



MINISTERIO DE AGRICULTURA



INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA SOBRE CALIDAD DE ALMIDONES,  
AZÚCARES Y VALORACIÓN ENERGÉTICA DE MATERIALES DE PAPA

Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha

I.A. M.Sc Hugo R. García B.

Bacterióloga M. Sc. Clemencia Gómez E.

I. Q. Sonia Robles

L. Q. Cecilia Delgado

BOGOTA, Junio 30 DE 2002

## RESUMEN

En el proyecto se establecieron como metas: la dotación y adecuación del laboratorio para el estudio y análisis de materiales de papa y la implementación de metodologías estandarizadas para la evaluación de parámetros industriales, tales como contenido de almidón por vía húmeda y por vía enzimática, azúcares totales y reductores, poder energético además de valoraciones fisicoquímicas como acidez, color, pH, materia seca y actividad acuosa. A través de dichas metodologías se busca proponer criterios objetivos y científicos que contribuya al análisis de calidad industrial de materiales de papa pues actualmente se manejan criterios subjetivos para la selección de materia prima.

Dentro de los parámetros analizados se establecieron correlaciones que permiten evaluar la calidad industrial de las diferentes variedades. El análisis estadístico corrobora la relación significativa entre las variables analizadas, así el tamaño, el número de papas por kilogramo, el contenido de materia seca, el contenido de almidón y el poder energético presentan una alta correlación para los diferentes tamaños y variedades seleccionadas. También se observa una correlación negativa entre el contenido de almidón y la actividad acuosa de los tubérculos, es así como en materiales de preferencia industrial como son Capiro y Monserrate, los cuales presentan un alto contenido de almidón, muestran una baja actividad acuosa. La variedad que presenta mayor estabilidad, a pesar del tiempo de cosecha es Monserrate, como se aprecia en la curva de azúcares reductores con respecto a los diferentes tamaños, mientras que en las demás se observa un cambio significativo entre tamaños. En el desarrollo del proyecto la determinación de azúcares reductores y totales, se trabajó con una metodología extensa, pero que resulta confiable y reproducible, como lo indica los análisis de desviación y coeficiente de variación. La determinación de otras propiedades fisicoquímicas tales como, pH, acidez, actividad de agua y color, de gran practicidad en su determinación, nos brindan información acerca de la calidad del tubérculo y de las condiciones necesarias para su almacenamiento.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La producción de tubérculos para comercialización es de gran importancia si se tiene en cuenta que el incremento de la demanda de la papa por la agroindustria nacional está creciendo y representa un consumo actual de cerca del 13.7% de la producción nacional. Además, desde 1990 las exportaciones de papa, principalmente fresca han cobrado importancia, con un incremento entre los años 1990 y 1993.

En Colombia se procesan alrededor de 170 a 250 mil toneladas de papas anualmente, la mayoría son empleadas para producir papas fritas en hojuelas y papas a la francesa. Esta cantidad de tubérculos representa un 10 a 12 % de la producción colombiana anual de papa.

Según un estudio llevado a cabo por FEDEPAPA, las industrias más grandes en Colombia procesan diariamente alrededor de 250 toneladas de papa, las medianas entre 60 y 150 toneladas y las pequeñas industrias un promedio de 15 toneladas al día. Las industrias de nivel casero o semi-industrial procesan menos de 6 toneladas diarias.

Vale la pena distinguir entre calidad interna y externa en la papa, los cuales son factores que influyen decisivamente en la capacidad de elaboración de un producto y en la economía de producción (1).

La calidad interna está determinada por la composición química, que es uno de los factores más utilizados para la clasificación y compra de variedades para procesamiento. Adicionalmente, la industria procesadora tiene en cuenta la tendencia al pardeamiento de las hojuelas y bastones al ser freídos. En este sentido para la industria, la principal característica exigida para la papa es el bajo contenido de azúcares reductores, que son los causantes del pardeamiento de la papa al freirla. Debido a la reacción que ocurre entre los grupos reducidos de los azúcares y el grupo amino de los aminoácidos, conocida como la reacción de Maillard.

Los niveles de azúcares dependen de la variedad y de la temperatura de almacenamiento. Usualmente las condiciones de almacenamiento resultan en un adecuado bajo nivel de azúcar. Si las papas han estado en una bodega refrigerada, el nivel de azúcares reductores será muy alto. Estos altos niveles pueden reducirse mediante almacenamiento de 15 °C a 20 °C por 2 a 4 semanas.

