferencia marcada frente al contenido de almidón dependiendo del tamaño de los tubérculos. Estos resultados se compararon con los obtenidos en otras investigaciones donde presentan un contenido de almidón de 14,88% y 17,06% reportado por GARCÍA et., al., 2002, para tubérculos pequeños y medianos respectivamente para la variedad Parda Pastusa, donde los resultados son similares y mantienen la misma constante referente a tamaño y contenido de almidón.

“La tabla de composición de alimentos colombianos reportada por el ICBF 2005, reporta un contenido de almidón para la variedad parda pastusa de 17.6%”. [INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR, 2005]

Frente al balance de materia para la variedad Diacol Capiro se puede afirmar que el mayor contenido de almidón se presentó en tubérculos de tamaño pequeño con un 12,72% de almidón frente a un 9,21% obtenido en tubérculos grandes. Este resultado obtenido es similar frente a otras investigaciones donde se indican el

contenido de almidón para la variedad Diacol Capiro con respecto al tamaño se presenta como un 13,21% y 10,81% reportado por: García et., al., 2002, para tubérculos pequeños y grandes, respectivamente.

En la variedad parda suprema los resultados en la extracción muestran mayor contenido de almidón en papas pequeñas que en medianas con un contenido de almidón de 9,97% y 6,59%, respectivamente, en esta variedad los tubérculos medianos presentaron el menor contenido de almidón entre todas las variedades estudiadas.

El balance de materia obtenido tras el proceso de extracción para la variedad Ica Nariño, indica que el contenido de almidón en papas de la variedad Ica Nariño es mayor en tubérculos medianos que en pequeños con un 11% y un 9,19%, respectivamente.

**7.2.2. Contenido estimado de almidón a través de la gravedad específica.** El contenido de almidón calculado a través de fórmulas empíricas basadas en Gravedad Específica, difiere levemente según la fórmula aplicada por VERMA (1971) o VON SCHEELE (1959) y también con los resultados obtenidos tras analizar el balance de materia obtenido en el proceso de extracción de almidón.

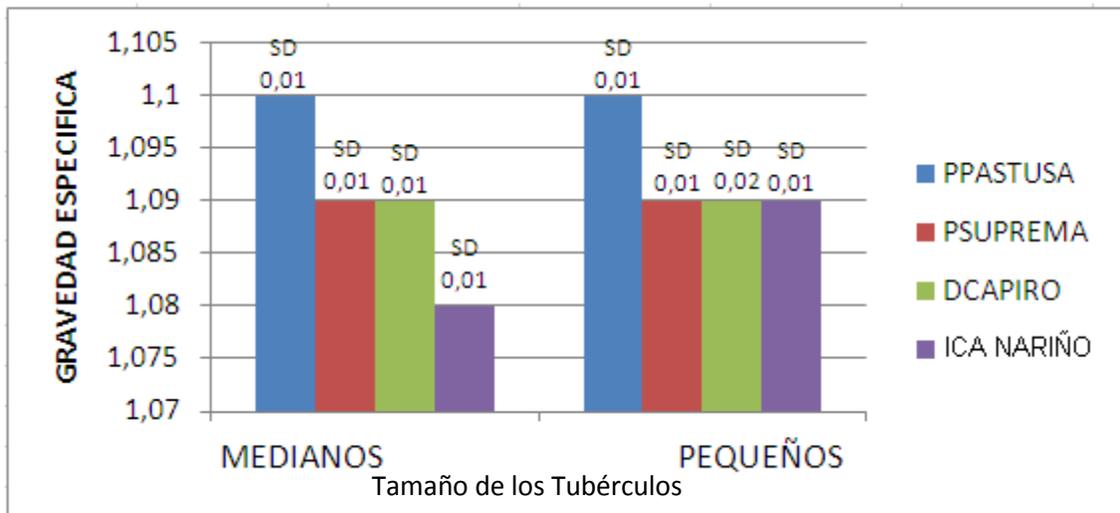
**Cuadro 11. Contenido de almidón estimado a partir de la gravedad específica.**

<b>VARIEDAD</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>GE</b>	<b>% almidón VERMA</b>	<b>% almidón VONSHEELE</b>
P. Pastusa	Mediana	1,096 ± 0,015 <sub>a</sub>	<b>17,703 ± 2,691<sub>a</sub></b>	<b>17,006 ± 2,947<sub>a</sub></b>
	pequeña	1,090 ± 0,010 <sub>a</sub>	<b>16,540 ± 1,727<sub>a</sub></b>	<b>15,731 ± 1,892<sub>a</sub></b>
D. Capiro	Mediana	1,090 ± 0,010 <sub>a</sub>	<b>16,594 ± 1,788<sub>a</sub></b>	<b>15,791 ± 1,959<sub>a</sub></b>
	pequeña	1,100 ± 0,023 <sub>a</sub>	<b>18,379 ± 4,198<sub>a</sub></b>	<b>17,746 ± 4,599<sub>a</sub></b>
P. Suprema	Mediana	1,090 ± 0,010 <sub>a</sub>	<b>16,613 ± 1,817<sub>a</sub></b>	<b>15,802 ± 1,976<sub>a</sub></b>
	pequeña	1,090 ± 0,010 <sub>a</sub>	<b>16,635 ± 1,850<sub>a</sub></b>	<b>15,836 ± 2,027<sub>a</sub></b>
Ica Nariño	Mediana	1,082 ± 0,013 <sub>a</sub>	<b>15,070 ± 2,347<sub>a</sub></b>	<b>14,121 ± 2,571<sub>a</sub></b>
	pequeña	1,090 ± 0,010 <sub>a</sub>	<b>16,613 ± 1,817<sub>a</sub></b>	<b>15,812 ± 1,991<sub>a</sub></b>

valores promedio de tres repeticiones

Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 12. Promedios y desviación estándar para gravedad específica.**



Fuente: Esta Investigación

Como se puede ver en el Gráfico 12, los valores de gravedad específica indicados en los diferentes tubérculos no presentan diferencias significativas, sin embargo el contenido de almidón extraído en las mismas muestras sí, lo que permite concluir que la gravedad específica no sirve como indicador del contenido de almidón.

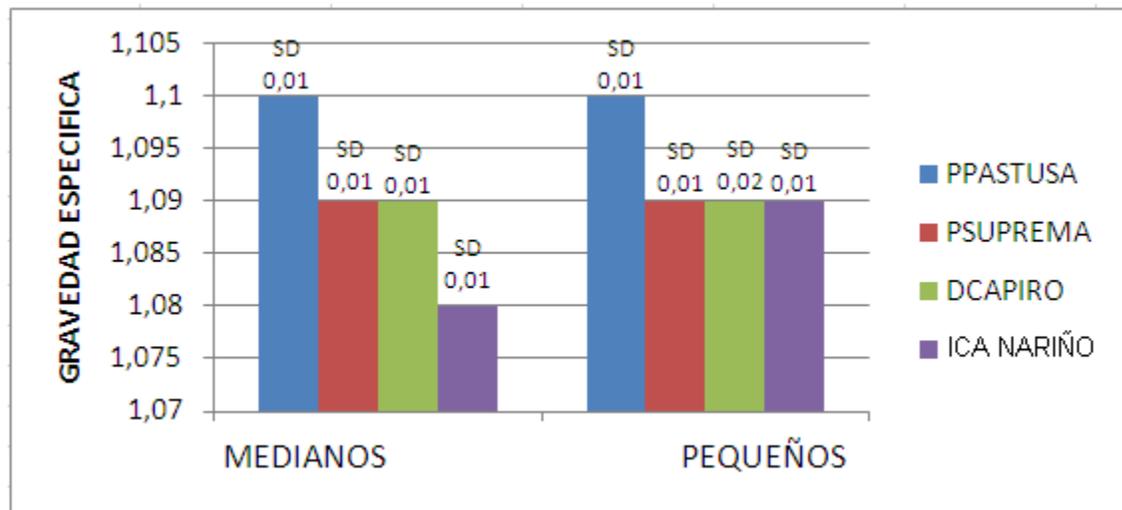
En el caso de la variedad Ica Nariño el contenido de almidón estimado mediante la gravedad específica es de 15,07% y 16,61% de almidón para tubérculos medianos y pequeños respectivamente contrasta notoriamente con los valores obtenidos experimentalmente de: 11% y 9,19% para tubérculos grandes y pequeños respectivamente.

En contraste con el valor de gravedad específica para la variedad Diacol Capiro, obtenido de 1,09 y 1,10 (gr /gr) para tubérculos medianos y pequeños respectivamente dicho valor, es mayor al reportado por [ALVARADO, 1997], en donde presenta valores mas bajos (1,082 [gr /100gr]).

La estimación del contenido de almidón mediante la gravedad específica, no presenta una dato confiable de la cantidad de almidón que se podría obtener de determinada variedad de papas, teniendo en cuenta que “el contenido de almidón puede variar dependiendo de las condiciones geográficas donde se desarrolla el cultivo y dependiendo de la variedad” [ALLINGER, et, al. 1991].

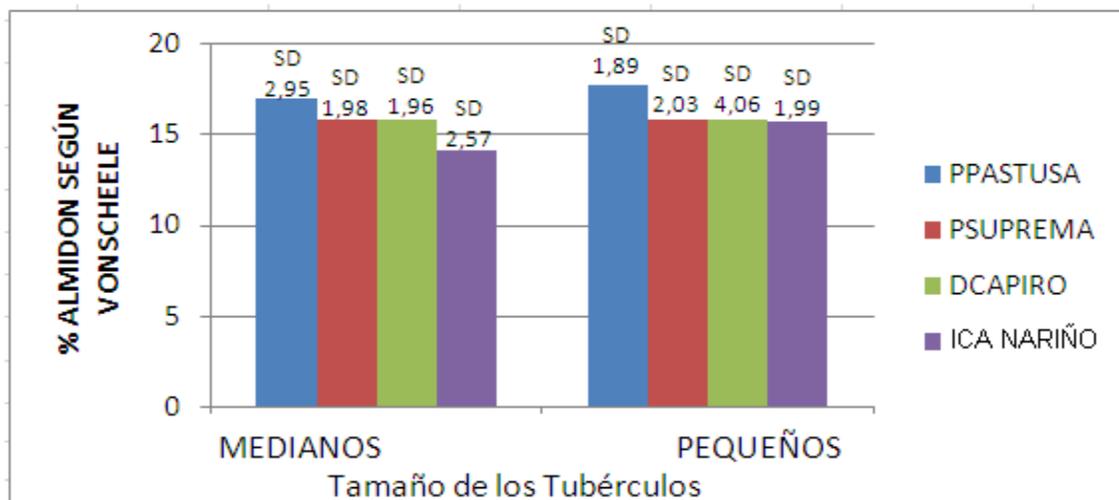
La gravedad específica (GE), la relación lineal de VERMA (1971) y VON SCHEELE (1959) no presentaron diferencia estadísticamente significativa para ningún factor de variación. El análisis de varianza muestra que los resultados obtenidos mediante pruebas en planta piloto tuvieron diferencias significativas entre variedad y clase de papa, los mejores promedios se dieron en la variedad Parda Pastusa en las clases de medianas y pequeñas. La prueba de Tukey muestra que hay comportamientos diferentes en cada variedad y tipo de papa estableciendo que el rendimiento de almidón es diferente en cada variedad de papa como se puede observar en la Gráfico 13

**Gráfico 13. Promedios y prueba de desviación estándar para contenido de almidón según VERMA (1971).**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 14. Promedios y desviación estándar para contenido de almidón según VONSCHEELE (1959).**



Fuente: Esta Investigación

De la misma forma, las relaciones lineales puestas en consideración para este estudio tales como VERMA (1971) y VON SCHEELE (1959) muestran un resultado sin ninguna diferencia estadísticamente significativa. Por consiguiente se propuso algunas relaciones lineales para estimar el contenido de almidón, basado datos experimentales referentes a almidón y gravedad específica. [ALVARADO, 1997] reporta un comportamiento similar en variedades de papa andinas. Las ecuaciones propuestas se muestran en el cuadro 12.

**Cuadro 12. Estimación del contenido de almidón de papa de las variedades estudiadas, propuesto basado en resultados experimentales de de extracción frente a la gravedad específica de cada muestra**

VARIEDAD	TIPO	% DE ALMIDÓN	
P. Pastusa	medianas	Ec. 21.	$-10,033 + 24,4218*GE$
	pequeñas	Ec. 22.	$-4,14708 + 16,0738*GE$
P. Suprema	medianas	Ec. 23.	$-14,1167 + 19,0*GE$
	pequeñas	Ec. 24.	$-33,6287 + 40,0*GE$
D. Capiro	medianas	Ec. 25.	$-40,93 + 46,0*GE$
	pequeñas	Ec. 26.	$0,0424092 + 11,528*GE$
Ica. Nariño	medianas	Ec. 27.	$-8,13967 + 17,7131*GE$
	pequeñas	Ec. 28.	$-0,833333 + 9,2*GE$

GE es igual a gravedad específica

valores obtenido a través de regresión lineal tras la tabulación de los datos experimentales

Fuente: Esta Investigación.

### 7.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ALMIDÓN.

**7.3.1. Factor de forma de los gránulos de almidón.** Los resultados de la prueba de esfericidad indican una baja variación del factor de forma en las diferentes muestras analizadas resultando una mayor esfericidad en gránulos de almidón en la variedad Ica Nariño, en donde se presenta valores de 0,94 y 0,92 en tubérculos medianos y pequeños respectivamente. En contraste el factor de forma de menor tamaño se presenta en almidones provenientes de papas de la variedad Parda Suprema con un valor de 0,84 y 0,83 en tubérculos medianos y pequeños respectivamente, ver cuadro 13.

**Cuadro 13. Esfericidad de los gránulos de almidón.**

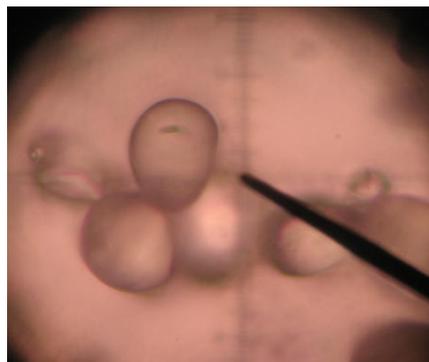
Variedad	Tipo	Esfericidad
P. Pastusa	medianas	0,55 ± 0,03 <sub>b</sub>
	pequeñas	0,60 ± 0,06 <sub>b</sub>
D. Capiro	medianas	0,75 ± 0,04 <sub>a</sub>
	pequeñas	0,73 ± 0,03 <sub>a</sub>
P. Suprema	medianas	0,70 ± 0,03 <sub>a</sub>
	pequeñas	0,73 ± 0,02 <sub>a</sub>
ICA Nariño	medianas	0,74 ± 0,02 <sub>a</sub>
	pequeñas	0,74 ± 0,04 <sub>a</sub>

Valor promedio de tres repeticiones  
Fuente: Esta Investigación

**7.3.2. Vista microscópica de los granos de almidón.** En la figura 14, se observa los gránulos de almidón de la variedad Parda Pastusa los cuales tienen una forma elipsoide típica y uniforme en la mayoría de sus gránulos; en la figura 15 los gránulos de la variedad Diacol Capiro muestran una forma elíptica con mas tendencia esférica; de igual manera se presenta uniformidad en la mayoría de las partículas tanto en forma como en tamaño.



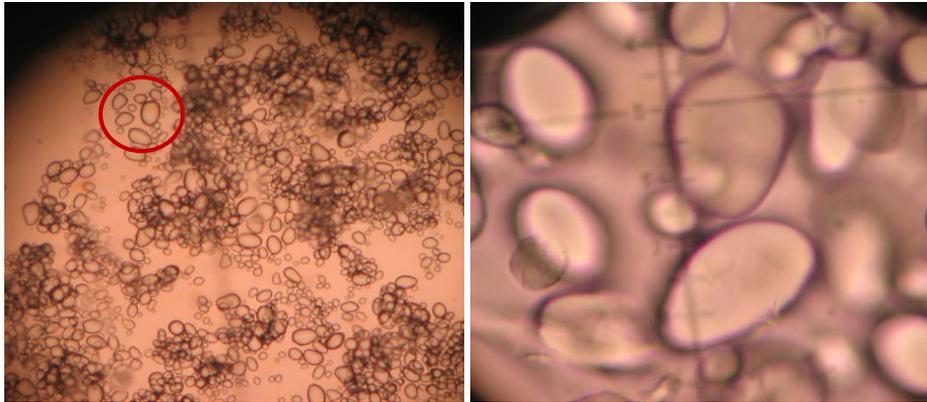
**Figura 14 Parda**



**Figura 15. Diacol**

Fuente: Esta Investigación

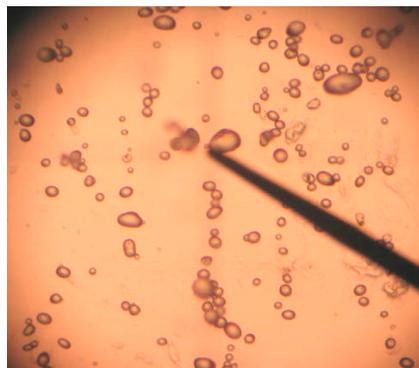
En la figura 16 se muestra partículas de almidón de la variedad Parda Suprema, con variedad de tamaño y forma, pero mantienen el patrón uniforme; en estas muestras se presentan partículas de gran tamaño, y sus figuras son menos achatadas que las de la variedad Parda Pastusa, a la derecha de la figura se puede observar en detalle la ampliación de la sección en rojo.



