

# Análisis comparativo de los métodos húmedo y alcalino en la extracción de almidón de semillas de *Amaranthus quitensis* L.

## Comparative analysis of the humid and alkaline methods in the extraction of seed starch from *Amaranthus quitensis* L.

Juan Carlos González García<sup>1</sup>

Recibido: Octubre 2017 - Aprobado: Junio 2018

### RESUMEN

En la presente investigación se analizaron dos métodos para la extracción de almidón de semillas de *Amaranthus quitensis* L. (Ataco) con el objetivo de determinar el procedimiento con mejor rendimiento y seguidamente determinar sus principales características físico-químicas y funcionales. Inicialmente se recopilaron las inflorescencias de las plantas de Ataco, lugar donde se encuentran sus semillas para posteriormente extraerlas, secarlas al ambiente para finalmente reducir las a polvo fino. Después se realizaron extracciones simultáneas del almidón contenido en la harina ensayando con dos métodos independientes; el primer método por vía húmeda con agua bidestilada y el segundo con una solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH; 0,25 M); el almidón extraído por ambos métodos fue lavado y secado al ambiente, para en lo posterior calcular su rendimiento, estableciéndose que el mayor rendimiento se alcanza con el método de extracción con solución de NaOH. Los resultados del análisis proximal de los productos extraídos mostraron que hay diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en todas las propiedades analizadas ya que varían en función del método. En cuanto a las propiedades funcionales analizadas se encontró que en cuanto al Índice de Absorción de Agua (IAA) y el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) existen diferencias significativas entre los valores medidos por cada método. En cuanto a la temperatura de gelatinización no existe diferencia significativa debido a que esta propiedad no depende del método de extracción de los almidones sino que varía en función de la planta.

**Palabras clave:** *Amaranthus quitensis* L. Ataco; extracción; almidón; amilosa; amilopectina; gelatinización.

### ABSTRACT

In the present research, two methods for the extraction of starch from seeds of *Amaranthus quitensis* L. (Ataco) were analyzed in order to determine the procedure with the best performance and then to determine its main physical-chemical and functional characteristics. Initially, the inflorescences of the Ataco plants were collected, where their seeds are found, to later extract them, dry them to the environment and finally reduce them to fine dust. Then, simultaneous extractions of the starch contained in the flour were carried out by testing with two independent methods; the first wet method with bidistilled water and the second with an aqueous solution of sodium hydroxide (NaOH, 0.25 M); the starch extracted by both methods was washed and dried to the environment, to later calculate its yield, establishing that the highest yield is achieved with the method of extraction with NaOH solution. The results of the proximal analysis of the extracted products showed that there are significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in all properties analyzed since they vary depending on the method. Regarding the functional properties analyzed, it was found that as regards the Water Absorption Index (IAA) and the Water Solubility Index (ISA) there are significant differences between the values measured by each method. Regarding the temperature of gelatinization, there is no significant difference because this property does not depend on the extraction method of the starches but it varies depending on the plant.

**Key words:** *Amaranthus quitensis* L. Ataco; extraction; starch; amylose; amylopectin; gelatinization.

1. Magister en Protección Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador. E-mail: jc\_jcgg@yahoo.es; juan.gonzalez@esPOCH.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

Los almidones son biomoléculas energéticas presentes en diferentes grupos de plantas (frutos, semillas). Todos los almidones están compuestos estructuralmente por dos polisacáridos bien diferenciados: amilosa (monómeros de glucosa de cadena lineal) no soluble en agua y amilopectina (monómeros de glucosa de cadena ramificada) soluble en agua caliente.

Tienen múltiples usos y aplicaciones entre ellas destacan: gelificantes, espesantes, aglutinantes, agente de acabados, vehículo extensor, sustrato de fermentación, adhesivos, cosméticos, productos farmacéuticos, etc. Aproximadamente el 25% de sus usos están relacionados con la industria de los alimentos y el 75% de sus aplicaciones a nivel industrial en especial en la fabricación de papel, cartón, textiles y adhesivos. (IFAD, FAO 2004)

Actualmente se lo utiliza también el almidón en combinación con polímeros sintéticos para la producción de plásticos biodegradables. A nivel industrial las principales fuentes de almidón son: el maíz, papa, yuca, arroz, pero existen otras plantas que podrían suplir gracias a su alto contenido de carbohidratos como es el caso de los amarantos específicamente la especie de *Amaranthus quitensis* L. endémica del Ecuador, se trata de una planta que crece con facilidad, poco demandante en cuanto a agua, fertilizantes y se adapta a diferentes pisos climáticos, que hoy en día se la subutiliza reduciendo su uso a la preparación de infusiones y a menor escala la extracción de sus pigmentos. (Peralta I, 2012)

Fernández en 1998, describe dos métodos para extracción de almidón utilizando agua y álcalis siendo estos de alto rendimiento y bajo costo. Igualmente, Medina C., Paredes A., y otros investigadores, en el año 2010 lo referencian en su evaluación de métodos de extracción de almidón de residuos de mango.