**TABLA N° 1. Rangos de composición y cantidades diarias recomendadas en U.S. para adultos “USRDA” de papas frescas recién cosechadas.**

	Por 150 g de papa fresca	Porcentaje USRDA
Ceniza, g	1,18 – 1,68	-
Fibra cruda	0,549 – 0,938	-
Proteína, g	2,523 – 3,617	3,88 – 5,56
Acido ascórbico, mg	33,95 – 54,15	56,58 – 90,25
Tiamina, mg	0,090 – 0,149	6,00 – 9,93
Riboflavina, mg	0,047 – 0,117	2,76 – 6,88
Niacina, mg	1,77 – 3,20	8,85 – 16,00
Acido fólico, µg	13,65 – 32,51	3,41 – 8,13
Vitamina B <sub>6</sub> , mg	0,185 – 0,362	9,25 – 18,10
Sodio, g	0,003 – 0,025	-
Potasio, g	0,306 – 1,352	-
Calcio, g	0,0039 – 0,0252	0,39 – 2,52
Magnesio, g	0,026 – 0,365	6,50 – 9,13
Fósforo, g	0,047 – 0,098	4,7 – 9,8
Hierro, mg	0,414 – 2,106	2,3 – 11,70
Zinc, mg	0,470 – 0,696	3,13 – 4,64
Cobre, mg	0,131 – 0,492	6,55 – 24,60
Yodo, mg	0,015 – 0,053	10,0 – 35,33
Manganeso, mg	0,215 – 1,047	-
Molibdeno, mg	0,011 – 0,279	-
Selenio, mg	0,003 – 0,018	-
Aluminio, mg	0,452 – 1,370	-
Boro, mg	0,138 – 0,254	-

Tomado de: J. Augustin; J. DeMoura; M. Fereday; S. Jouhson; J. M. Hogan; R. H. True; R. L. Shaw, and P. Orr (1977). Nutrient Composition of the Irish Potato. Final Proyect Report to Potato Board, Denver, Colorado, USA.

Generar un producto de papa procesado satisfactoriamente requiere el conocimiento de los componentes de la materia prima. El tubérculo de papa está compuesto de muchas sustancias, algunas de mayor y otras de menor importancia para el procesamiento. Entre sus componentes se destacan:

**Materia seca.** Este es el material que permanece después de remover toda el agua de la papa. Es importante ya que afecta el rendimiento del producto procesado y la economía del procesamiento. Incluidos en la materia seca están los siguientes componentes:

Importantes para calidad de productos procesados:

- Carbohidratos (almidón, azúcares, celulosa, pectinas).
- Compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos, enzimas).
- Glicoalcaloides
- Compuestos decolorantes (oscurecimiento después de la cocción y pardeamiento no enzimático).

De menor importancia para calidad de productos procesados:

- Vitaminas, minerales, ácidos orgánicos y lípidos.

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar metodologías para el acondicionamiento y transformación de materiales de papa con el fin de integrarlos a la cadena productiva.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer metodologías estandarizadas para la determinación de características fisicoquímicas de materiales de papa.
- Evaluar parámetros de calidad industrial como el contenido de almidón, azúcares y poder energético en diferentes variedades de papa.

## IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS

El proyecto se desarrolló en el laboratorio de Poscosecha del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Poscosecha, utilizando material suministrado por el Grupo Agrícola de la Regional Uno, C.I. Tibaitatá, de CORPOICA.

Para el desarrollo y establecimiento de las metodologías propuestas se partió de diferentes materiales de papa, los cuales fueron seleccionados por tamaño. En la realización de los ensayos se plantearon 3 repeticiones por cada variable, pero para el caso de extracción de azúcares y extracción enzimática de almidón se llevaron a cabo 2 repeticiones.

Las variables y metodologías planteadas para la ejecución del proyecto son las siguientes:

**TABLA No. 2. Metodologías seleccionadas por variable.**

VARIABLE	METODOLOGÍA
Clasificación por tamaño y determinación del número de papas por kilogramo	NTC 341 Adaptada.
Color	Colorímetro
Actividad acuosa	Equipo Novasina
Acidez	A.O.A.C. 31.231/84, 942.15/90 Adaptado
PH	A.O.A.C. 10.041/84 Adaptado
Materia seca	ISO 1666
Extracción de almidón por vía húmeda	International Starch Institute.
Azúcares reductores y totales	Somogyi-Nelson
Extracción de almidón por vía enzimática	J. AGRIC. FOOD CHEM, 1991, 39, 2-11
Poder energético.	Bomba calorimétrica

El número de papas por kilogramo es una variable que incide en el diseño de los sistemas de almacenamiento y transporte del material, al igual el tamaño resulta ser una variable importante ya que además de determinar los diferentes usos industriales del material, permite realizar estudios sobre el manejo de poscosecha, almacenamiento y transporte entre otros.

Normalmente el contenido de materia seca determina el rendimiento del producto terminado. Así por ejemplo, aumenta el rendimiento de las hojuelas por menores pérdidas cuantitativas de evaporación de agua, mientras disminuye la retención de aceite en la fritura. Esto es importante tanto para la economía como para la nutrición fisiológica. El contenido ideal es de 25 % en el caso de papas fritas referidas a materia fresca, que en caso contrario dejarían de ser comerciales (1). Las exigencias de la industria procesadora por variedades con alto contenido de almidón son consecuencia fundamental de su aplicación en industrias productoras de almidón, o por su relación directa con el contenido de materia seca (1).