**Figura 16, Parda suprema,**

Fuente: Esta Investigación

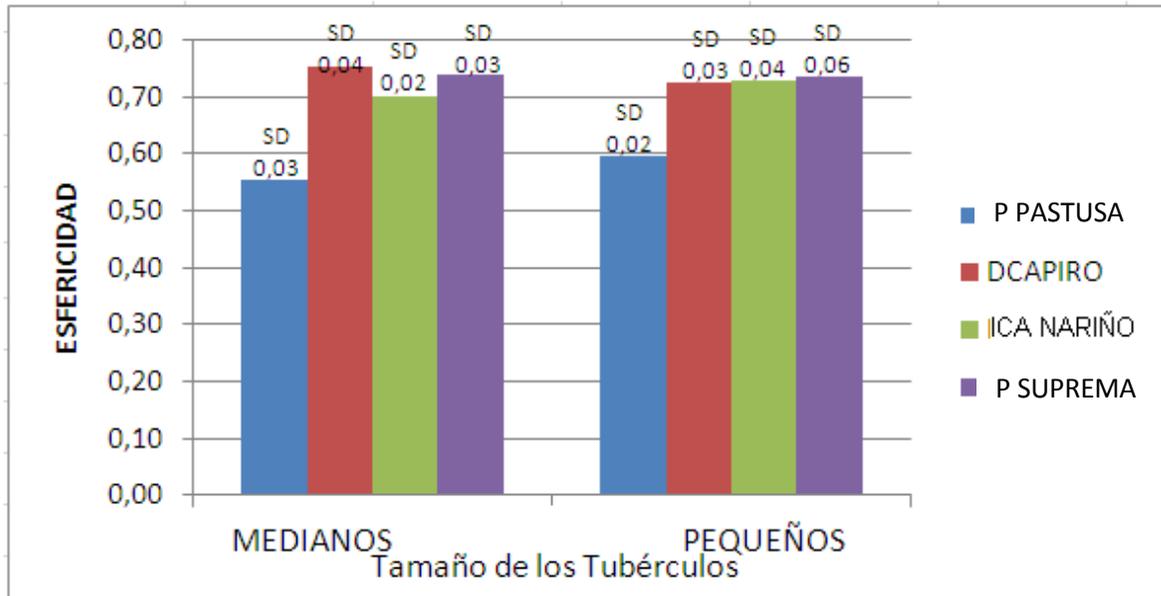
En la figura 17 gránulos de almidón de la variedad Ica Nariño, se puede observar que presenta dos tipos de partículas pequeñas en gran medida con una marcada tendencia a formar elipsoides más esféricos que achatados, y partículas grandes con tendencia a formar elipsoides alargados, de manera general se observa que los gránulos de almidón conservan dos patrones de forma elipsoides y esféricos corroborando lo afirmado por Hernández, [Hernández Medina Marilyn; et al., en línea, consultado 12/10/09]. Este almidón presenta los gránulos más esféricos de entre todas las muestras analizadas, aunque presenta algunos gránulos elipsoides en las partículas de mayor tamaño este tipo de partículas no son la muestra más representativa de las partículas. Como se puede observar a la izquierda la vista desde un objetivo 60X, el almidón es similar sin importar el tamaño de tubérculo de donde se haya extraído



**Figura 17, Ica Nariño**

Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 15. Promedios y desviación estándar para esfericidad.**



Fuente: Esta Investigación

Las variedades analizadas conservan similitud en la esfericidad de las partículas incluso en el almidón proveniente de la misma variedad pero de diferente tamaño, de manera exclusiva para la variedad Parda Pastusa se presenta las partículas menos esféricas, y la selección por tamaño no presenta variación significativa, indicando que los gránulos de almidón son similares para cada variedad sin importar el tamaño de los tubérculos de los cuales se haya extraído.

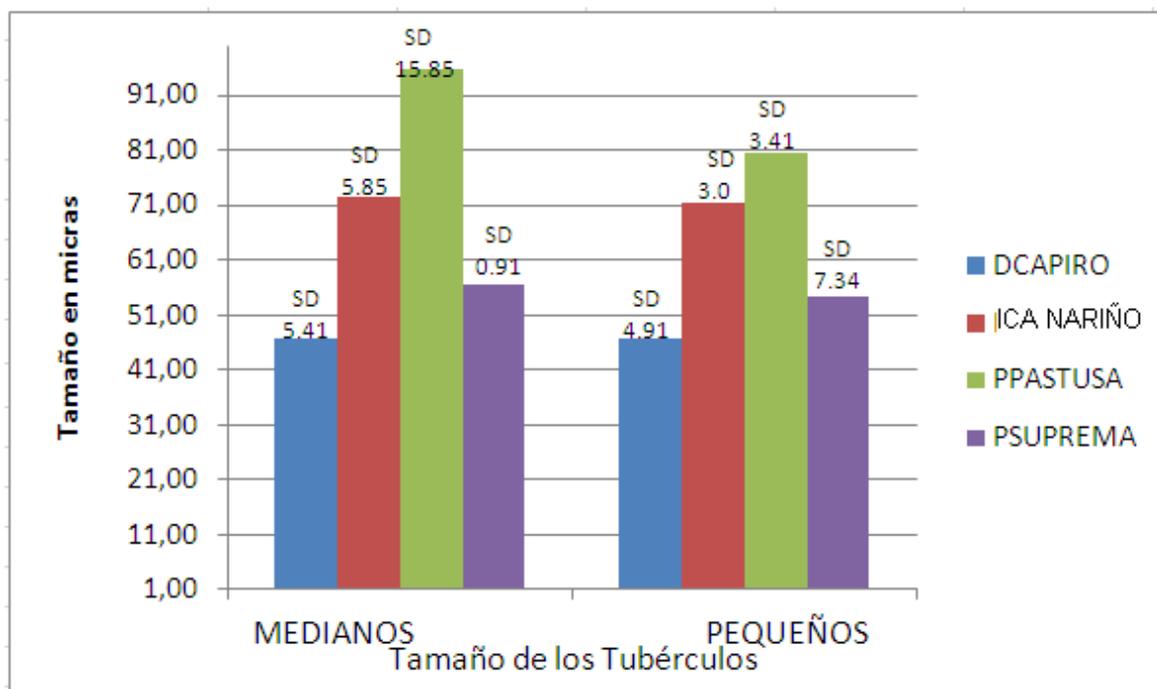
**7.3.3. Diámetro equivalente.** El tamaño de las partículas presenta gran variabilidad frente a las variedades de donde se obtuvo incluso en gránulos provenientes de la misma variedad pero de tubérculos de diferente tamaño. Los gránulos de mayor tamaño se presentan en tubérculos medianos de la variedad parda suprema; en contraste los gránulos de menor tamaño se presenta en tubérculos pequeños de la variedad Parda suprema y parda pastusa, estos valores se encuentran en el rango del tamaño de las partículas reportado por RAMIREZ Óp., Cít pág. 21, donde menciona una variación de tamaño de 15 a 100  $\mu\text{m}$ , cabe resultar que en este caso no menciona el método utilizado en la medición, contrario a la reportado por MEDINA Y SALAS en donde reportan una tamaño máximo de 65,9  $\mu\text{m}$ , en esta investigación se presentan diámetros mayores. Ver cuadro 14.

**Cuadro 14. Diámetro equivalente de los gránulos de almidón.**

VARIEDAD	TIPO	DIÁMETRO EQUIVALENTE (µm)
P. Pastusa	medianas	95,57 ± 15,85 <sub>a</sub>
	pequeñas	80,46 ± 3,41 <sub>a</sub>
D. Capiro	medianas	46,75 ± 5,41 <sub>c</sub>
	pequeñas	46,52 ± 4,91 <sub>c</sub>
P. Suprema	medianas	56,40 ± 0,92 <sub>c</sub>
	pequeñas	54,20 ± 7,34 <sub>c</sub>
Ica. Nariño	medianas	72,52 ± 5,85 <sub>b</sub>
	pequeñas	71,33 ± 3,00 <sub>b</sub>

Valor promedio de tres mediciones  
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 16. Promedios y desviación estándar para diámetro equivalente de partícula.**



Fuente: Esta Investigación

Como se puede observar en la variedad Diacol Capiro no se presenta diferencia significativa en el tamaño de los granos de almidón extraído de tubérculos medianos y pequeño y este resultado es similar al presentado en la variedad parda suprema, las variedades Ica Nariño y parda pastusa aunque presentan diámetros más grandes en los gránulos de almidón no presentan diferencias significativas en el diámetros de los granos extraídos de tubérculos medianos y pequeños.

#### 7.3.4. Densidad de bulto.

**Cuadro 15. Densidad de bulto**

variedad	Tipo	DBF gr/ml	DBA gr/ml	DBA/DBF	%E	H%
<b>P. Pastusa</b>	medianas	0,57 ± 0,00	0,94 ± 0,01	1.65	38,99 ± 0,86	5
	pequeñas	0,55 ± 0,02	0,94 ± 0,00	1.71	38,88 ± 2,12	5
<b>D. Capiro</b>	medianas	0,56 ± 0,01	0,92 ± 0,01	1.64	37,87 ± 1,10	3,7
	pequeñas	0,58 ± 0,01	0,92 ± 0,02	1,58	37,80 ± 1,59	3,7
<b>P. Suprema</b>	medianas	0,58 ± 0,01	1,37 ± 0,02	2,36	57,46 ± 1,18	10,57
	pequeñas	0,58 ± 0,01	1,40 ± 0,02	2,41	58,33 ± 0,47	10,57
<b>ICA Nariño</b>	medianas	0,57 ± 0,00	0,90 ± 0,01	1.57	37,37 ± 0,93	4,74
	pequeñas	0,58 ± 0,02	0,91 ± 0,00	1.57	37,51 ± 1,68	4,74

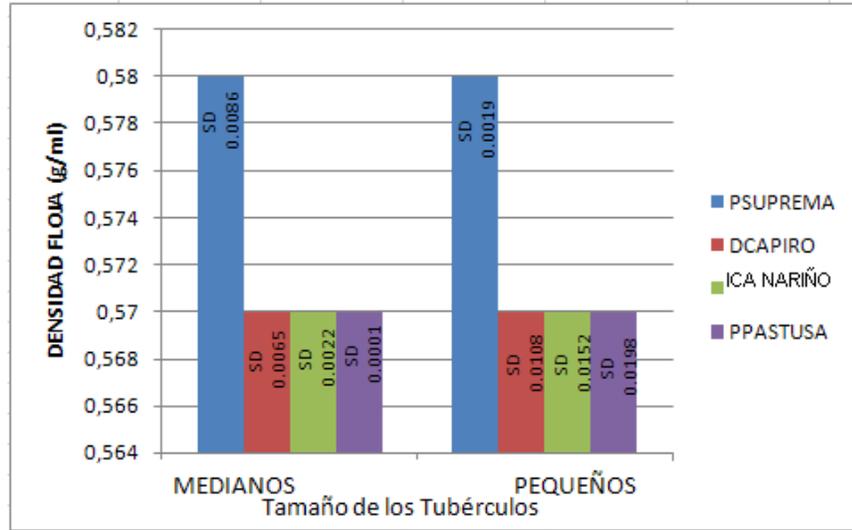
Desviación estándar de tres repeticiones

Fuente: Esta Investigación

La compresión de volumen en todos los casos es > 35% lo que indica flujo muy difícil [HAYES, 1992], esto implicaría más esfuerzo en actividades como transporte, este valor es mayor comparado con otros productos farináceos que presentan flujo difícil como la harina de soja (24%), harina malteada (20%) o harina para pasteles (22%) [HAYES, 1992]

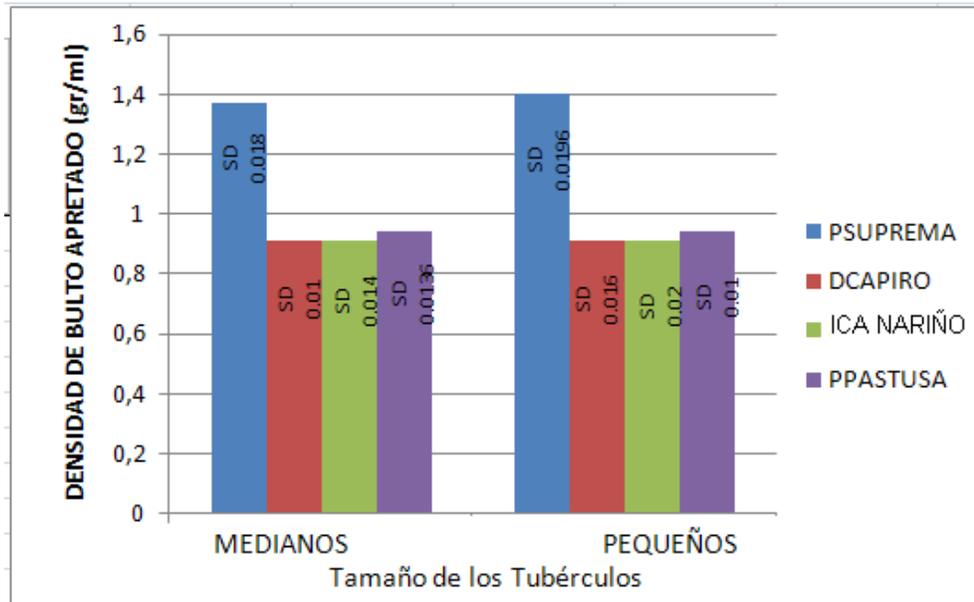
La relación DBF/DBA, también conocida como *cociente de Hausner* Indica al igual que en el caso anterior el polvo presenta un flujo muy difícil expresado por un cociente > a 1.4 [HAYES, 1992] (ver anexo C),

**Gráfico 17. Promedios y desviación estándar para densidad de bulto floja.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 18. Promedios y desviación estándar para densidad de bulto apretada**

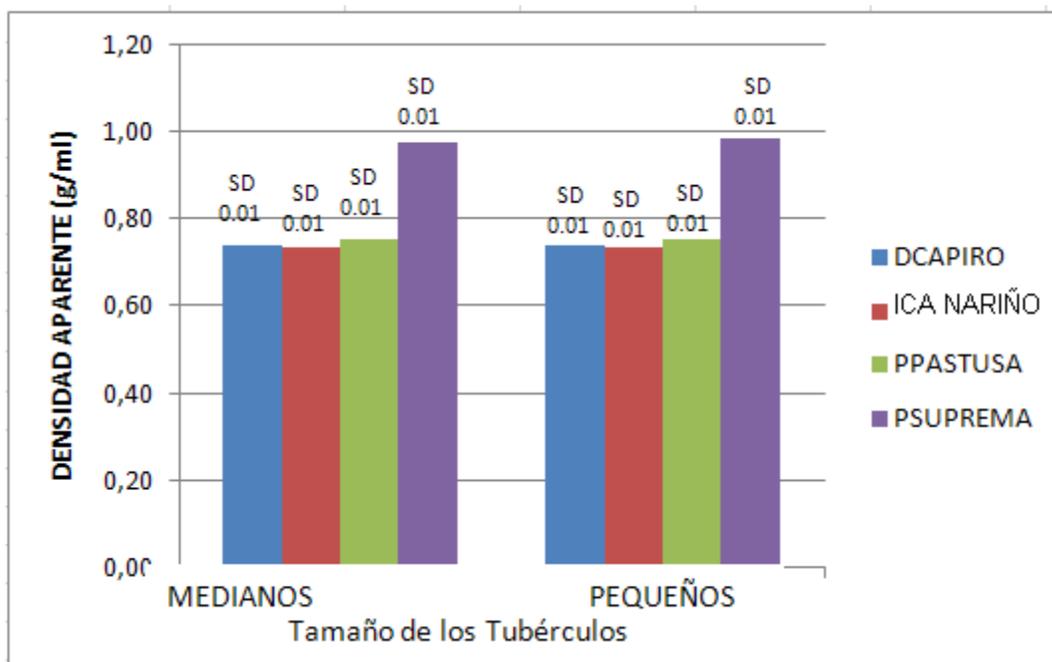


Fuente: Esta Investigación

El comportamiento en la densidad de bulto no tiene variación significativa entre las diferentes muestras analizadas, incluyendo a las muestras extraídas a partir de

tubérculos de la misma variedad pero con distinta clasificación por tamaño. Sin embargo se puede observar en la grafica 17 y 18 que existe variación en la densidad en la muestra obtenida de la variedad parda suprema lo cual coincide con el contenido de humedad (H) de 10.57% mayor que en las otras muestras, ésta variación es posible teniendo en cuenta que los valores de densidad aparente dependen entre otras variables de la humedad [ALVARADO, 1997]

**Gráfico 19. Promedios y desviación estándar para densidad aparente de partículas.**



Fuente: Esta Investigación

La densidad aparente se comporta de igual manera que la densidad de bulbo, sin variación significativa para las muestras analizadas con la excepción del caso para la variedad parda suprema.