Por tanto la presente investigación fue replicar los dos métodos de extracción utilizados en trabajos anteriores y adaptarlos para la extracción de almidón a partir de harina de semillas de Ataco, en primer lugar utilizando agua bidestilada y en segundo lugar utilizando una solución acuosa de hidróxido de sodio 0,25 M.

## II. MATERIALES Y METODOS

Se empezó con la recolección de inflorescencias de Ataco provenientes de plantas frescas a las que se las secó al aire ambiente colocadas en bandejas extendidas durante una semana aproximadamente, después se las trilló manualmente para obtener sus semillas hasta juntar aproximadamente 2 kg, sus diámetros fueron determinados colocando filas de semillas de 1 centímetro de longitud y dividiendo para el número de semillas colocadas y su densidad fue medida de manera indirecta previo cálculo de masas y volúmenes utilizando una balanza analítica y la ecuación de volumen de una esfera. Posteriormente las semillas se secaron a temperaturas inferiores a 40° C por un periodo de dos horas para evitar que sufran daños, luego se molieron en mortero hasta pulverizarlas, después la harina

obtenida fue tamizada (tamiz de 200 µm) para eliminar las partículas de corteza de las semillas.

La fina harina obtenida fue secada en estufa a 60°C durante 24 horas para finalmente colocar el producto en fundas ziploc con cierre hermético para con una parte de la misma proceder a realizar su respectivo análisis proximal: humedad (AOAC 952.08), ceniza (11AOAC 923.03), grasa (AOAC 2003.06), proteína cruda (AOAC 2011.11), fibra cruda (AOAC 962.09), para el análisis de carbohidratos el método propuesto por (Dubois et al., 1959), y para el almidón la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 0524:2013).

Para la extracción de almidón se utilizaron los métodos descritos por (Fernández, 1998) utilizando agua bidestilada (método 1) y una solución de NaOH 0,25 M (método 2) respetando las proporciones de harina-solvente en relación (1:3) a temperatura ambiente de 16°C aproximadamente y en reposo durante 24 horas.

Cada método se aplicó de manera simultánea, independiente y por triplicado (se repitió el proceso de extracción tres veces durante tres días diferentes) utilizando 100 g de harina por ensayo, transcurrido el reposo, se observó dos capas bien diferenciadas en cada matraz, se retiró el líquido sobrenadante y se filtró con papel Whatman N° 1 para su posterior lavado de manera especial al líquido procedente de los ensayos alcalinos se lo lavó hasta obtener un pH cercano a la neutralidad, la capa sedimentada también se lavó con agua destilada y solución alcalina respectivamente para lograr una re-suspensión de almidones remanentes a la misma concentración respectivamente dejándola reposar solamente algunos minutos hasta observar una separación se fases para luego repetir los procedimientos y llegar a la filtración sobre los mismos filtros iniciales repitiendo también el lavado.

El producto obtenido en los filtros proveniente de los dos ensayos de extracción tanto con agua bidestilada como con solución de NaOH se procedieron a secar en estufa a una temperatura entre 45° y 50°C durante 24 horas para posteriormente proceder al cálculo del rendimiento del almidón seco en función de la harina de Ataco expresado como porcentaje.

Posteriormente se realizó el análisis proximal del almidón: (mismos parámetros que en la harina) siguiendo las mismas normas citadas anteriormente (AOAC y NTE-INEN). Adicionalmente siguiendo la técnica descrita por Beta et al., (2000) se procedió a la determinación de amilosa y por diferencia se determinó el porcentaje de amilopectina.

Dentro de las propiedades funcionales de los almidones se determinó en primer lugar el índice de absorción de agua (IAA) así como también el índice de solubilidad en agua (ISA) para los cuales se utilizaron las técnicas expuestas por Anderson et al., (1969) basándose en las propiedades de absorción y exudación de agua de los gránulos de almidón. También se determinó la temperatura de gelatinización del almidón para lo cual se utilizó la técnica descrita por (Grace, 1977) fundamentada en el hinchamiento de los gránulos de almidón en función de la temperatura.