Las exigencias de la industria procesadora por variedades con alto contenido de almidón son consecuencia fundamental de su aplicación en industrias productoras de almidón, o por su relación directa con el contenido de materia seca (1).

La metodología implementada para determinar azúcares reductores se basó en los estudios preliminares realizados en materiales de papa (14), a la cual se le implementaron modificaciones tales como: Tratamiento de la harina de papa con nitrógeno líquido con el propósito de detener los procesos metabólicos y garantizar la ruptura de la pared celular para liberar los gránulos de almidón que posteriormente serán hidrolizados y cuantificados. Los azúcares totales incluyen los no reductores (disacáridos como sacarosa) y los reductores (monosacáridos como glucosa y fructosa); mientras que los azúcares libres son los mismos reductores. Estos dos tipos de azúcares son los que están

presentes en el tubérculo cosechado junto con el almidón y lo que se busca a través de esta metodología es separarlos de este último para no sobreestimar la proporción de este posteriormente.

Los azúcares reductores tienen una influencia significativa en la elaboración de productos fritos, porque influyen directamente en la formación del color y el sabor de los mismos. Si su contenido es alto, aparece un producto con color marrón oscuro y sabor amargo. Por eso la industria requiere de variedades con bajos contenidos en azúcares reductores: inferiores al 0,1% del peso fresco es ideal para la producción de hojuelas y más alto del 0,33% es inaceptable (1).

Las propiedades del almidón dependen en gran parte de condiciones agrícolas y botánicas así como de la variedad, fertilizantes, distancia de plantación, tiempo de cosecha y clima. Cerca del 95 % del almidón en papa es recuperado para procesamiento comercial. Sin embargo en el laboratorio la escala de producción es mucho menor, por ejemplo 50 a 60 %, es considerada usualmente satisfactoria. Una papa para almidón puede contener 16 % o más de almidón y de 1 Kg de papas se espera una producción de 80 a 100 g de almidón (en base seca).

La digestión enzimática es un método preferido para la cuantificación del almidón, porque, en teoría las enzimas degradan el almidón purificado, las enzimas son las más específicas para el almidón y pueden producir valores de la más alta exactitud. Sin embargo la efectividad y exactitud de los métodos enzimáticos puede ser comprometida por compuestos de la planta que interfieren con el análisis y por contaminación con otras enzimas. Las sustancias son la mayor interferencia, tales como compuestos fenólicos y los lípidos, que pueden ser removidos fácilmente por extracción del tejido con alcohol o una mezcla de metanol, cloroformo y agua, previa a la hidrólisis enzimática. La pureza de las enzimas comerciales es un problema crítico ya que las preparaciones con frecuencia están contaminadas por otras enzimas (celulasa y hemicelulasa) las cuales pueden producir grandes sobreestimaciones en almidón.

En la determinación del contenido de almidón por el método enzimático se parte de la muestra de harina sobre la que se lleva a cabo una extracción con etanol para remover los azúcares libres y otros compuestos interferentes; luego el residuo de la extracción se sumerge en etanol caliente para gelatinizar el almidón y se adiciona una mezcla de las enzimas  $\alpha$ -Amilasa y Amiloglucosidasa (AMG) para hidrolizar el almidón; finalmente se efectúa el análisis colorimétrico a través del método de Somogyi-Nelson.

El color referido a la papa fresca es una variable que recientemente ha cobrado importancia para la selección de material, ya que ahora se cuenta con equipos que permiten evaluar objetivamente este parámetro a través de una escala de color continua, como es el caso de la escala Hunter, en la cual se basa el colorímetro disponible en el laboratorio de poscosecha, aplicable a diversos materiales tanto biológicos como sintéticos.

La actividad acuosa es un parámetro de fácil y rápida medición, a través del cual se pueden establecer las condiciones óptimas de almacenamiento. Esta variable incide en la estabilidad del material, y se refiere al agua disponible para interactuar con el ambiente. Por su parte, la acidez de un alimento influye en la susceptibilidad a ser atacado por microorganismos.

El poder energético hace referencia al aporte calórico de un alimento, el cual es un dato importante que le permite al consumidor ajustar su dieta alimenticia; erróneamente se considera la papa como un alimento que aporta un alto contenido de calorías pero como lo comprueban los resultados experimentales esta podría reagruparse, desde el punto de vista nutricional, como un vegetal (2).

El poder energético o energía bruta es la cantidad de calor que se libera cuando se oxida completamente una sustancia en un calorímetro de bomba a 30 atmósferas de presión de oxígeno.

El conocimiento del poder energético de los alimentos es importante, no sólo desde el punto de vista científico, sino también comercial. Actualmente, las etiquetas de muchos alimentos indican el valor calórico de sus ingredientes como un requerimiento nutricional.

El calor de combustión de un producto puro, como la sacarosa o un triglicérido, puede determinarse por los cálculos termoquímicos usuales. Experimentalmente, el poder energético de cualquier alimento se obtiene con la bomba calorimétrica.