#### 7.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALMIDÓN.

Los resultados expuestos en el cuadro 16 corresponden a al porcentaje en base seca del producto (BS) y a el producto parcialmente seco (BPS). El contenido de fibra oscila entre 0.25% y 0.6%, siendo mayor en el almidón de la variedad parda pastusa, y la muestra de menor contenido en el de la variedad, parda suprema, este valor es mayor al que reporta [ALVIS et., al., 2008]. Para la variedad Ica Nariño de 0.05%. Se presenta un contenido elevado de proteína frente al extraído de otras fuentes lo que corrobora lo expuesto por [FENNEMA, 2000], en la variedad Diacol Capiro se supera levemente este valor y lo reportado por Avis (2008) donde expresa un valor de 0.62% para la variedad Ica Nariño, pero en todos los casos este valor apenas sobrepasa el 1%, contrario a lo encontrado en Aristizabal Y Sánchez, en donde se menciona un contenido alrededor del 25 el contenido de fósforo varía de 0.06 a 0.09%, presentando este valor más elevado en la variedad Parda suprema, de igual manera se presenta contenido elevado de fósforo comprendido entre 0.06 a 0.09% similar a lo reportado por [FENNEMA, 2000], quién expone el contenido de almidón con un rango entre 0.006 y 0.1%, aunque en las muestras analizadas el valor mínimo es de 0.06%, la presencia de fósforo se debe a la presencia de los grupos éster fosfato, característicos en el almidón de papa [FENNEMA, 2000], la presencia de fósforo pueden modificar el comportamiento reológico de las pastas e inhiben la cristalización de las moléculas evitando la retrogradación del almidón [GÓMEZ Y WONG, en línea, 2008]; el contenido de cenizas para almidón de papa se encuentra entre el 0,38% y 0,53%, valores cercanos a los reportados por [GÓMEZ Y WONG, en línea, 2008]; donde indican que el contenido de cenizas en almidón de patata es inferior al 0,5%.

En general la presencia de grasas y proteínas presentan dificultades en la extracción de ahí que los almidones con mayor presencia de estos se consideran de mala calidad [GÓMEZ Y WONG, en línea, 2008]; el almidón de papa analizado presenta valores muy bajos de proteína.

**Cuadro 16. Composición proximal de almidón de papa de las variedades P pastusa, P suprema, D Capiro y Ica Nariño, método Weende.**

Análisis	Método	ALMIDÓN ICA NARIÑO		ALMIDÓN PARDA SUPREMA		ALMIDÓN DIACOL CAPIRO		ALMIDÓN PARDA PASTUSA	
		BPS	BS	BPS	BS	BPS	BS	BPS	BS
<b>Materia seca</b>	Secado estufa	95,3		89,43		96,31		95,0	
<b>Ceniza</b>	Incineración mufla	0,38	0,40	0,47	0,53	0,32	0,33	0,38	0,40
<b>Fibra cruda</b>	Digestión acida-básica	0,42	0,44	0,25	0,28	0,55	0,57	0,65	0,68
<b>Proteína</b>	Kjeldahl (n°6,25)	0,92	0,96	0,92	1,03	1,01	1,04	0,35	0,37
<b>Nitrógeno</b>	Kjeldahl	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,06	0,06
<b>Fósforo</b>	Oxidación húmeda - colorimetría	0,07	0,08	0,09	0,11	0,06	0,06	0,06	0,07

Todos los valores son presentados en porcentaje (ver anexo A)

Fuente: Esta Investigación

## 7.5. PROPIEDADES FUNCIONALES.

**7.5.1. Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento.** El valor referente a índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA), es mayor en todas las muestras oscilando entre 7,21 y 15,36 contrario a lo reportado por [ALVIS et., al., 2008], donde reporta un valor 5.83 para IAA y 2.97 para ISA para la variedad Ica Nariño, los valores más significativos se presentan en la variedad Ica Nariño, seguido por la variedad Diacol Capiro. Contrario a lo reportado por [ARISTIZABAL Y SÁNCHEZ, 2007], en donde se indica la solubilidad del almidón de yuca similar a la solubilidad de almidón de papa con valores entre 0,327% a 12,32%, los resultados encontrados en esta investigación indican valores comprendidos de 5,13% a 59% donde la variedad Ica Nariño presenta los valores más altos incluso superiores a los expuestos por [AMRITPAL, K., et al 2006], donde expone valores para ISA en almidón de papa de comprendidos de 2,59% a 36,985.

Valores de poder de hinchamiento (PH) e índice de solubilidad en agua (ISA) se deben probablemente a la presencia de grupos fosfato en cadenas adyacentes lo cual incrementa la hidratación de los granos según [AMRITPAL, K., et al 2006]. En cuanto al poder de hinchamiento se encontró que los valores oscilan entre 8,09 g/g y 21,53 g/g. [Q. Liu, et al. 2002], reporta un rango que va desde 3 g/g hasta 23 g/g.

**Cuadro 17. Interacción almidón agua.**

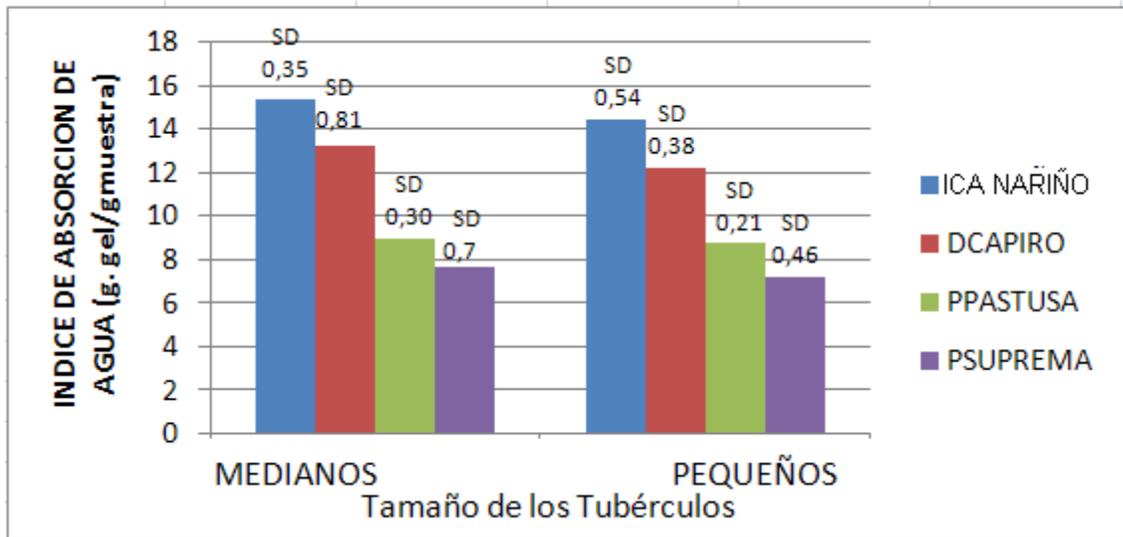
<b>VARIEDAD</b>	<b>TIPO</b>	<b>IAA g gel/gr</b>	<b>ISA%</b>	<b>PH</b>
<b>P. Pastusa</b>	medianas	9,03 ± 0,30 <sub>d</sub>	6,08 ± 3,68 <sub>b</sub>	8,35 ± 0,37 <sub>c</sub>
	pequeñas	8,78 ± 0,21 <sub>d</sub>	5,13 ± 1,15 <sub>b</sub>	8,09 ± 0,23 <sub>c</sub>
<b>D. Capiro</b>	medianas	13,25 ± 0,81 <sub>b</sub>	17,93 ± 1,66 <sub>b</sub>	13,31 ± 0,85 <sub>b</sub>
	pequeñas	12,23 ± 0,38 <sub>bc</sub>	19,47 ± 2,58 <sub>b</sub>	12,41 ± 0,47 <sub>b</sub>
<b>P. Suprema</b>	medianas	7,70 ± 0,70 <sub>d</sub>	8,87 ± 1,13 <sub>b</sub>	7,18 ± 0,63 <sub>c</sub>
	pequeñas	7,21 ± 0,46 <sub>e</sub>	8,26 ± 1,25 <sub>b</sub>	6,71 ± 0,43 <sub>c</sub>
<b>ICA Nariño</b>	medianas	15,36 ± 0,35 <sub>a</sub>	53,96 ± 8,68 <sub>a</sub>	21,53 ± 2,33 <sub>a</sub>
	pequeñas	14,47 ± 0,54 <sub>ab</sub>	59,06 ± 10,78 <sub>a</sub>	21,21 ± 1,31 <sub>a</sub>

Valor promedio de tres mediciones

Fuente: Esta Investigación

Los mayores promedios de viscosidad se obtuvieron de las variedades D. Capiro y R Nariño en sus clases medianas y pequeñas

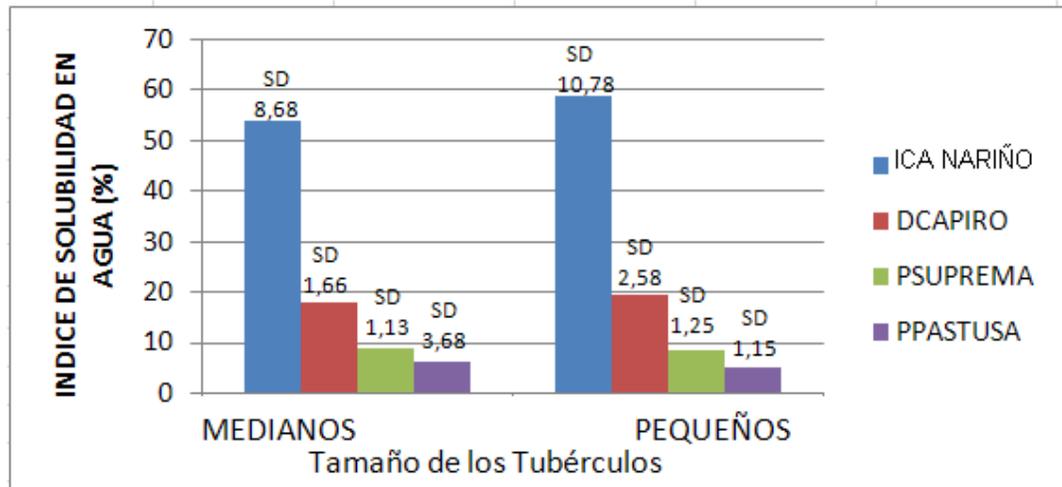
**Gráfico 20. Promedios y desviación estándar para índice de absorción de agua.**



Fuente: Esta Investigación

El índice de absorción de agua varía dependiendo de la fuente botánica de donde se haya extraído, independientemente del tamaño de los tubérculos de ésta, sin embargo, este patrón no se presenta en la variedad Parada Suprema, en donde el valor de IAA es diferente en tubérculos medianos que en pequeño, en algunas muestras como en la analizada en tubérculos pequeños para la variedad Ica Nariño este valor es similar al obtenido en tubérculos grandes de la variedad Diacol Capiro.

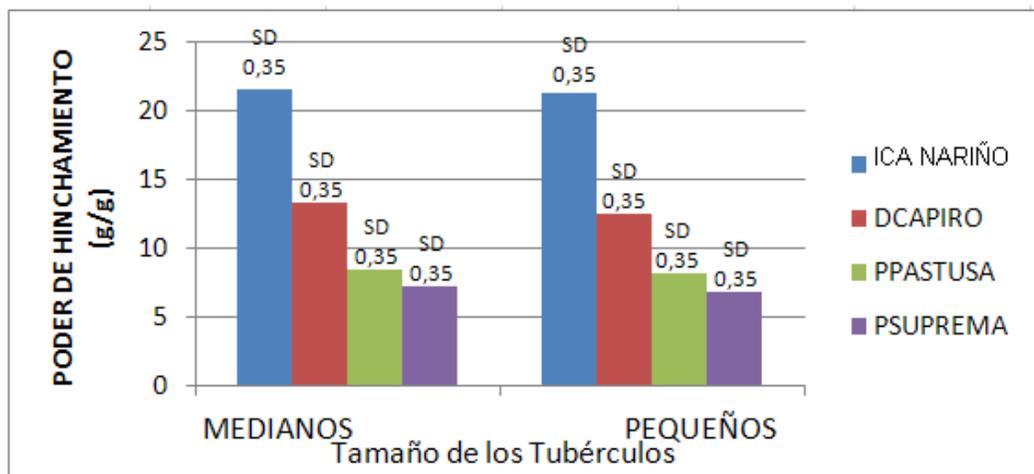
**Gráfico 21. Promedios y desviación estándar para índice de solubilidad en agua.**



Fuente: Esta Investigación

El índice de solubilidad en agua varía dependiendo de la fuente botánica de donde se extraiga el almidón, independientemente del tamaño de los tubérculos de cada fuente

**Gráfico 22. Promedios y desviación estándar para poder de hinchamiento.**



Fuente: Esta Investigación

El poder de hinchamiento varía dependiendo de la variedad de donde se haya extraído la muestra más no en el tamaño de tubérculos de cada muestra.

**7.5.2. Viscosidad.** Los resultados obtenidos para las muestras analizadas están comprendidos entre 121197,32 cP a 171121,29 cP donde la variedad parda suprema presenta los valores más bajos, la variedad Ica Nariño presenta los valores más altos. Estos valores son mucho mayores a los reportados para almidón de papa de 25 cP reportado por [LINDEN Y LORIENT, 1996], en este último no se indica la metodología de su medición, por otra parte SING N, 2007, reporta valores también bajos para el pico de viscosidad de almidones de papa comprendidos entre 2295 cP a 3012 cP, estos valores aunque más altos que los expuestos en la bibliografía anterior son menores a los registrados en esta investigación. La viscosidad de las muestras analizadas también es superior comparada con la de otras fuentes botánicas en donde se presenta valores como 23 cP para la yuca, 13 cP para el maíz o 5 cP para el trigo [LINDEN Y LORIENT, 1996].

“La temperatura en la cual se presenta el pico de viscosidad corresponde a la temperatura de empastamiento o gelatinización” [RAMÍREZ, 2005], estos valores se encuentra en los rangos expresados por [RAMÍREZ, 2005], donde reporta 58 a 66° C, los valores registrados en esta investigación no superan temperaturas mayores a 63 °C, en contraste lo reportado por [ALVIS, 2008] donde indica una temperatura de gelatinización para la variedad Ica Nariño en 66±2°C.