## RESULTADOS

El porcentaje de materia seca oscila entre 18 y 24 % y el análisis de correlación de esta variable con respecto a las demás (N° de papas por kilogramo, extracción de almidón por vía húmeda, poder energético, pH, acidez y actividad acuosa) (tabla N° 3), nos indica una alta correlación entre materia seca, el contenido de almidón y el

poder energético. Los industriales al conocer el contenido de materia seca del tubérculo predicen el contenido de almidón por lo que se constituyen como parámetros de calidad industrial. En el presente estudio, además de la correlación entre materia seca y el contenido de almidón se presenta una correlación de estas con el poder energético, puesto que a mayor contenido de materia seca, mayor es el contenido de almidón y por ende mayor el aporte calórico del tubérculo.

La materia seca no tiene una variación con respecto al tamaño del material, como lo indica el análisis estadístico mediante la prueba Duncan, sin embargo para la variedad Capiro se observa una variación según lo muestra la gráfica de esta variable con respecto al tamaño.

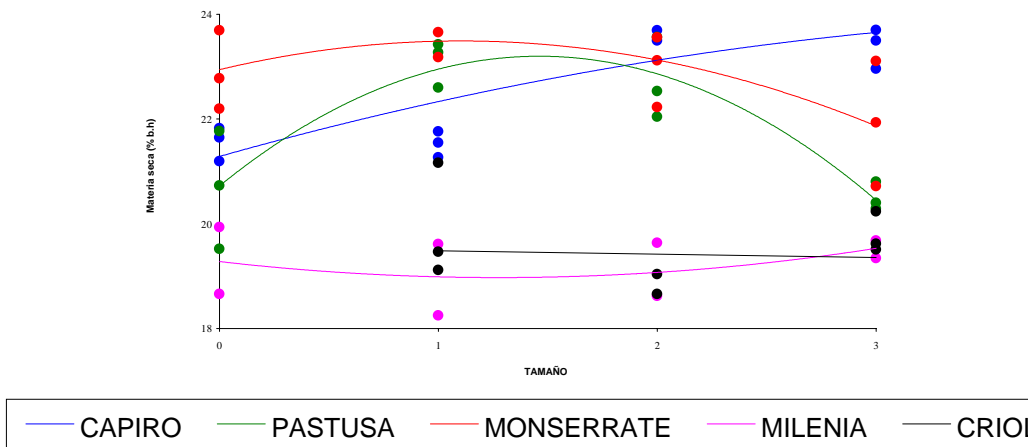
**TABLA No. 3 CORRELACIONES ENTRE VARIABLE**

		TAMAÑO	PAPASXK	MATS	EXALM	PENERGE	PH	ACIDE	AACUOSA
TAMAÑO	Correlaci	1	,685(**)	-,013	,007	,070	-,030	-,177	-,049
	Sig.	,	,000	,925	,960	,605	,822	,189	,715
	N	60	57	57	57	57	57	57	57
PAPASXK G	Correlaci	,685(**)	1	-,255	-,141	-,187	,154	-,319(*)	-,193
	Sig.	,000	,	,056	,295	,164	,252	,016	,150
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
MATSECA	Correlaci	-,013	-,255	1	,719(**)	,956(**)	,383(**)	,146	-,414(**)
	Sig.	,925	,056	,	,000	,000	,003	,278	,001
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
EXALMHU M	Correlaci	,007	-,141	,719(*)	1	,759(**)	,369(**)	,110	-,565(**)
	Sig.	,960	,295	,000	,	,000	,005	,414	,000
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
PENERGE T	Correlaci	,070	-,187	,956(*)	,759(**)	1	,371(**)	,089	-,381(**)
	Sig.	,605	,164	,000	,000	,	,004	,509	,003
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
PH	Correlaci	-,030	,154	,383(*)	,369(**)	,371(**)	1	-,220	-,622(**)
	Sig.	,822	,252	,003	,005	,004	,	,100	,000
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
ACIDEZ	Correlaci	-,177	-,319(*)	,146	,110	,089	-,220	1	,054
	Sig.	,189	,016	,278	,414	,509	,100	,	,688
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
ACUOSA	Correlaci	-,049	-,193	-	-,565(**)	-,381(**)	-	,054	1
	Sig.	,715	,150	,001	,000	,003	,000	,688	,
	N	57	57	57	57	57	57	57	57
** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).									
* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).									

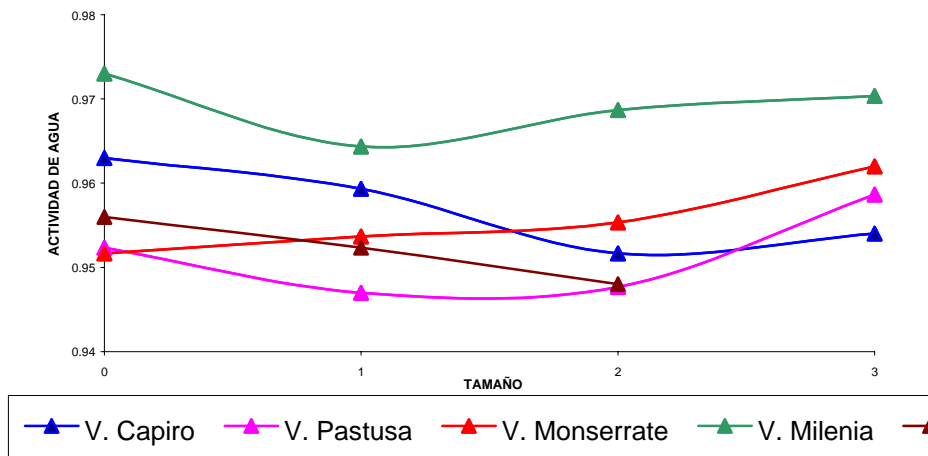
La tendencia del contenido de materia seca no es uniforme para las variedades analizadas, lo que nos permite establecer que esta variable es importante para la clasificación de materiales a nivel industrial (figura N° 1).

Es significativa la correlación negativa entre el contenido de almidón y la actividad acuosa de los tubérculos, como lo señala el análisis de correlación entre las diferentes variables analizadas (ver tabla N° 3) lo cual corrobora el hecho de que los materiales de preferencia industrial como son Capiro y Monserrate, por su alto contenido de almidón en el presente estudio muestren una baja actividad acuosa (figura N° 2).

**FIGURA N°1. Materia seca obtenida para 5 variedades de papa.**

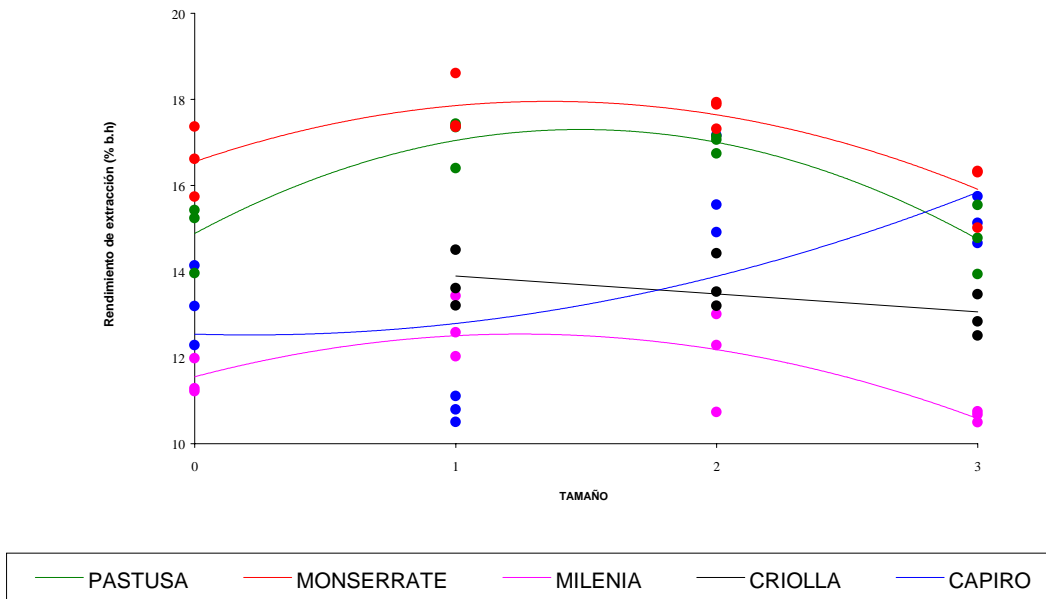


**FIGURA No.2. Variación de la Actividad de Agua con la Variedad**



El porcentaje de almidón obtenido por extracción oscila entre 10 y 18 % en base húmeda (b.h). Con relación a la extracción de almidón es notable el caso de Monserrate, la cual presenta los más altos contenidos de almidón, como se observa en la Figura N° 3 y se corrobora a través de la prueba Duncan de esta variable con respecto a las diferentes variedades de tubérculos. Además se observa que en las variedades industriales los contenidos más altos de almidón se presentan en los tamaños intermedios, que son los que más predominan en un muestreo y que a la vez no requieren uniformidad del material para la extracción.

**FIGURA N° 3. Extracción de almidón por vía húmeda para 5 variedades de papa**



El análisis estadístico mediante la prueba Duncan de esta variable con respecto al tamaño, señala que en el tamaño 2 se presenta el mayor contenido de almidón para las diferentes variedades. En este sentido a diferencia de la materia seca para la cual no se establecen diferencias con respecto al tamaño, en el contenido de almidón se identifica una marcada diferencia entre los tamaños 0, 1 y 3 y el tamaño 2, con el mayor contenido de almidón para las diferentes variedades analizadas. Sin embargo analizando la gráfica de extracción de almidón vs tamaño se encuentra un comportamiento similar en todas las variedades excepto para Capiro, en la cual se observa que en los tamaños 2 y 3 se presenta un marcado aumento del contenido de almidón, este hecho permite explicar el resultado del análisis estadístico.