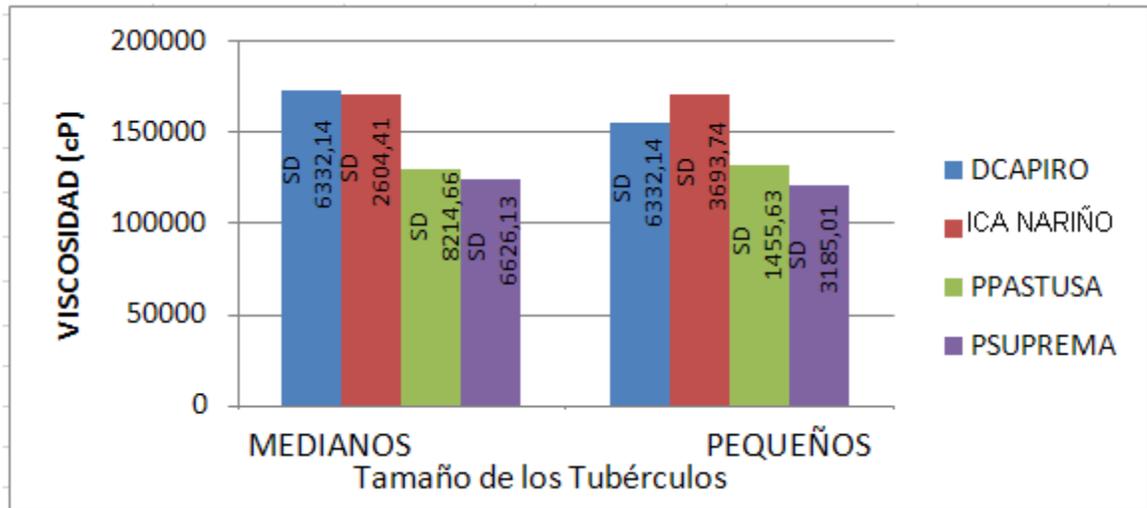
**Cuadro 18. Pico de viscosidad.**

<b>Variedad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Viscosidad (CP)*</b>	<b>T °C*</b>
<b>P. Pastusa</b>	medianas	<b>130194,00 ±8214,66<sub>c</sub></b>	<b>60 ±0,0</b>
	pequeñas	<b>131999,38 ±1455,81<sub>c</sub></b>	<b>60 ±0,0</b>
<b>D. Capiro</b>	medianas	<b>173080,67 ±6332,14<sub>a</sub></b>	<b>60,67 ±1,15</b>
	pequeñas	<b>155754,09 ±2580,45<sub>b</sub></b>	<b>61,33 ±1,15</b>
<b>P. Suprema</b>	medianas	<b>123991,67 ±6626,13<sub>c</sub></b>	<b>63,00 ±1,73</b>
	pequeñas	<b>121197,32 ±3185,32<sub>c</sub></b>	<b>62,33 ±0,58</b>
<b>ICA Nariño</b>	medianas	<b>171096,67 ±2604,41<sub>a</sub></b>	<b>61,33 ±1,15</b>
	pequeñas	<b>171121,29 ±3694,02<sub>a</sub></b>	<b>62,00 ±0,00</b>

\* Valores promedio de tres repeticiones

Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 23. Promedios y desviación estándar para viscosidad.**



Fuente: Esta Investigación

El Gráfico 23 indica que las muestras analizadas para almidón de la variedad parda pastusa y parda suprema en cuanto a su pico de viscosidad son similares, en la variedad Diacol Capiro estos valores son diferentes indicando un pico de viscosidad más alto que los anteriores, la viscosidad en la variedad Ica Nariño no se presenta diferencias en ninguna de sus muestras estos valores son similares a los de la variedad Diacol Capiro para muestras en tubérculos medianos.

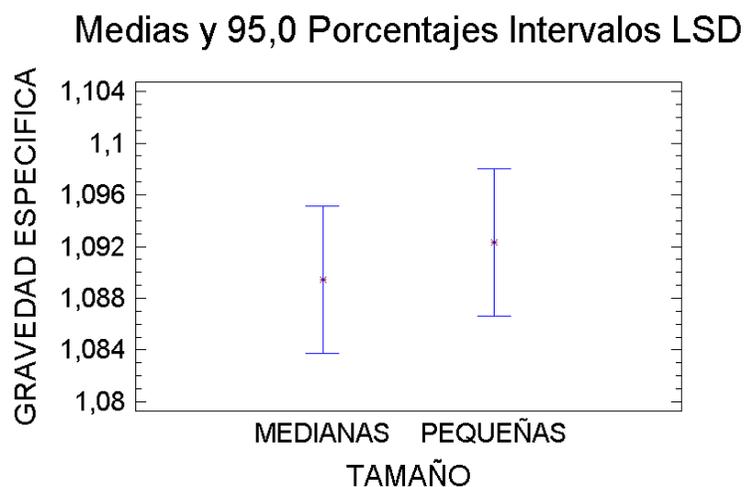
## 6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Tabla 1. Análisis de varianza para gravedad específica

Análisis de la Varianza para GRAVEDAD ESPECIFICA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	0,0000510417	1	0,0000510417	0,29	0,5955
B:VARIEDAD	0,000274125	3	0,000091375	0,53	0,6712
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000253458	3	0,0000844861	0,49	0,6971
RESIDUOS	0,002784	16	0,000174		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>0,00336262</b>	<b>23</b>			

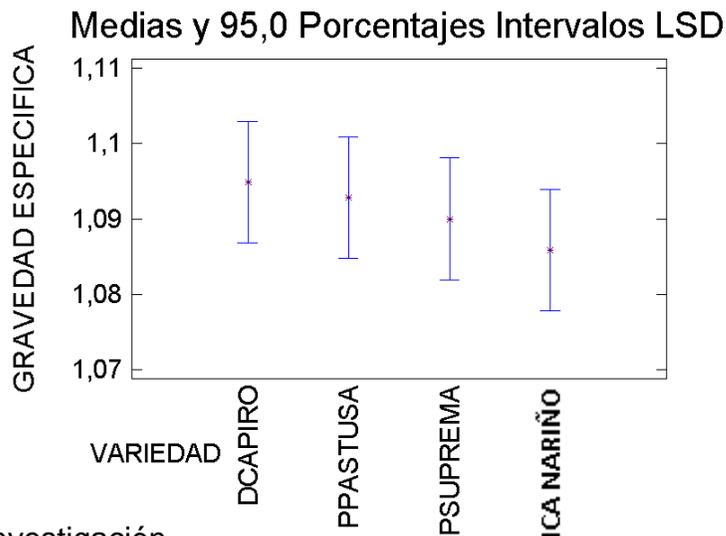
Fuente: Esta Investigación

Gráfico24. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación de gravedad específica según tamaño



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico25. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación de gravedad específica según variedad.**



Fuente: Esta Investigación

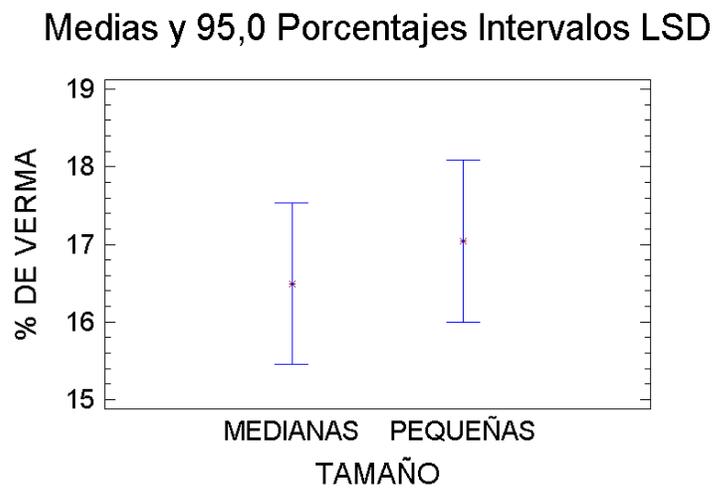
El análisis de varianza para la prueba de gravedad específica (tabla 19) mostró que no hay diferencias significativas entre variedad de tubérculos ni tamaño de los mismos. Se observa con el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para selección por tamaño (gráfico 24) Y selección por variedad (gráfico 25) que hay solapamiento, lo que significa que esta propiedad se comporta igual en los tubérculos medianos y pequeños de todas las variedades estudiadas.

**Tabla 2. Análisis de varianza para porcentaje de almidón según VERMA (1971).**

Análisis de la Varianza para VERMA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	1,79471	1	1,79471	0,31	0,5865
B:VARIEDAD	9,11933	3	3,03978	0,52	0,6732
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	8,59152	3	2,86384	0,49	0,6929
RESIDUOS	93,1651	16	5,82282		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>112,671</b>	<b>23</b>			

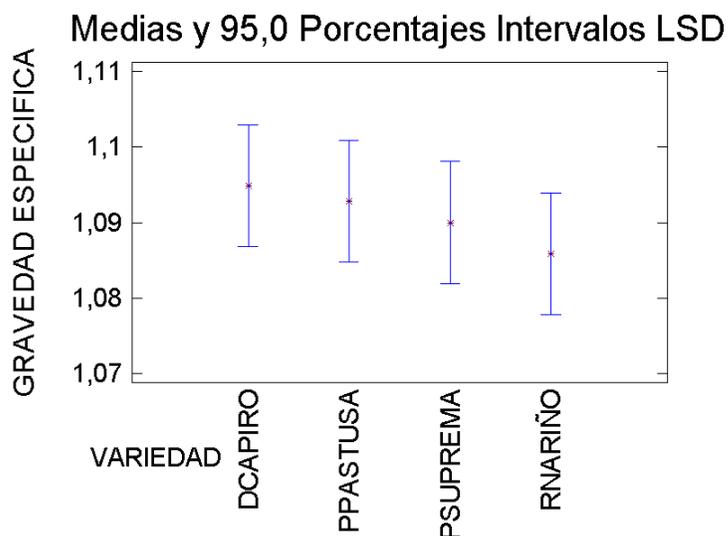
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico26. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación del contenido de almidón según la ecuación de Verma dependiendo del tamaño de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico27. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para variación del contenido de almidón según la ecuación de Verma dependiendo de la variedad.**



Fuente: Esta Investigación

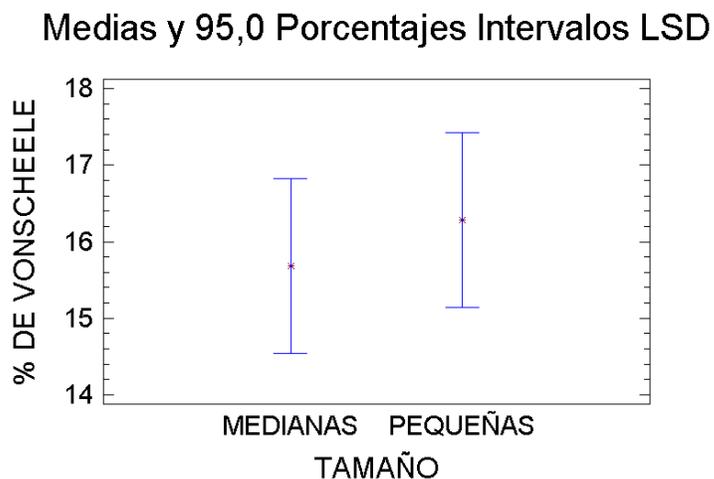
**Tabla 3. Análisis de varianza para porcentaje de almidón según VONSCHEELE (1959)**

Análisis de la Varianza para VONSCHEELE - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	2,17081	1	2,17081	0,31	0,5848
B:VARIEDAD	10,953	3	3,65101	0,52	0,6726
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	10,2926	3	3,43087	0,49	0,6932
RESIDUOS	111,694	16	6,98087		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>135,11</b>	<b>23</b>			

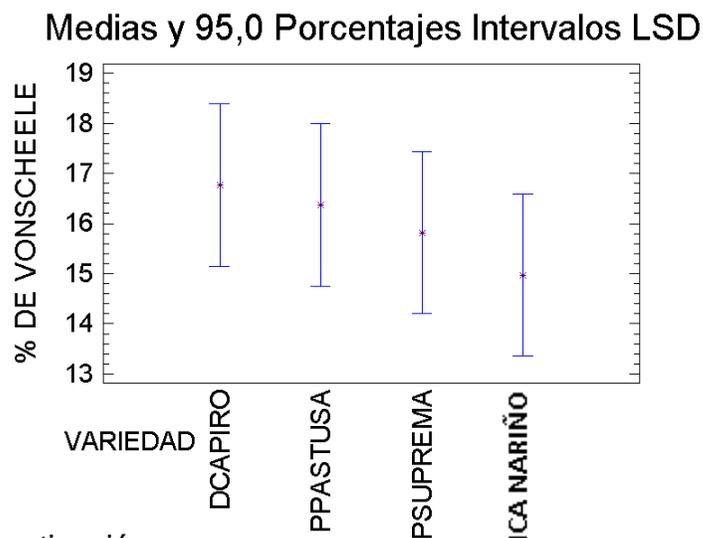
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico28. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para el contenido de almidón según la ecuación de VON SCHEELE (1959) dependiendo del tamaño de los tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 29. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para el contenido de almidón según la ecuación de VON SCHEELE (1959) dependiendo de la variedad**



Fuente: Esta Investigación

Para la determinación indirecta de contenido de almidón por medio de la gravedad específica de VERMA (1971), el análisis de varianza (Tabla 21) mostró que no

existen diferencias significativas entre tamaño de tubérculo ni variedad, del mismo modo la relación lineal de VON SCHEELE (1959), aplicada para el mismo fin, mostró que tampoco existen diferencias significativas. Se observa con el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para selección por tamaño (gráfico 26) y (gráfico 28) Y selección por variedad (gráfico 27) Y (gráfico 29) que hay solapamiento, por lo tanto se comprueba Gráficamente que no se encontró diferencia alguna para el rendimiento en el contenido de almidón por medio de estos dos métodos.

**Tabla 4. Análisis de varianza para extracción húmeda en planta piloto.**

Análisis de la Varianza para EXTRACCION HUMEDA DE ALMIDON - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	1,0795	1	1,0795	12,09	0,0031
B:VARIEDAD	147,304	3	49,1014	549,78	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	56,4959	3	18,832	210,86	0,0000
RESIDUOS	1,42897	16	0,0893103		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>206,309</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para la prueba de extracción húmeda en planta piloto (tabla 22), indica que hay diferencias significativas en los rendimientos obtenidos de forma experimental en planta piloto mostrando que el rendimiento no es igual entre variedades ni entre tamaño de tubérculos, por lo tanto habrá un tamaño específico de una variedad en particular que tendrá los índices de rendimiento más altos y otro que tendrá los más bajos.

**Tabla 5. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para extracción húmeda de almidón en planta piloto según tamaño.**

Contraste Múltiple de Rangos para EXTRACCION HUMEDA DE ALMIDON según TAMAÑO

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
TAMAÑO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
MEDIANAS	12	10,8892	0,0862701	X
PEQUEÑAS	12	11,3133	0,0862701	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
MEDIANAS - PEQUEÑAS			*-0,424167	0,258638

\* indica una diferencia significativa.

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 6. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para extracción húmeda de almidón en planta piloto según variedad.**

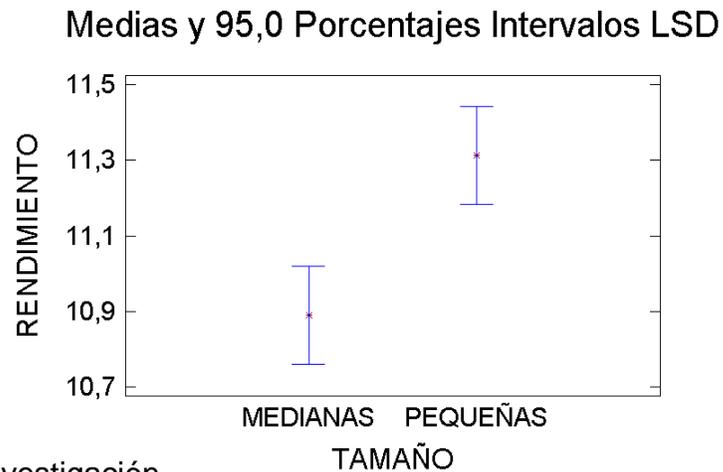
Contraste Múltiple de Rangos para RENDIMIENTO según VAR

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
VAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PSUPREMA	6	8,28233	0,122004	X
ICA NARIÑO	6	10,1073	0,122004	X
DCAPIRO	6	10,9647	0,122004	X
PPASTUSA	6	15,0507	0,122004	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO			*0,857333	0,493867
DCAPIRO - PPASTUSA			*-4,086	0,493867
DCAPIRO - PSUPREMA			*2,68233	0,493867
ICA NARIÑO - PPASTUSA			*-4,94333	0,493867
ICA NARIÑO - PSUPREMA			*1,825	0,493867
PPASTUSA - PSUPREMA			*6,76833	0,493867

\* indica una diferencia significativa.

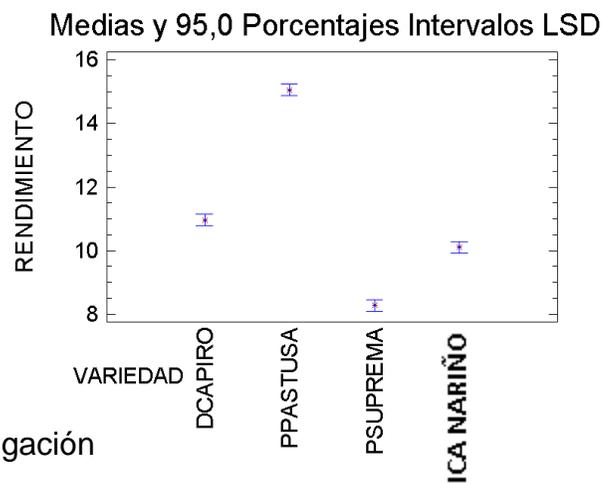
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 7. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para rendimiento en la extracción teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 31. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para rendimiento teniendo en cuenta variedad de los tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

El contraste múltiple de rangos para tamaño de tubérculos (tabla 5) y variedad (tabla 6), indican que todas las respuestas en cuanto a rendimiento en la extracción de almidón son distintas y dependen tanto de la variedad y tamaño del tubérculo. Así mismo el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), no muestra solapamientos entre variedades (gráfico 31), ni selección por tamaño (gráfico 30), por lo tanto se demuestra que existen diferencias

significativas en esta propiedad y que el rendimiento en la extracción de almidón es función tanto de la variedad como del tamaño del tubérculo de donde se haya extraído el almidón.