Mediante análisis estadístico se observa que a través del método de extracción enzimática se verifica de nuevo que Monserrate es la variedad con mayor contenido de almidón.

Al comparar los datos obtenidos de azúcares directos y de almidón extraído enzimáticamente se observa en las muestras de Criolla que los datos son complementarios, ya que los azúcares directos aumentan con la disminución del tamaño y en almidón ocurre lo contrario. Estos resultados demuestran la influencia del tiempo de cosecha en los parámetros de calidad industrial; siendo este el punto de partida para generar un proyecto global que involucre entre otros: factores genéticos, de procedencia y de condiciones de cultivo de los materiales.

De acuerdo al análisis de correlaciones entre las variables de azúcares totales y reductores, se observa que entre estos hay una correlación significativa. Para los azúcares totales y reductores, a través de la prueba Duncan se comprueba que Milenia es la variedad con más altos valores, debido entre otros factores al tiempo de cosecha (figura N° 4).

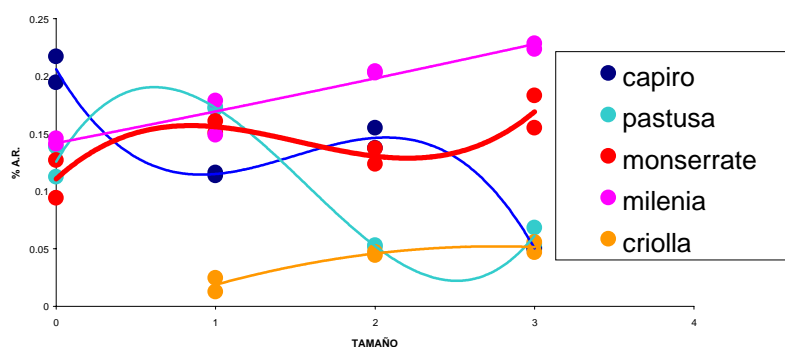
La prueba de Duncan por tamaño, para azúcares totales y reductores en las diferentes variedades evaluadas, señala que los valores más altos de azúcares se encuentran en los tamaños 0 y 1, correspondientes a los tubérculos más grandes (tablas N° 3 y figura N° 4).

**TABLA No. 4 PROPIEDADES QUÍMICAS**

VARIEDAD	TAMAÑO	PROM. Rendimiento extracción (%)	PROM.ALM ENZIMÁTICO (%)	PROM. A. totales	PROM. A. reductores	PROM. ACIDEZ	PROM. pH
CAPIRO	0	13,21	15,30	0,24	0,21	3,46	6,51
	1	10,81	12,13	0,17	0,12	2,58	6,36
	2	15,88	11,00	0,19	0,15	2,50	6,47
	3	15,18	10,30	0,20	0,05	3,92	6,42
PASTUSA	0	14,88	13,48	0,24	0,13	4,33	6,29
	1	17,06	13,58	0,21	0,17	3,13	6,46
	2	16,98	15,18	0,13	0,05	3,79	6,31
	3	14,76	13,44	0,15	0,06	3,08	6,35
MONSERRATE	0	16,58	17,25	0,19	0,11	2,83	6,41
	1	17,79	20,02	0,19	0,16	2,73	6,24
	2	17,71	14,20	0,17	0,13	3,00	6,25
	3	15,89	12,08	0,22	0,17	2,67	6,23
MILENIA	0	11,50	9,89	0,18	0,14	3,25	5,91
	1	12,68	11,14	0,21	0,16	3,21	5,91
	2	12,01	10,49	0,25	0,20	2,83	6,02
	3	10,64	9,21	0,35	0,23	3,17	5,94
CRIOLLA	1	13,78	12,62	0,12	0,02	2,33	6,57
	2	13,72	10,76	0,11	0,05	2,13	6,54
	3	12,94	14,05	0,12	0,05	2,50	6,37

El contenido de almidón y azúcares poder energético esta dado en base húmeda.

**FIGURA No. 4 AZUCARES REDUCTORES vs TAMAÑO (b.h.)**



De acuerdo a la prueba Duncan con respecto a la variedad se observa que la que presenta los valores más altos es Monserrate, lo cual confirma su selección como variedad de calidad industrial. Esto explica a su vez la alta correlación encontrada entre las variables de contenido de almidón, materia seca y poder energético (ver tabla N° 1 y 4), además la prueba Duncan por tamaño no señala diferencias significativas para esta variable con respecto al tamaño.

Se observa en algunas variedades un alto porcentaje de materia seca y a la vez bajo porcentaje de almidón, de lo cual se puede inferir que contienen otros componentes como fibra que incide en el aumento de materia seca, sin embargo el objetivo de este proyecto no es comparar la calidad entre variedades, sino establecer la pertinencia de las metodologías seleccionadas para evaluar parámetros industriales en papa.

**TABLA No. 5 PARAMETROS DE CALIDAD Y ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE MATERIALES DE PAPA**

<b>VARIEDAD</b>	<b>% M.SECA</b>	<b>% (b.h.) ALM. EXT</b>	<b>% (b.h.) ALM. ENZM</b>	<b>% (b.h.) A. TOTAL</b>	<b>% (b.h.) A. REDUC</b>	<b>P. ENERG. Kcal/g (b.h.)</b>	<b>a.w.</b>	<b>ACIDEZ</b>	<b>p H</b>
<b>CAPIRO</b>	22,60	13,79	12,18	0,20	0,13	0,84	0,96	3,11	6,44
<b>PASTUSA</b>	21,75	15,92	13,92	0,18	0,10	0,82	0,95	3,58	6,35
<b>MONSERRATE</b>	22,86	16,99	15,89	0,19	0,14	0,87	0,96	2,81	6,28
<b>MILENIA</b>	19,20	11,71	10,18	0,25	0,18	0,72	0,97	3,11	5,94
<b>CRIOLLA</b>	19,42	13,48	12,48	0,12	0,04	0,74	0,95	2,32	6,49

Los porcentajes (%) de almidón, azúcares y poder energético están dados en base húmeda.

**TABLA No. 6. PROPIEDADES FÍSICAS**

<b>VARIEDAD</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>PROMEDIO Materia seca (%)</b>	<b>PROMEDIO Kcal/g (b.h.)</b>	<b>PROMEDIO a.w.</b>
<b>CAPIRO</b>	0	21,56	0,80	0,96
	1	21,53	0,80	0,96
	2	23,93	0,88	0,95
	3	23,39	0,86	0,95
<b>PASTUSA</b>	0	20,68	0,77	0,95
	1	23,10	0,87	0,95
	2	22,72	0,86	0,95
	3	20,50	0,79	0,96
<b>MONSERRATE</b>	0	22,89	0,84	0,95
	1	23,64	0,90	0,95
	2	22,97	0,90	0,96
	3	21,92	0,84	0,96
<b>MILENIA</b>	0	19,17	0,71	0,97
	1	18,83	0,70	0,96
	2	19,34	0,73	0,97
	3	19,47	0,73	0,97
<b>CRIOLLA</b>	1	19,92	0,75	0,96
	2	18,56	0,71	0,95
	3	19,79	0,75	0,95

## CONCLUSIONES

- La metodología establecida en la extracción de azúcares permite obtener datos reproducibles que concuerdan con las características esperadas de las variedades industriales, con respecto a la influencia del tamaño en la calidad de los materiales.
- La metodología de extracción de azúcares tiene una alta confiabilidad como se demuestra a través del cálculo de la desviación estándar y del coeficiente de variación; mientras que la metodología de cuantificación de almidones enzimáticamente todavía requiere ser optimizada, para lograr reproducibilidad y confiabilidad en los resultados.
- A través de los resultados obtenidos en la prueba Duncan, se aprecia que el tamaño es un parámetro que influye en alto grado en algunas de las variables analizadas tales como: número de papas por kilogramo y azúcares reductores (ver tablas N° 28, 41 y 42) y en menor grado influye en: extracción de almidón por vía húmeda y enzimática, poder energético, acidez, actividad acuosa y azúcares totales; por tanto, vale la pena considerar este parámetro en la evaluación industrial de materiales de papa.
- Las metodologías fueron estandarizadas con base en la disponibilidad de recursos e infraestructura accesible.
- El porcentaje de almidón obtenido por extracción oscila entre 10 y 18 % en base húmeda (b.h).
- Aunque en el presente proyecto no se tuvo en cuenta como parámetro el tiempo de cosecha de los materiales, los resultados evidencian la influencia de este factor. Con relación a la extracción de almidón es notable el caso de Monserrate, la cual presenta los más altos contenidos de almidón.
- Se corrobora que en las variedades industriales los contenidos más altos de almidón se presentan en los tamaños intermedios, que son los que más predominan en un muestreo y que a la vez no requieren uniformidad del material para la extracción.
- Los datos de extracción manual de almidón son más altos que los de extracción enzimática, lo cual corrobora que la hidrólisis del almidón no ha sido completa.
- Los ensayos efectuados para determinar el porcentaje de recuperación del método enzimático indican que el método permite recuperar un máximo de 93 % de almidón, pero aún falta optimizarlo hasta lograr la máxima recuperación y así incrementar la precisión y exactitud del método.
- Al comparar los datos obtenidos de azúcares directos y de almidón extraído enzimáticamente se observa en las muestras de Criolla que los datos son complementarios, ya que los azúcares directos aumentan con la disminución del tamaño y en almidón ocurre lo contrario. Estos resultados demuestran la influencia del tiempo de cosecha en los parámetros de calidad industrial; siendo este el punto de partida para generar un proyecto global que involucre entre otros: factores genéticos, de procedencia y de condiciones de cultivo de los materiales.
- La variedad que presenta mayor estabilidad, a pesar del tiempo de cosecha es Monserrate, como se aprecia en la curva de azúcares reductores con respecto a los diferentes tamaños, mientras que en las demás se observa un cambio significativo entre tamaños.
- El método de determinación del poder energético ofrece una alta confiabilidad como se comprueba a través del análisis de desviación estándar y del coeficiente de variación, el promedio de los datos obtenidos oscila entre 3,65 y 3,90 Kcal/g de material.
- Se observa en algunas variedades un alto porcentaje de materia seca y a la vez bajo porcentaje de almidón, de lo cual se puede inferir que contienen otros componentes como fibra que incide en el aumento de materia seca.