**Tabla 7. Análisis de varianza para esfericidad.**

Análisis de la Varianza para ESFERICIDAD - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	0,000816667	1	0,000816667	0,62	0,4418
B:VARIEDAD	0,1111	3	0,0370333	28,22	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00441667	3	0,00147222	1,12	0,3697
RESIDUOS	0,021	16	0,0013125		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>0,137333</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para esfericidad (tabla 7) indica que la esfericidad varía únicamente con respecto a la variedad de papa de la cual se obtuvo la muestra de almidón.

**Tabla 8. Contraste múltiple de rangos para esfericidad según variedad.**

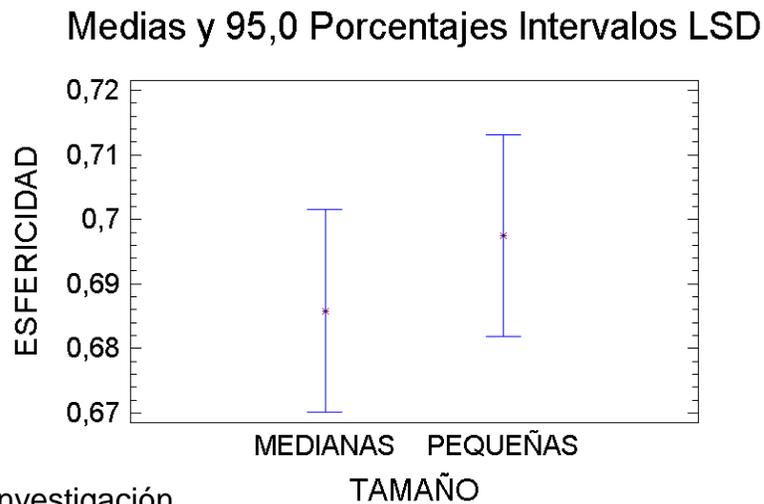
Contraste Múltiple de Rangos para ESFERICIDAD según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
UAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PPASTUSA	6	0,575	0,0147902	X
PSUPREMA	6	0,715	0,0147902	X
ICA NARIÑO	6	0,736667	0,0147902	X
DCAPIRO	6	0,74	0,0147902	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO			0,00333333	0,05987
DCAPIRO - PPASTUSA			*0,165	0,05987
DCAPIRO - PSUPREMA			0,025	0,05987
ICA NARIÑO - PPASTUSA			*0,161667	0,05987
ICA NARIÑO - PSUPREMA			0,0216667	0,05987
PPASTUSA - PSUPREMA			*-0,14	0,05987

\* indica una diferencia significativa.

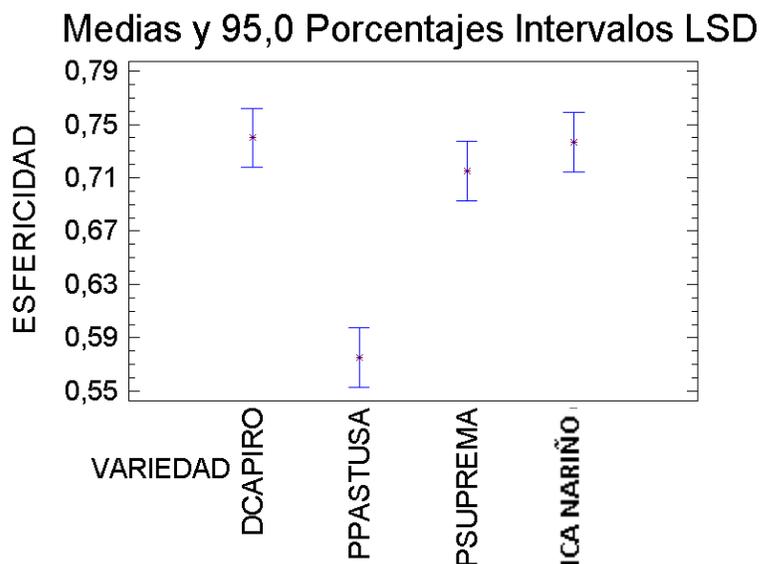
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 32. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para esfericidad de los gránulos de almidón teniendo en cuenta el tamaño de los tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 33. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para esfericidad de los gránulos de almidón teniendo en cuenta la variedad de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

El contraste múltiple de rangos para esfericidad (tabla 8) el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para la selección por tamaño (gráfico 32) y variedad (gráfico 33), muestran que los gránulos de almidón de la variedad Parda Pastusa tienen la menor tendencia a ser esféricos, y los gránulos de las variedades Diacol Capiro, Parda Suprema, e Ica Nariño, que tienen el valor de esfericidad alto se comportan estadísticamente igual.

**Tabla 9. Análisis de varianza para el diámetro equivalente**

<b>Análisis de la Varianza para DIAMETRO EQUIVALENTE - Sumas de Cuadrados de Tipo III</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A:TAMAÑO</b>	<b>131,461</b>	<b>1</b>	<b>131,461</b>	<b>2,54</b>	<b>0,1307</b>
<b>B:VARIEDAD</b>	<b>6048,61</b>	<b>3</b>	<b>2016,2</b>	<b>38,92</b>	<b>0,0000</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
<b>AB</b>	<b>220,427</b>	<b>3</b>	<b>73,4757</b>	<b>1,42</b>	<b>0,2741</b>
<b>RESIDUOS</b>	<b>828,93</b>	<b>16</b>	<b>51,8081</b>		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>7229,43</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza muestra que existen diferencias con respecto de la variedad de papa.

**Tabla 10. Prueba de Tukey para diámetro equivalente según variedad.**

Contraste Múltiple de Rangos para DIAMETRO EQUIVALENTE según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
VAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
DCAPIRO	6	46,6367	2,93848	X
PSUPREMA	6	55,2983	2,93848	X
ICA NARIÑO	6	71,925	2,93848	X
PPASTUSA	6	88,015	2,93848	X

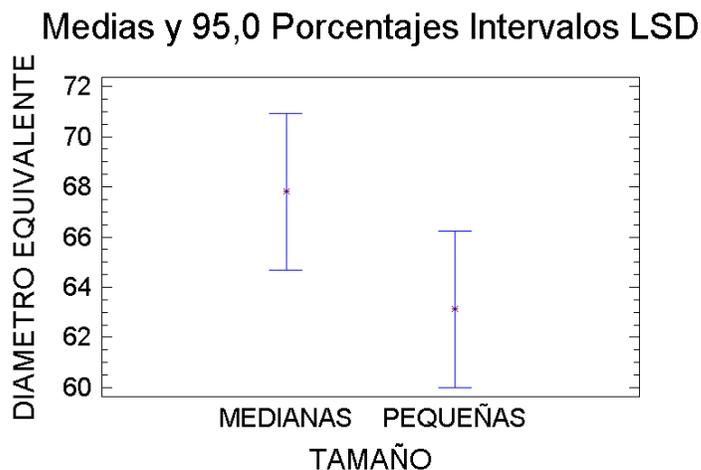
  

Contraste	Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO	*-25,2883	11,8948
DCAPIRO - PPASTUSA	*-41,3783	11,8948
DCAPIRO - PSUPREMA	-8,66167	11,8948
ICA NARIÑO - PPASTUSA	*-16,09	11,8948
ICA NARIÑO - PSUPREMA	*16,6267	11,8948
PPASTUSA - PSUPREMA	*32,7167	11,8948

\* indica una diferencia significativa.

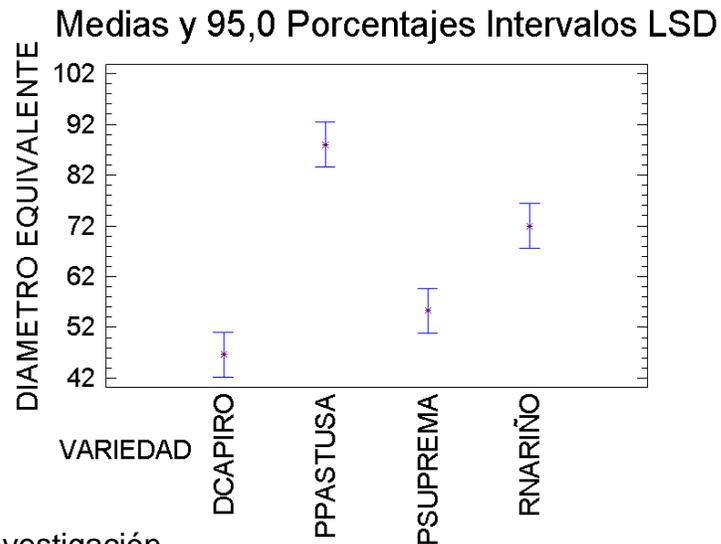
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 34. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para diámetro equivalente teniendo en cuenta el tamaño de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 35. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para diámetro equivalente teniendo en cuenta la variedad de los tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

El contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) y el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para selección por tamaño (grafico 34) y variedad (grafico 35), muestran que el diámetro equivalente de los gránulos de almidón varía en función de la variedad de papa de dónde se haya extraído.

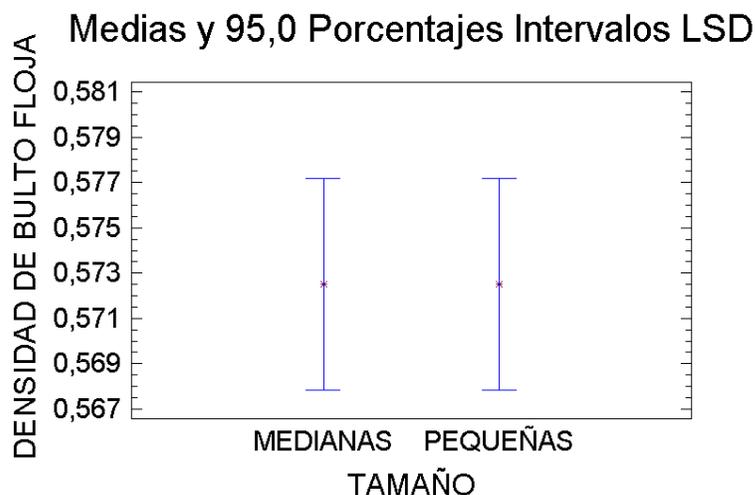
**Tabla 11. Análisis de varianza para densidad de bulto floja.**

Análisis de la Varianza para DENSIDAD DE BULTO FLOJA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B:VARIEDAD	0,000716667	3	0,000238889	2,05	0,1477
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0000666667	3	0,0000222222	0,19	0,9013
RESIDUOS	0,00186667	16	0,000116667		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>0,00265</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

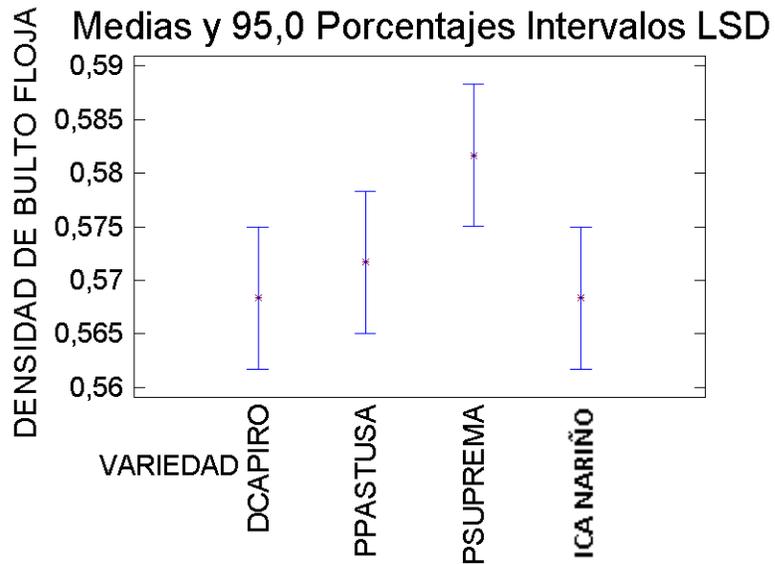
El análisis de varianza muestra que la densidad de bulto floja (tabla 11), no tiene diferencias significativas, por el contrario cuando el producto se somete a compresión, la densidad media de almidón apretado varia con respecto a la variedad.

**Gráfico 36. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto floja teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 37. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto teniendo en cuenta variedad de tubérculo.**



Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para densidad de bulto floja (tabla 11) muestra que no existen diferencias significativas ni en selección por tamaño ni variedad. El procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para la selección por tamaño (gráfico 36) y variedad (gráfico 37), muestran que no hay diferencias significativas.

**Tabla 12. Análisis de varianza para densidad de bulto apretada.**

Análisis de la Varianza para DENSIDAD DE BULTO APRETADA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	0,0003375	1	0,0003375	1,88	0,1888
B:VARIEDAD	0,981146	3	0,327049	1825,39	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000745833	3	0,000248611	1,39	0,2827
RESIDUOS	0,00286667	16	0,000179167		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>0,985096</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para la densidad de bulto apretada (tabla 12), muestra diferencias para la variedad de tubérculo.

**Tabla 13. Contraste múltiple de rangos para densidad de bulto apretada según variedad.**

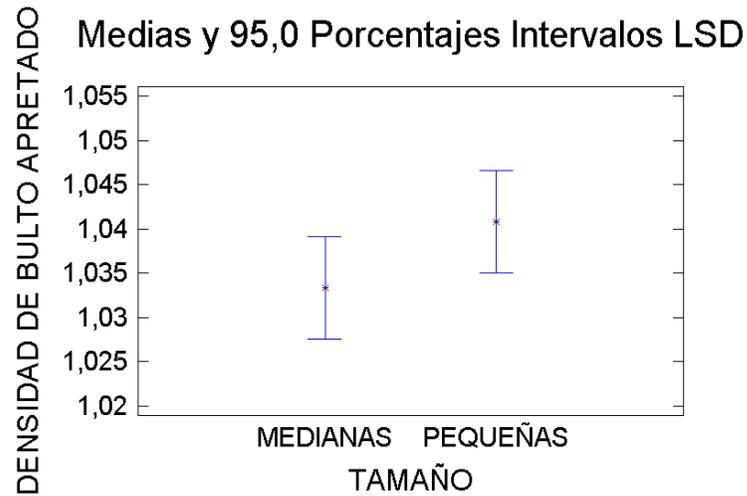
Contraste Múltiple de Rangos para DENSIDAD DE BULTO APRETADO según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey					
UAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	
ICA NARIÑO	6	0,908333	0,00546453	X	
DCAPIRO	6	0,913333	0,00546453	X	
PPASTUSA	6	0,94	0,00546453	X	
PSUPREMA	6	1,38667	0,00546453	X	
Contraste				Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO				0,005	0,0221202
DCAPIRO - PPASTUSA				*-0,0266667	0,0221202
DCAPIRO - PSUPREMA				*-0,473333	0,0221202
ICA NARIÑO - PPASTUSA				*-0,0316667	0,0221202
ICA NARIÑO - PSUPREMA				*-0,478333	0,0221202
PPASTUSA - PSUPREMA				*-0,446667	0,0221202

\* indica una diferencia significativa.

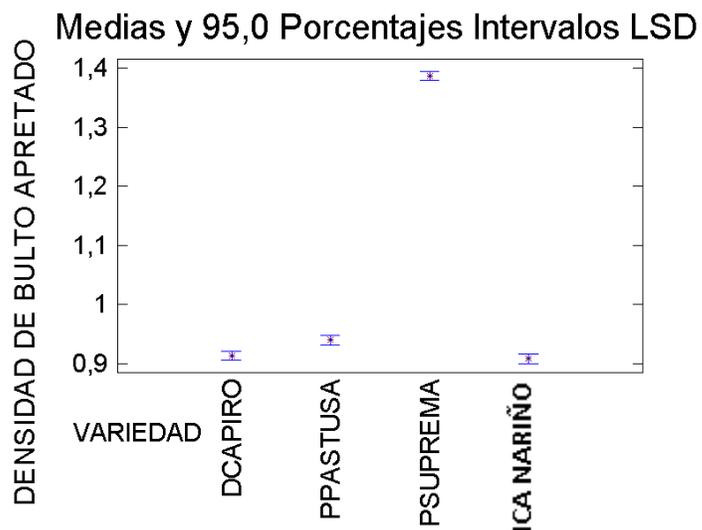
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 38. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto apretada teniendo en cuenta tamaño de tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 39. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para densidad de bulto apretada teniendo en cuenta variedad de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

El contraste múltiple de rangos para densidad de bulto apretada (tabla 13), indica que las variedades Ica Nariño y Diacol Capiro se comportan igual y que las variedades Parda Pastusa y Parda Suprema se comportan de forma distinta a todas las variedades de papa en estudio. El procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para selección por tamaño (grafico 38) y variedad (grafico 39).

**Tabla 14. Análisis de varianza para viscosidad.**

Análisis de la Varianza para VISCOSIDAD - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	1,2546E8	1	1,2546E8	5,26	0,0357
B:VARIEDAD	1,03967E10	3	3,46556E9	145,28	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	3,41462E8	3	1,13821E8	4,77	0,0146
RESIDUOS	3,81665E8	16	2,38541E7		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>1,12453E10</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 15. Contraste múltiple de rangos para viscosidad según tamaño.**

Contraste Múltiple de Rangos para VISCOSIDAD según TAMAÑO				
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
TAMAÑO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PEQUEÑAS	12	145018,0	1409,91	X
MEDIANAS	12	149591,0	1409,91	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
MEDIANAS - PEQUEÑAS			*4572,75	4226,91

\* indica una diferencia significativa.

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 16. Contraste múltiple de rangos para viscosidad según variedad.**

Contraste Múltiple de Rangos para VISCOSIDAD según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
UAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PSUPREMA	6	122595,0	1993,91	X
PPASTUSA	6	131097,0	1993,91	X
DCAPIRO	6	164417,0	1993,91	X
ICA NARIÑO	6	171109,0	1993,91	X

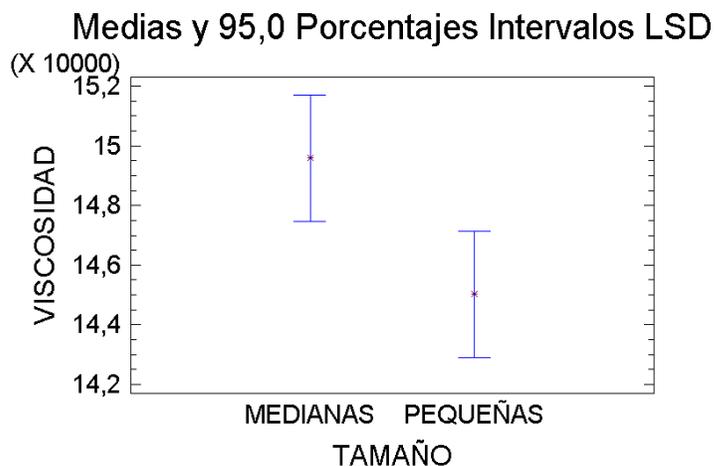
  

Contraste	Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO	-6691,67	8071,25
DCAPIRO - PPASTUSA	*33320,7	8071,25
DCAPIRO - PSUPREMA	*41822,8	8071,25
ICA NARIÑO - PPASTUSA	*40012,3	8071,25
ICA NARIÑO - PSUPREMA	*48514,5	8071,25
PPASTUSA - PSUPREMA	*8502,17	8071,25

\* indica una diferencia significativa.

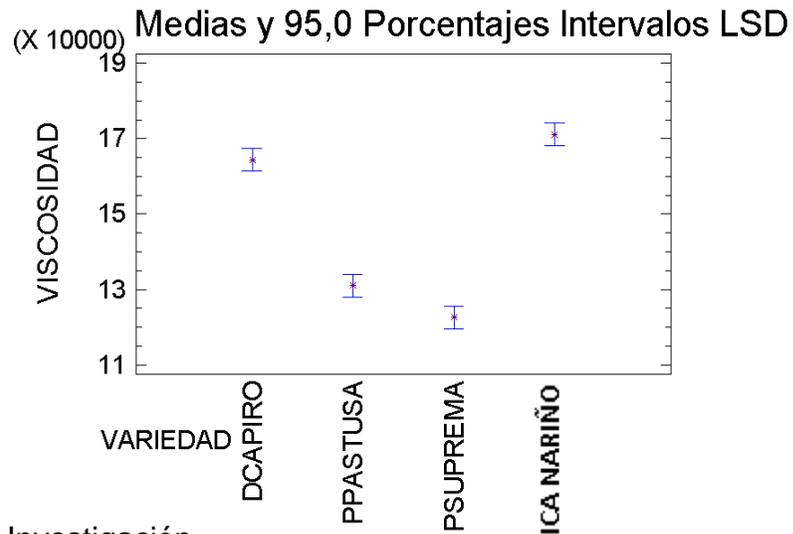
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 40. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para viscosidad teniendo en cuenta tamaño de tubérculo**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 41. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para viscosidad teniendo en cuenta variedad de tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para viscosidad (tabla 32) muestra que existen diferencias que se relacionan con el tamaño del tubérculo y la variedad del mismo.

El Contraste múltiple de rangos para la selección por tamaño (tabla 16) y variedad (tabla 35) y el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para la selección por tamaño (gráfico 40) Y variedad (gráfico 41), muestran que esta propiedad es función tanto del tamaño como la variedad de tubérculo de la cual se haya extraído el almidón.

**Tabla 17. Análisis de varianza para índice de absorción de agua.**

Análisis de la Varianza para INDICE DE ABSORCION DE AGUA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFEKTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	2,65335	1	2,65335	10,38	0,0053
B:VARIEDAD	212,103	3	70,701	276,68	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,568577	3	0,189526	0,74	0,5426
RESIDUOS	4,08853	16	0,255533		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>219,414</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para el índice de absorción de agua (tabla 17) muestra que hay diferencias entre la selección por variedad y tamaño.

**Tabla 18. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de absorción de agua según tamaño.**

Contraste Múltiple de Rangos para INDICE DE ABSORCION DE AGUA según TAMAÑO

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
TAMAÑO	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PEQUEÑAS	12	10,671	0,145926	X
MEDIANAS	12	11,336	0,145926	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
MEDIANAS - PEQUEÑAS			*0,665	0,437487

\* indica una diferencia significativa.

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 19. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de absorción de agua según variedad.**

Contraste Múltiple de Rangos para INDICE DE ABSORCION DE AGUA según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
VAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PSUPREMA	6	7,45083	0,206371	X
PPASTUSA	6	8,90483	0,206371	X
DCAPIRO	6	12,7438	0,206371	X
ICA NARIÑO	6	14,9145	0,206371	X

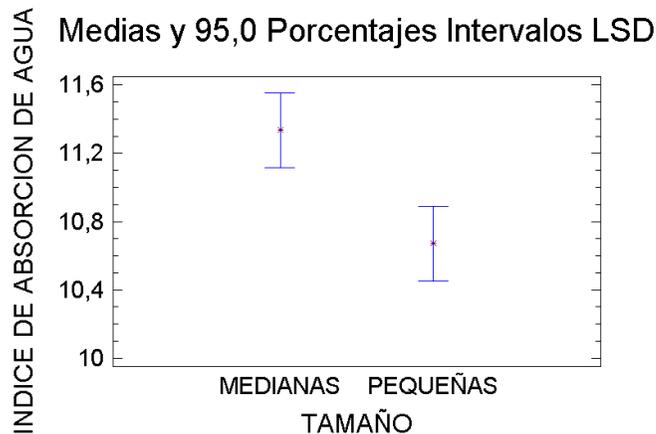
  

Contraste	Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO	*-2,17067	0,835378
DCAPIRO - PPASTUSA	*3,839	0,835378
DCAPIRO - PSUPREMA	*5,293	0,835378
ICA NARIÑO - PPASTUSA	*6,00967	0,835378
ICA NARIÑO - PSUPREMA	*7,46367	0,835378
PPASTUSA - PSUPREMA	*1,454	0,835378

\* indica una diferencia significativa.

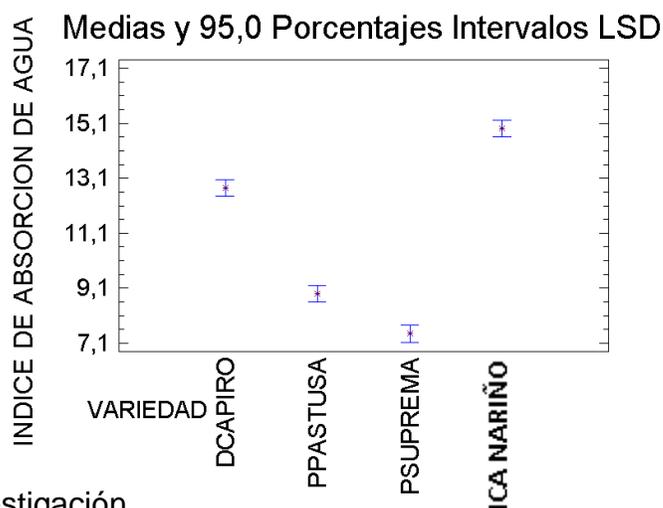
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 42. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de absorción de agua teniendo en cuenta tamaño de los tubérculos**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 43. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de absorción de agua teniendo en cuenta variedad de tubérculos.**



Fuente: Esta Investigación

El contraste múltiple de rangos según tamaño (tabla 18) y variedad (tabla 19) para el índice de absorción de agua, muestran que tanto la variedad como el tamaño influyen en la respuesta de esta propiedad, el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) muestra los intervalos en términos de absorción de agua (gr gel/gr Muestra) para selección por tamaño (gráfico 42) para variedad (gráfico 43) que no hay solapamientos, por lo tanto, hay diferencias en esta propiedad.

**Tabla 20. Análisis de varianza para índice de solubilidad en agua.**

Análisis de la Varianza para INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	9,70918	1	9,70918	0,36	0,5594
B:VARIEDAD	9903,99	3	3301,33	120,87	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	34,9054	3	11,6351	0,43	0,7370
RESIDUOS	437,007	16	27,3129		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>10385,6</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 21. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para índice de solubilidad en agua según variedad.**

Contraste Múltiple de Rangos para INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
UAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PPASTUSA	6	5,6055	2,13358	X
PSUPREMA	6	8,56267	2,13358	X
DCAPIRO	6	18,7043	2,13358	X
ICA NARIÑO	6	56,51	2,13358	X

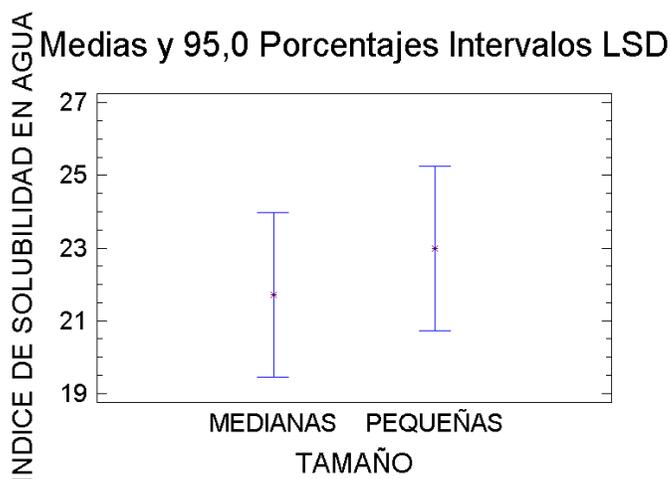
  

Contraste	Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO	*-37,8057	8,63661
DCAPIRO - PPASTUSA	*13,0988	8,63661
DCAPIRO - PSUPREMA	*10,1417	8,63661
ICA NARIÑO - PPASTUSA	*50,9045	8,63661
ICA NARIÑO - PSUPREMA	*47,9473	8,63661
PPASTUSA - PSUPREMA	-2,95717	8,63661

\* indica una diferencia significativa.

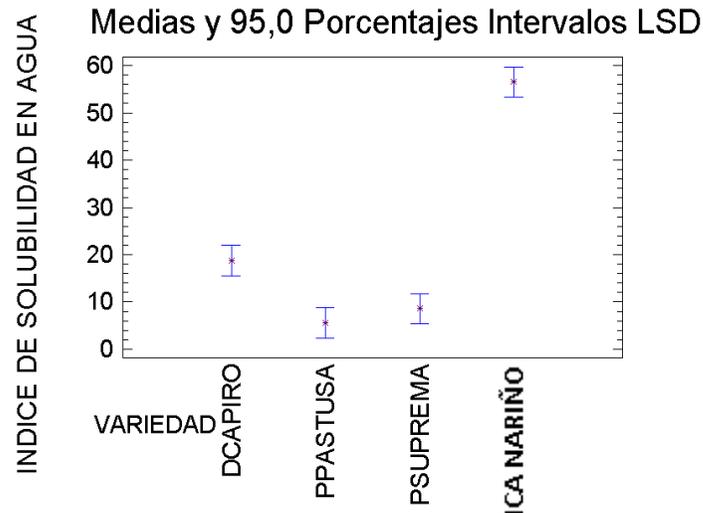
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 44. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de solubilidad en agua para selección por tamaño.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 45. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para índice de solubilidad en agua para variedad.**



Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para el índice de solubilidad en agua (tabla 20), muestra que hay diferencias significativas en esta propiedad que van en función de la variedad de tubérculo del que se haya extraído el almidón.

El contraste múltiple de rangos (tabla 21) muestra que las variedades parda Suprema y Parda Pastusa se comportan estadísticamente igual con respecto a esta propiedad y que las variedades Diacol Capiro e Ica Nariño se comportan diferentes al resto del grupo. El procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) muestra los intervalos de solubilidad en agua medidos en porcentaje para la selección por tamaño (gráfico 44) y variedad (gráfico 45), aquí, se observa que hay solapamiento entre las variedades Parda Pastusa y Parda Suprema, por lo tanto no hay diferencia entre estas dos variedades, en tanto que las variedades Diacol Capiro e Ica Nariño se comportan diferente siendo esta última la más soluble.

**Tabla 22. Análisis de varianza para poder de hinchamiento.**

Análisis de la Varianza para PODER DE HINCHAMIENTO - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:TAMAÑO	1,4065	1	1,4065	1,27	0,2765
B:VARIEDAD	767,165	3	255,722	230,79	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,373018	3	0,124339	0,11	0,9517
RESIDUOS	17,7284	16	1,10803		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>786,673</b>	<b>23</b>			

Fuente: Esta Investigación

**Tabla 23. Contraste múltiple de rangos (prueba de Tukey) para poder de hinchamiento según variedad.**

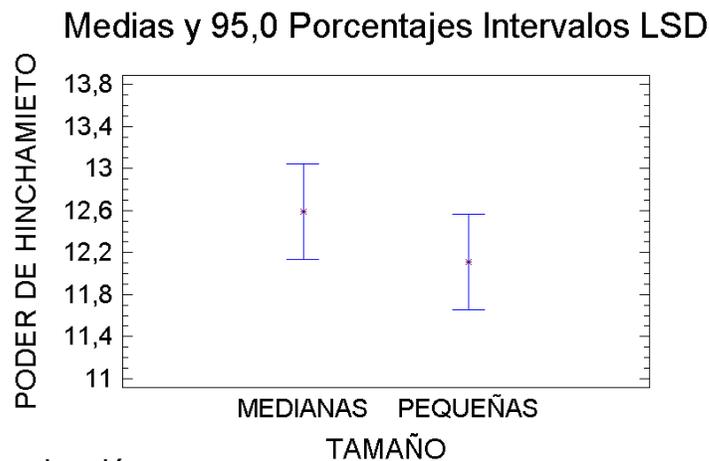
Contraste Múltiple de Rangos para PODER DE HINCHAMIENTO según VARIEDAD

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey				
UAR	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PSUPREMA	6	6,948	0,429734	X
PPASTUSA	6	8,21983	0,429734	X
DCAPIRO	6	12,8605	0,429734	X
ICA NARIÑO	6	21,37	0,429734	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
DCAPIRO - ICA NARIÑO			*-8,5095	1,73954
DCAPIRO - PPASTUSA			*4,64067	1,73954
DCAPIRO - PSUPREMA			*5,9125	1,73954
ICA NARIÑO - PPASTUSA			*13,1502	1,73954
ICA NARIÑO - PSUPREMA			*14,422	1,73954
PPASTUSA - PSUPREMA			1,27183	1,73954

\* indica una diferencia significativa.