## BIBLIOGRAFÍA

1. MORENO, Jose Dilmer. CALIDAD DE LA PAPA PARA USOS INDUSTRIALES. Revista Papas Colombianas 2000, 2ª. Edición. pp.44-47.
2. PINEDA, Ramón. PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO AGROINDUSTRIAL DEL CULTIVO DE LA PAPA EN COLOMBIA. Revista Papas Colombianas 2000, pp. 70 –77.
3. [www.fonaiap.gov.ve](http://www.fonaiap.gov.ve)
4. SHAW, Roy and BOOTH, Robert. SIMPLE PROCESSING OF DEHYDRATED POTATOES AND POTATO STARCH. International Potato Center “CIP”, Lima, Perú, 1982.
5. CASTELLANOS, Oscar. PROPUESTA PARA LA RELACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA RELACIÓN ENTRE LAS PARTICULARIDADES BIOQUÍMICAS (ENZIMÁTICAS) DE LA INTERACCIÓN DEL HONGO BEAUVERIA BASSIANA Y LA BROCA DEL CAFÉ CON EL GRADO DE PATOGENICIDAD DEL HONGO. Universidad de la Salle, Bogotá,1995.
6. HORTON, Robert; Moran, Laurencen; Ochs, Raymond; Rawn, David y Scrimgeour; Gray. BIOQUÍMICA. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México,1995.
7. MARTINEZ . ANÁLISIS ORGÁNICO. Universidad Nacional de Colombia, 1972.
8. RAKOFF, Henry and Rose, N. QUÍMICA ORGÁNICA FUNDAMENTAL. Ed. Limusa, México, 1980.
9. CRONIN, D.A. and SMITH,S.S. 1979. A SIMPLE AND RAPID PROCEDURE FOR THE ANALYSIS OF REDUCING, TOTAL AND INDIVIDUAL SUGARS IN POTATOES. Potato Res. 22:99-105.
10. LARSSON, A. C.; SALOMONSSON, O., THEANDER and AMAN. SOME STUDIES ON CARBOHYDRATES IN POTATO TUBERS. Potato Res. 22 (1979) pp. 345-352.
11. ROSE, Robin; ROSE, Cathy; OMI, Steven; FORRY, Keith; DURALL, Daniel y BIGG, William. STARCH DETERMINATION BY PERCHLORIC ACID vs ENZYMES: EVALUATING THE ACCURACY AND PRECISION OF SIX COLORIMETRIC METHODS. Journal Agric. Food Chem. 1991, Vol. 39, pp. 2-11.
12. NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 341. INDUSTRIA ALIMENTARIA: PAPA PARA CONSUMO, CLASIFICACION. 1993.
13. NORMA ISO 1666. ALMIDON: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, METODO DEL HORNO DE SECADO. Segunda edición, 1999.
14. GOMEZ, E. Clemencia; BUITRAGO G., Consuelo; CANTE, A. Manuel y HUERTAS, C. Bellanid. ECOFISIOLOGÍA DE PAPA (Solanun tuberosum) UTILIZADA PARA CONSUMO FRESCO Y PARA LA INDUSTRIA. Revista Comalfi, Vol. 26 (1-3), p. 42-55.
15. GUTIERREZ, Mario; SAN MIGUEL, Rubén; NAVA, Tomás y LARQUE, Alfonso. METODOS AVANZADOS EN FISIOLOGÍA VEGETAL EXPERIMENTAL. Colegio de postgraduados en ciencias agrícolas, XXXV Aniversario 1959-1994.
16. VALENCIA, Ortiz Ciria. FUNDAMENTOS DE FITOQUIMICA. Ed. Trillas, México,1995.
17. CHAPLIN, M. F. y KENNEDY, Jhon. CARBOHYDRATE ANALYSIS PRACTICAL APPROACH.
18. WHISTLER , Roy. METHODS IN CARBOHYDRATE CHEMISTRY. Vol .1 a 4, Ed. Academic Press, New York y London 1964., p.380-393.
19. MUNETA, P. y WANG, Hsi. INFLUENCE OF pH AND BISULFITE ON THE ENZYMIC BLACKENING REACTION IN POTATOES. American Potato Journal, Vol. 54, 1977, p.73-81.
20. [www.starch.dk](http://www.starch.dk). “Internatinal Starch Institute”.
21. HURTADO, Jhon Jairo. VALORIZACIÓN DE LAS AMILACEAS “NO CEREALES” CULTIVADAS EN LOS PAISES ANDINOS: Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Bogotá 1997.
22. PRIMO, Yúfera Eduardo. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS. Ed. Síntesis. España, 1998, p. 16-21.