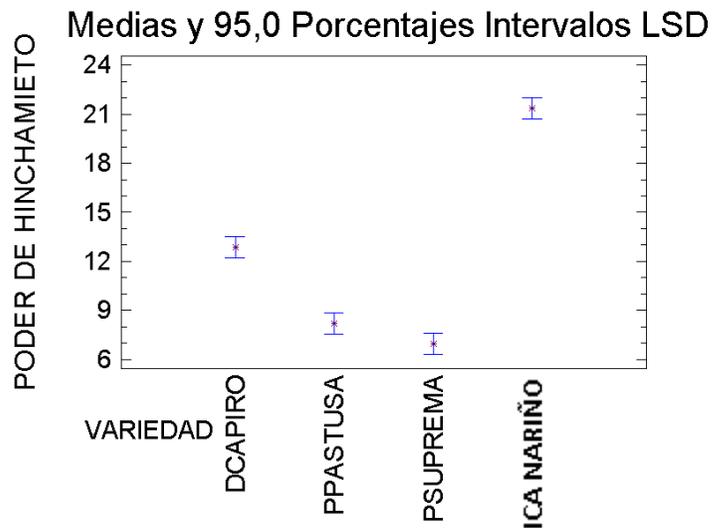
Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 46. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para poder de hinchamiento según selección por tamaño.**



Fuente: Esta Investigación

**Gráfico 47. Procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para poder de hinchamiento según selección por variedad**



Fuente: Esta Investigación

El análisis de varianza para poder de hinchamiento (tabla 22) muestra que hay diferencias estadísticas relacionadas con la variedad de tubérculo. El Contraste múltiple de rangos de Tukey para variedad (tabla 23) y el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) para la selección por tamaño

(gráfico 46) y variedad (gráfico 47), muestran que las variedades Parda Suprema y Parda Pastusa se comportan igual y que las variedades Diacol Capiro e Ica Nariño se comportan diferente siendo esta última la que mas se hincha.

El contraste múltiple de rangos para poder de hinchamiento (tabla 40), muestra que las variedades Parda Suprema y Parda Pastusa se comportan igual, y que las variedades Diacol Capiro e Ica Nariño se comportan de manera diferente a todas las variedades estudiadas.

El análisis de varianza para los métodos usados en esta investigación muestra que para los índices de absorción de agua (IAA), solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH) se encontró que los dos factores de variación funcionan independientemente,

El análisis de varianza mostró que el índice de absorción de agua (IAA) difiere con respecto a la variedad de papa del cual haya sido extraído, los mayores promedios se obtuvieron de la variedad Ica Nariño y D Capiro respectivamente. El análisis muestra que la variedad R Nariño es diferente a las demás en cuanto a índice de solubilidad (ISA) y poder de hinchamiento (PH), mostrándose como la que mejores promedios tuvo en estas dos propiedades.

El análisis también mostro un comportamiento similar en cuanto a viscosidad lo que prueba que esta propiedad no se manifiesta de igual forma para todos los almidones, sino que dependen de la variedad y la clase de tubérculo de donde se hayan extraído.

## 8. CONCLUSIONES

Tras el correspondiente análisis de los resultados obtenidos en esta investigación se pudo determinar que todos los almidones analizados difieren dependiendo de la variedad de tubérculo empleado, tanto en sus propiedades como en su apariencia; reafirmando así la hipótesis alterna que sostiene que se encuentran diferencias en los almidones provenientes de las distintas variedades de papa.

Se analizó el proceso de extracción de almidón nativo de papa utilizado en esta investigación a través de un análisis estadístico y comparativo de los resultados aquí obtenidos y se determinó que el contenido de almidón obtenido depende considerablemente de la variedad de donde este sea extraído así como en el tamaño de los tubérculos obtenidos, se presenta variaciones en las propiedades físicas y funcionales del almidón dependiendo únicamente de la variedad donde se haya extraído, existen algunas variables que dependen plenamente del proceso como es la humedad del producto final, ya que se encuentra una normatividad con un amplio margen de tolerancia que especifica hasta un 13% de contenido de humedad en donde el productor puede manipular este valor a conveniencia teniendo siempre en cuenta que esta puede influir en otras propiedades como la densidad de bulto, por esta razón es importante establecer parámetros que puedan identificar su contenido, la densidad de bulto apretada (DBA) puede nombrarse como un parámetro de calidad del almidón además también permite conocer cualidades como la capacidad de flujo del producto parámetro importante en el diseño y selección de equipos de transporte, otra variable dependiente es el tamaño de las partículas ya que depende directamente de la molienda y con esto del la eficiencia del equipo aquí utilizado.

Se determinó que el rendimiento en la extracción de almidón nativo de papa utilizando el método propuesto en esta investigación es para la variedad: Parda Pastusa de 16,73% para tubérculos medianos y de 13,37% para tubérculos pequeños, en la variedad Diacol Capiro de 9,21% para tubérculos medianos y de 12, 72% para tubérculos pequeños, en la variedad Parda Suprema de 6,59% en tubérculos medianos y de 9,97% en tubérculos pequeños y de 11,00% en tubérculos medianos y de 9,19% en tubérculos pequeños. Con lo anterior se puede afirmar que en algunas variedades se produce mayor cantidad de almidón en tubérculos pequeños que en medianos por unidad de masa y en otras se presenta lo contrario. Este hecho es importante a la hora elegir la materia prima teniendo en cuenta que los tubérculos pequeños considerados como llamura o pequeñas se pueden adquirir a bajo precio en comparación al de papas medianas (pareja) o grandes (gruesa).

Tras analizar las características fisicoquímicas planteadas en esta investigación se puede mencionar que: los gránulos de almidón de papa presentan un tamaño más grande entre 54,20  $\mu\text{m}$  y 95,57  $\mu\text{m}$  comparados con los gránulos presentes en otras fuentes botánicas, se tiene una esfericidad similar salvo en el caso específico de la variedad Parda Pastusa con tendencias menos esféricas, su forma presenta muchas variaciones pero la más representativa en todas las muestras es la elipsoide.

El almidón de papa presenta una viscosidad alta en la formación de pastas más que otros almidones como el de maíz o el de yuca, esto muestra que es indicado en procesos donde se necesite utilizar como espesante resaltando que la variedad más apta para este tipo de operaciones es la variedad Ica Nariño. Los almidones de papa se pueden considerar de buena calidad teniendo en cuenta que en estos existen concentraciones muy bajas de otros compuestos como proteínas y fósforo. Debido a su bajo poder de hinchamiento e índice de absorción de agua del almidón frente al de otras fuentes botánicas como la yuca se puede afirmar el potencial uso en la fabricación de encolados para papel haciendo énfasis en que la variedad Parda Suprema presenta mayor potencial debido a su bajo índice de absorción de agua.

Existen diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades analizadas dependiendo de la variedad como la interacción almidón-agua más conocidas como funcionales incluyendo aquí la viscosidad de la pasta, poder de hinchamiento, índices de solubilidad en agua y absorción de agua, así como también algunas propiedades físicas como la esfericidad y el diámetro equivalente. También se puede afirmar que en propiedades como el rendimiento en la extracción de almidón varían dependiendo de la variedad al igual que el tamaño de los tubérculos de los cuales se extrajo el almidón. Además se puede afirmar que en las propiedades físicas analizadas como la gravedad específica de los tubérculos, la determinación del contenido de almidón a través de las formulas de Verma y Von Scheele y densidad de bulto no se encuentra diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos tanto en las variedades de papa utilizadas como en la selección por tamaño de los tubérculos.

Almidones como el de la variedad parda suprema son convenientes en la fabricación de encolados de papel debido a su bajo IAA y alta viscosidad lo que genera gran poder de adhesión, más baja retención de humedad y un mejor cubrimiento

El almidón de la variedad Ica Nariño debido a su alta viscosidad de la pasta y en general en todos los almidones de papa lo hace apto como agente de control ante la pérdida de viscosidad y fluidez

Debido al alto potencial y características especiales del almidón de papa es conveniente el uso de tubérculos de pequeñas en la extracción de almidón teniendo en cuenta su bajo costo frente a los tubérculos grandes y especialmente cuando en casos como el de la variedad Diacol Capiro y parda pastusa donde los tubérculos de pequeñas producen más almidón que otros de la misma variedad pero de mayor tamaño

El almidón de papa de la variedad parda pastusa y la variedad Diacol Capiro presentan cualidades para la fabricación de embutidos debido a su reducida temperatura de formación de la pasta, la variedad Capiro en particular posee alta viscosidad. Esta baja temperatura de formación de la pasta también los hace aptos para la fabricación de pasta biodegradable debido que esto permite un grado de transición vítrea sin desintegrar el gránulo.

Debido a su alto índice de solubilidad en agua el almidón de la variedad Ica Nariño es adecuado para la elaboración de almidón pregelatinizados y soluble indicado para la elaboración de sopas y postres instantáneos.

## RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el contenido de almidón en tubérculos de papa depende de factores genéticos así como de las condiciones geográficas donde se desarrolle el cultivo, se manifiesta la importancia de analizar a fondo la influencia de este último en la producción de almidón, esto permitiría establecer metodologías para estimar con mayor exactitud el contenido de almidón.

Se muestra necesario el análisis más detallado en la composición química del almidón en lo referente a contenido de amilosa y amilopectina para determinar de qué manera influyen estos componentes en propiedades como forma, tamaño, viscosidad, índice de solubilidad, poder de hinchamiento, etc.

Los gránulos de almidón sufren un determinado grado de hidratación reversible, se sugiere determinar de qué manera esta hidratación (humedad) interviene en algunas de sus propiedades como densidad, forma y tamaño de los gránulos de almidón.

En el proceso de extracción de almidón de papa también se produce algunos subproductos como el agua sobrenadante y el afrecho, es conveniente investigar los posibles usos para estos con el fin de aprovechar la totalidad del tubérculo.

La gravedad específica utilizada como método de estimación en el contenido de almidón y basada en datos experimentales debe adecuarse para distintas variedades y tamaños de tubérculos ya que este último también influye en la producción de almidón.

## BIBLIOGRAFÍA

Análisis histórico de precios mayoristas mensuales de papa Capiro en Pasto enero de 2002 a julio 2009 -[en línea], Agronet Colombia, [consultado 07/10/2009], disponible en internet en: [www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas](http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas)

ALARCÓN, Freddy, DUFOUR Dominique. Almidón agrio de yuca en Colombia, tomo I, producción y recomendaciones, Colombia: publicación CIAT N° 268 diciembre 1998.

ALLINGER Norman, CAVA Michael, JONG don C., JHONSON Carl, LEBEL Norman y STEVENS Calvin. Química Orgánica, segunda edición, Barcelona: Editorial Reverté, S. A, 1991, pág. 988

ALVARADO Juan De Dios, Métodos Para Medir Propiedades Físicas En Alimentos, México: Editorial Acribia S.A. pag: 103-110.1997

ALVIS Armando, VÉLEZ Carlos A., VILLADA Héctor S. y MENDOZA Maite. 2008. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Información Tecnológ.. Vol. 19. Pág: 19 – 28.

AMRITPAL K, et al. 2006. Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. Food Chemistry. Vol. 101. 643 – 651.

AMRITPAL K, et al. 2008. Properties of starches separated from potatoes stored under different conditions. Food Chemistry. Vol. 114. 1396 - 1404.

ARISTIZABAL Johanna y SÁNCHEZ Teresa, Guía Técnica Para La Producción Y Análisis De Almidón De Yuca, Boletín De Servicios Agrícolas FAO 163, 2007 pág. 33-73

BRANAN Carl ICA, soluciones prácticas para el ingeniero químico 2da edición, México: McGraw Hill 1999. 408 páginas.

ESPINAL Carlos Federico, MARTÍNEZ Héctor J. Cadena De La Papa, Una Mirada Global De Su Estructura Y Dinámica, En: documento de trabajo N° 54, ministerio de agricultura y desarrollo rural, Bogotá marzo de 2005, [consultado 08/10/2009], pág: 2.

ESPINOLA L., Manual De Laboratorio, Colombia: Universidad De Nariño. Pág: 9

FENNEMA, Owen, Química De Los Alimentos 2da edición, Zaragoza, España: 2000, 1258 p, Editorial Acribia S.A., ISBN: 84-200-0914-8 pág: 228,- 238

GARCÍA Hugo ICA, et al, Investigación Y Transferencia De Tecnología Sobre Calidad De Almidones, Azúcares Y Valorización Energética De Materiales De Papa [en línea]. Programa Nacional De Maquinaria Agrícola Y Postcosecha, Bogotá Colombia 2002. Pág: 9

GEANKOPLIS Christie J. Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias, 3ra edición. México: Compañía Editorial Continental, S.A. De C.V 1998, 1024 paginas. Pág.: 139

GÓMEZ Rosario y WONG David procesamiento de la papa [en línea], INDAGRO Revista Tecnológ., Lima Perú consultado [02/21/2008], disponible en: [www.Almidónes del peru.org](http://www.Almidónes del peru.org). pág. 13-18

HAWWANA, STROSHINE ICA, Physical Properties of Agricultura Material and Food Products, 180 páginas. Pág: 139

HAYES George, manual de datos para ingeniería de alimentos, editorial Acribia, S.A. Zaragoza España, 1992, ISBN: 84-200-0727-7 pág: 90

HERNANDEZ MEDINA Marilyn; et al., Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán,[en línea] México, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán.[consultado 12/10/09], disponible en internet en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_pdf&pid=S0101-20612008000300031&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0101-20612008000300031&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

I.S.M. ZAIDULI, et al. 2007. Correlation between the compositional and pasting II. Morpholog.I, thermal and rheolog.I properties of starches. Food Chemistry. Vol. 79.183 – 192.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), industria alimentaria: papa para medianas, clasificación. NTC 341. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. Pág. 2

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación., NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), Documentación, referencias bibliográficas para libros, folletos e informes, NTC 1160. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR, Tabla de composición de alimentos colombianos, ISBN 958-623-086-4 p .2005

Instrucciones De Manejo Axiostar Plus, Microscopio De Luz Transmitida, cap. 3-7 medición de longitudes, ZEISS, numero de las instrucciones de manejo: B 40-815 s, fecha de edición: 31/10/2003.

JASPREET S, et al. 2007. Low temperature post-harvest storage of New Zealand Taewa (Maori potato): Effects on starch physico-chemical and functional characteristics. Food Chemistry. Vol. 106. 583 – 596.

LINDEN Guy y LORIENT Denis, Bioquímica Agroindustrial, Revalorización Alimentaria De La Producción Agrícola. Zaragoza España: Ed. Acribia S.A 1996, ISBN: 84-200-0805-2, 428 páginas. Pág.: 284- 287

LOS GLÚCIDOS, [en línea], consultado [15/10/2009], disponible en internet en: [http://web.educastulcaprincast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2BCH/B1\\_BIOQUIMICA/t13\\_GLUCIDOS](http://web.educastulcaprincast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B1_BIOQUIMICA/t13_GLUCIDOS)

LOVEDEEP K, et al. 2007. Physico-chemical, rheolog.I and structural properties of fractionated potato starches. Journal of Food Engineering. Vol. 82. 383 – 394.

MAHYINUR Y, et al. 2002. Composition and properties of starches extracted from tubers of different potato varieties grown under the same environmental conditions. Food Chemistry. Vol. 82. 283 - 289

MANUALES DE PROCEDIMIENTO DE EQUIPOS, Viscometro Rotacional *Viscobasic Plus*, Colombia: SENA-CENTRO LOPE, PASTO 2008

McCABE Warren, SMITH Julián, y HARRIOT Peter, operaciones unitarias en ingeniería química 4ta edición, McGraw Hill/Interamericana de España, 1121 páginas. ISBN: 84-481-1918-5. Pág: 159, 830

McMURRY John, Química Orgánica, 5ta Edición Madrid: McGraw Hill, 1998. Pág. 1059

MEDINA Jorge Alberto, SALAS Juan Camilo, Caracterización morfológ. del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. Recibido 14 de septiembre de 2006, aprobado 2 de agosto de 2007, Revista de ingeniería, Vol.27, universidad de los andes, Bogotá Colombia, ISSN. 0121-4993 mayo 2008.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, Cálculos Observatorio De Cadenas [en línea], cadena productiva de la papa, Colombia 2003. DANE, SIPSA. [Consultado 03/09/2009], Disponible en internet en: <http://www.agrocadenas.gov.co/cadena> de la papa

PERRY Robert h., GREEN Don W., y MALONEY James., Manual Del Ingeniero Químico, 6ta Edición En Español, VI tomos España: McGraw Hill/Interamericana 2001. Sección 2-14

Q. LIU, et al. 2002. Physicochemical properties of starches during potato growth. Carbohydrate Polymers. Vol. 51. 213 – 221.

-----, 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. Food Chemistry. Vol. 105. 897 - 907.

ICAF. Tester, et al. 2005. Effects of storage temperatures and annealing conditions on the structure and properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch. *Biolog. Macromolecules*. Vol 39. 1 – 8.

RAMIREZ ACERO Ruth, química de alimentos, universidad nacional abierta y a distancia UNAD, Bogotá, Colombia 2005, 276 páginas. Pág: 21, 37, 131, 144, 145

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIOAMBIENTE DE NARIÑO, Consolidado Agropecuario, cultivos transitorios, papa, corporación Colombia internacional, pasto 2008. pág: 20.

SHARMA Shri, MULVANEY Steven, RIZVI Syed, Ingeniería De Alimentos, Operaciones Unitarias Y Prácticas De Laboratorio, ed. LIMUSA, ISBN: 958-18-6203-1, 348 p.

TAKAHIRO, Noda, et al. 2003. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. *Food Chemistry*. v86. 119 – 125.

TAKAHIRO, Noda, et al. 2005. Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small, and extremely small potato starch granules. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 60. 245 – 251.

TAKAHIRO, Noda, et al. 2006. Starch phosphorus content in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars and its effect on other starch properties. *Carbohydrate Polymers*. v68. 793 – 796.

THOMPSON, A.K. (A. KEITH). Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. Armenia, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1998, (Serie de publicaciones del Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido) ISBN: 958-9401-16-3. 292 p. pág.: 86, 222

USOS Y PROCESOS PRODUCTIVOS DE ALMIDÓN DE PAPA, [en línea], disponible en internet en [www.almidones.org](http://www.almidones.org), consultado [26/01/2009]

WHEATLEY Christopher, et al., Métodos para agregar valor a raíces y tubérculos alimenticios, manual para el desarrollo de productos, centro internacional de agricultura tropical, Cali Colombia 1997 (publicación CIAT N° 269). ISBN 958-9439-89-6. Pág: 8.

WITTCOF, productos químicos orgánicos industriales vol.1, materias primas y fabricación, México: ed. LIMUSA S.A 1993, ISBN: 968-18-1882-2. Pág.: 168

WITTCOF, productos químicos orgánicos industriales vol. 2, tecnología fabricación y usos, México: ed. LIMUSA S.A 2002, ISBN: 968-18-2047-9, pág.: 203

## Anexos

### Anexo A. Analisis proximal



Universidad de Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCIÓN DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA



Fecha recepción: DD MM AA 08	Fecha reporte: DD MM 11 AA 08
Muestra : Almidón de Papa. Variedad Ica Nariño	Código: 6571
Muestra : Almidón de Papa. Variedad Parda Suprema	Código: 6572
Procedencia: Pasto. Centros de Acopio	
Análisis : Proximal, Fósforo	
Solicitante: Jorge Armando Juajinoy	

ANÁLISIS	METODOLOGÍA	UNIDAD	6571 Almidón Papa. Ica Nariño		6572 Almidón Papa. Parda	
			B.P.S.	B.S.	B.P.S.	B.S.
Humedad		%	4,74		10,57	
Materia seca	Secado estufa	%	95,26		89,43	
Ceniza	Incineración mufla	%	0,38	0,40	0,47	0,53
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	%	0,09	0,09	0,04	0,04
Fibra cruda	Digestión ácida-básica	%	0,42	0,44	0,25	0,28
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	%	0,92	0,96	0,92	1,03
E.N.N.		%	93,45	98,10	87,76	98,12
F.D.N.	Van Soest	%				
F.D.A.	Van Soest	%				
Lignina	Van Soest	%				
Celulosa	Van Soest	%				
Hemicelulosa	Van Soest	%				
Energía	Bomba calorimétrica	Kcal/100g				
Nitrógeno	Kjeldahl	%	0,15	0,15	0,15	0,16
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	%	0,07	0,08	0,09	0,11
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	%				
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				

*Gloria Sandra Espinosa Narváez*  
Gloria Sandra Espinosa Narváez  
Tec. Quim. Lab. Bromatología



Universidad de Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCIÓN DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA



Fecha recepción: DD 20 MM 10 AA 08	Fecha reporte: DD 08 MM 11 AA 08
Muestra : Almidón de Papa. Variedad Diacol Capiro	Código: 6573
Muestra : Almidón de Papa. Variedad Pastusa	Código: 6574
Procedencia: Pasto. Centros de Acopio	
Análisis : Proximal, Fósforo	
Solicitante: Jorge Armando Juajinoy	

ANÁLISIS	METODOLOGÍA	UNIDAD	6573 Almidón Papa. Diacol Cap		6574 Almidón Papa. Pastusa	
			B.P.S.	B.S.	B.P.S.	B.S.
Humedad		%	3,69		5,00	
Materia seca	Secado estufa	%	96,31		95,00	
Ceniza	Incineración mufla	%	0,32	0,33	0,38	0,40
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	%	0,00	0,00	0,31	0,33
Fibra cruda	Digestión ácida-básica	%	0,55	0,57	0,65	0,68
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	%	1,01	1,04	0,35	0,37
E.N.N.		%	94,43	98,05	93,31	98,22
F.D.N.	Van Soest	%				
F.D.A.	Van Soest	%				
Lignina	Van Soest	%				
Celulosa	Van Soest	%				
Hemicelulosa	Van Soest	%				
Energía	Bomba calorimétrica	Kcal/100g				
Nitrógeno	Kjeldahl	%	0,16	0,17	0,06	0,06
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	%	0,06	0,06	0,06	0,07
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	%				
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	%				
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	mg/Kg				

*Gloria Sandra Espinosa Narváez*  
Gloria Sandra Espinosa Narváez  
Tec. Quim. Lab. Bromatología

## Anexo B. Balance de materia: productos

### Variedad parda pastusa

almidón			promedio	ds	%		
858,5	786,6	863,97	836,36	43,18	16,73	medianas	parda pastusa
668,95	676,65	659,72	668,44	8,48	13,37	pequeñas	
agua			promedio	ds	%		
46,7	46,86	46,86	46,81	0,09	0,94	medianas	
48,56	46,23	45,86	46,88	1,46	0,94	pequeñas	
afrecho			promedio	ds	%		
351,36	348,2	356,45	352,00	4,16	7,04	medianas	
452,31	445,16	467,54	455,00	11,43	9,10	pequeñas	

### Variedad Diacol Capiro

almidón			promedio	ds	%		
461,25	458,08	462,1	460,48	2,12	9,21	medianas	Diacol Capiro
623,18	608,87	675,84	635,96	35,27	12,72	pequeñas	
agua			promedio	ds	%		
45,7	47,82	46,88	46,80	1,06	0,94	medianas	
48,96	45,77	45,86	46,86	1,82	0,94	pequeñas	
afrecho			promedio	ds	%		
709,85	742,35	740,82	731,01	18,34	14,62	medianas	
497,02	525	516,98	513,00	14,41	10,26	pequeñas	

### Variedad parda suprema

almidón			promedio	ds	%		
320,56	326,82	341,73	329,70	10,88	6,59	medianas	parda suprema
473,35	466,72	555,64	498,57	49,54	9,97	pequeñas	
agua			promedio	ds	%		
45,86	47,72	46,86	46,81	0,93	0,94	medianas	
49	45,77	45,86	46,88	1,84	0,94	pequeñas	
afrecho			promedio	ds	%		
852,5	846,6	880,62	859,91	18,18	17,20	medianas	
632,56	633	617,36	627,64	8,91	12,55	pequeñas	

### Variedad roja Nariño

almidón			promedio	ds	%		
538,6	545,07	566,32	550,00	14,50	11,00	medianas	roja nariño
445,5	453,32	480,41	459,74	18,32	9,19	pequeñas	
agua			promedio	ds	%		
47,86	47,73	44,86	46,82	1,70	0,94	medianas	
48,76	46	45,86	46,87	1,64	0,94	pequeñas	
afrecho			promedio	ds	%		
637,5	637,89	622,95	632,78	8,52	12,66	medianas	
682,56	673,28	646,36	667,40	18,80	13,35	pequeñas	

**Anexo C. lectura complementaria: propiedades de flujo de alimentos en polvo, HAYES George, manual de datos para ingeniería de alimentos, editorial Acibia, S.A. Zaragoza España, 1992**

**3.8.4 Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo**

Uno de los métodos estándar de ensayo de las mezclas de partículas sólidas implica el cálculo del «cociente de Hausner», definido como la relación entre su densidad a granel sin aplicar ninguna maniobra compactadora y la densidad a granel tras compactar el polvo por golpeo del recipiente que lo contiene. Representa un índice de su facilidad de flujo.

$$\text{Cociente de Hausner} = \frac{\text{Densidad a granel del producto compactado}}{\text{Densidad a granel sin compactar}} \times \frac{\text{Volumen sin compactar}}{\text{Volumen del producto compactado}}$$

<i>Cociente de Hausner</i>	<i>Tipo de flujo</i>
1,0-1,1	Libre
1,1-1,25	Intermedio
1,25-1,4	Difícil
> 1,4	Muy difícil

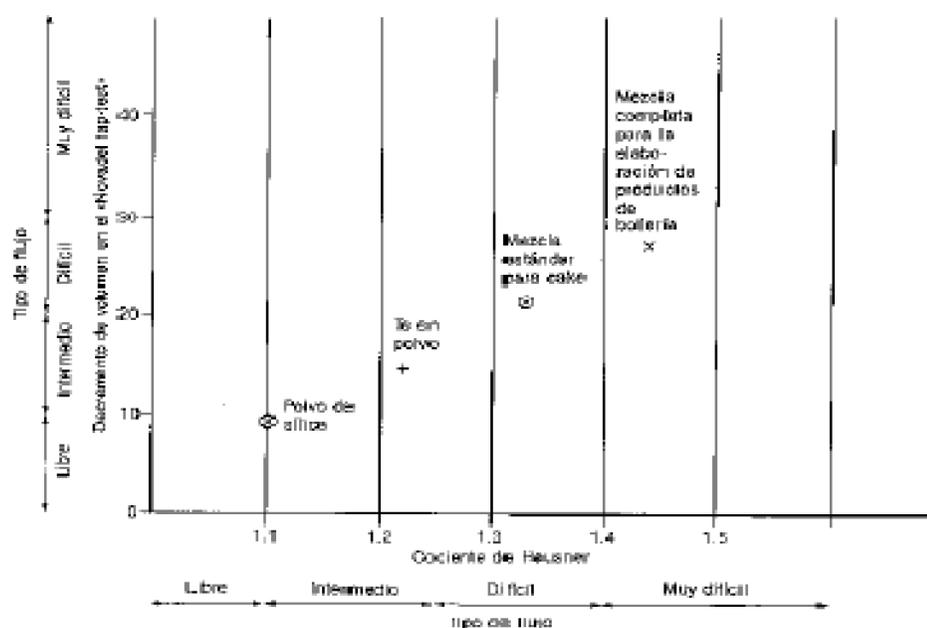
Para determinar el volumen sin compactar se coloca el producto a ensayar en una probeta que, una vez tapada, se invierte varias veces, midiéndose el volumen y anotando el valor promedio.

Una técnica similar utilizada para valorar las propiedades de flujo de los alimentos en polvo implica el cálculo del índice de fluencia utilizando el «Novadel Tap Test», para lo cual se coloca la probeta que contiene el producto sobre una «Englesman Tapping Machine» programada para dar 70 golpes. Terminada la operación, se expresa el decremento de volumen en tanto por ciento.

<i>Decremento de volumen</i>	<i>Tipo de flujo</i>
< 10 %	Flujo libre
10-20 %	Flujo intermedio-pegajoso
20-35 %	Flujo difícil
> 35 %	Flujo muy difícil

Una combinación gráfica de los dos métodos permite una estimación más fidedigna de las propiedades de flujo del polvo. En la página siguiente se ilustra esta técnica y se dan algunos cocientes de Hausner típicos.

*Comparación y combinación de los ensayos de las propiedades de flujo*



*Cocientes típicos de Hausner y resultados del «Novadel Tap-Test»*

Producto	Densidad del producto compactado	Novadel Tap Test	Cociente de Hausner
Mezcla completa para productos de bollería	-	27	1.43
Fosfato cálcico	1.0	12.5	1.72
Harina de soja desengrasada	0.487	24	1.85
Monoesterato de glicerol	0.551	21	1.67
Oxido de magnesio	2.041	12	1.2
Harina maltada	0.656	20	1.33
Metilcelulosa	0.546	9	1.18
Peróxido de benzoilo	1.436	11	1.51
Té en polvo	0.732	14	1.22
Mezcla estándar para cake	-	22	1.33
Polvo de sílice (control)	-	9	1.10
Preparado de vitamina C	0.766	12	1.15
Preparado vitamínico (riboflavina)	0.654	20	1.35

## Anexo D. Matriz de resultados

TAMAÑO	VARIEDAD	REP	GE	% DE VERMA	% DE VON	CH	RENDIM	IAA	ISA	PH	VISCOSIDAD	ESFERICIDA	DBF	DBA	DE	DA
MEDIANAS	PPASTUSA	1	1,11	20,48	20,05	17,12	9,36	6,48	8,71	139080,00	0,58	0,57	0,94	78,44	0,76	
MEDIANAS	PPASTUSA	2	1,10	17,53	16,81	16,67	8,96	9,54	8,38	122877,00	0,51	0,57	0,95	98,54	0,76	
MEDIANAS	PPASTUSA	3	1,08	15,11	14,16	16,41	8,78	2,22	7,96	128625,00	0,57	0,57	0,93	109,73	0,75	
MEDIANAS	DCAPIRO	1	1,10	18,37	17,74	9,72	12,60	16,33	12,56	179734,00	0,79	0,56	0,92	41,37	0,74	
MEDIANAS	DCAPIRO	2	1,09	16,61	15,81	9,11	14,16	17,82	14,22	167128,00	0,71	0,57	0,92	52,19	0,75	
MEDIANAS	DCAPIRO	3	1,08	14,80	13,82	8,80	13,00	19,65	13,14	172380,00	0,76	0,57	0,90	46,70	0,74	
MEDIANAS	PSUPREMA	1	1,10	18,43	17,77	6,78	7,43	10,12	6,97	118963,00	0,68	0,59	1,36	55,43	0,98	
MEDIANAS	PSUPREMA	2	1,09	16,61	15,81	6,60	8,49	7,92	7,89	131500,00	0,68	0,59	1,36	56,51	0,98	
MEDIANAS	PSUPREMA	3	1,08	14,80	13,82	6,40	7,16	8,57	6,69	121512,00	0,74	0,57	1,40	57,25	0,99	
MEDIANAS	RNARIÑO	1	1,09	17,21	16,47	11,26	15,70	62,76	24,18	172972,00	0,74	0,57	0,90	72,82	0,73	
MEDIANAS	RNARIÑO	2	1,08	15,44	14,52	11,00	15,00	53,69	20,57	172195,00	0,72	0,57	0,92	78,21	0,75	
MEDIANAS	RNARIÑO	3	1,07	12,56	11,37	10,80	15,38	45,42	19,83	168123,00	0,75	0,57	0,90	66,52	0,74	
PEQUEÑAS	PPASTUSA	1	1,10	18,25	17,60	13,50	8,87	4,55	8,16	132609,16	0,58	0,55	0,94	78,44	0,74	
PEQUEÑAS	PPASTUSA	2	1,09	16,57	15,77	13,40	8,54	4,39	7,84	130337,84	0,66	0,59	0,94	78,54	0,76	
PEQUEÑAS	PPASTUSA	3	1,08	14,80	13,82	13,20	8,93	6,46	8,27	133051,14	0,55	0,58	0,94	84,40	0,76	
PEQUEÑAS	DCAPIRO	1	1,12	22,46	22,22	13,05	11,80	19,95	11,96	152805,47	0,71	0,58	0,92	52,19	0,75	
PEQUEÑAS	DCAPIRO	2	1,10	18,61	18,00	12,60	12,50	21,78	12,90	157599,79	0,71	0,57	0,90	43,85	0,73	
PEQUEÑAS	DCAPIRO	3	1,08	14,07	13,03	12,51	12,39	16,69	12,37	156857,01	0,76	0,56	0,92	43,52	0,74	
PEQUEÑAS	PSUPREMA	1	1,10	18,50	17,88	10,40	7,73	7,36	7,19	124782,32	0,74	0,58	1,40	59,35	0,99	
PEQUEÑAS	PSUPREMA	2	1,09	16,61	15,81	9,91	7,05	9,68	6,61	120116,91	0,74	0,58	1,42	45,79	1,00	
PEQUEÑAS	PSUPREMA	3	1,08	14,80	13,82	9,60	6,84	7,73	6,34	118692,73	0,71	0,58	1,38	57,46	0,98	
PEQUEÑAS	RNARIÑO	1	1,10	18,43	17,80	9,28	13,98	62,76	22,08	167740,92	0,70	0,58	0,91	67,92	0,75	
PEQUEÑAS	RNARIÑO	2	1,09	16,61	15,81	9,10	15,04	46,93	19,70	175064,38	0,78	0,57	0,91	72,51	0,74	
PEQUEÑAS	RNARIÑO	3	1,08	14,80	13,82	9,20	14,39	67,51	21,86	170558,58	0,73	0,55	0,91	73,57	0,73	