Los datos obtenidos en los ensayos experimentales y análisis químico de esta investigación se analizaron con el programa IBM SPSS Statistics 23, se estudiaron las varianzas para detectar la diferencia entre medias en las repeticiones.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las inflorescencias del Ataco tienen color morado característico y dentro de estas se encuentran las semillas que tuvieron un color morado oscuro con tamaños que van en el orden de los 0,7 hasta 1 mm aproximadamente con formas esféricas y una densidad aproximada de 0,69 g/mL.

La harina tamizada de semillas de Ataco mostró un color beige, en la tabla 1 se muestran los resultados del análisis proximal realizado en la harina de Ataco. Los

contenidos de almidón en relación a los carbohidratos totales representan entre un 55-60%. (Ver tabla 1)

El almidón extraído con agua bidestilada mostró tonalidades blanquecinas mientras que el extraído con álcali presentó un color blanco beige. La diferencia con las tonalidades blancas intensas de los almidones de otras plantas (maíz, papa, yuca, arroz) aparecen básicamente por la coloración de la cascara que recubre las semillas del Ataco (morado oscuro).

Al determinar los rendimientos obtenidos en los dos procesos de extracción de almidón (agua; solución de NaOH) se evidencia que al utilizar una solución alcalina se alcanzó en promedio un valor cercano al 20%, mientras que en el caso de la extracción húmeda se alcanzaron valores que en promedio bordeaban el 13%, se muestran en las tablas 2 y 3:

**Tabla 1.** Resultados del análisis proximal de la harina de Ataco

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE ATACO						
MEDICIÓN	HUMEDAD %	CARBOHIDRATOS %	CENIZAS %	GRASA %	FIBRA CRUDA %	PROTEÍNA %
M1	9.41	55.45	3.77	6.89	14.56	17.05
M2	9.88	52.67	3.23	7.01	13.92	16.98
M3	9.67	53.98	3.45	7.22	14.14	16.9
M4	8.96	56.23	3.47	7.23	15.02	16.78
M5	9.23	54.78	3.11	7.31	14.89	16.74
M6	9.46	55.12	3.34	7.16	14.8	16.79
M7	10.02	56.24	3.68	7.54	14.34	16.58
M8	9.86	54.76	3.56	7.24	14.56	16.45
M9	9.78	56.33	3.65	7.81	14.77	16.73
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.59</b>	<b>55.06</b>	<b>3.47</b>	<b>7.27</b>	<b>14.56</b>	<b>16.78</b>

Fuente: González J. 2016

**Tabla 2.** Rendimiento, extracción de almidón utilizando solvente de agua bidestilada.

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN UTILIZANDO AGUA BIDEDESTILADA				
MEDICIÓN	SEMILLAS DE ATACO (g)	HARINA DE ATACO (g)	ALMIDÓN (g)	RENDIMIENTO (g/100g de harina)
M1	100	46.56	5.92	12.71
M2	100	44.36	6.12	13.79
M3	100	48.21	5.67	11.76
M4	100	49.33	6.22	12.6
M5	100	45.78	5.23	11.42
M6	100	48.12	5.97	12.4
M7	100	44.56	6.25	14.02
M8	100	47.26	6.56	13.88
M9	100	46.67	5.96	12.77

Fuente: González J. 2016

**Tabla 3.** Rendimiento, extracción de almidón utilizando solvente de solución de NaOH

RENDIMIENTO DE ALMIDÓN EXTRAÍDO CON ÁLCALI (NaOH)				
MEDICIÓN	SEMILLAS DE ATACO (g)	HARINA DE ATACO (g)	ALMIDÓN (g)	RENDIMIENTO (%)
M1	100	47.56	9.18	19.3
M2	100	45.78	8.45	18.45
M3	100	47.12	8.27	17.55
M4	100	49.34	9.12	18.48
M5	100	47.78	8.96	18.75
M6	100	47.03	8.67	18.43
M7	100	49.45	10.14	20.5
M8	100	46.56	9.56	20.53
M9	100	48.7	9.32	19.13

Fuente: González J. 2016

Se puede observar que el rendimiento de la extracción de almidón depende del método utilizado, existen diferencias significativas entre el método 1 (con agua) y el método 2 (con álcali) claramente hay mayor producción al utilizar la extracción con álcali. (Ver imagen 1)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
RENDIMIENTO	6	0,98	0,98	3,18	

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	57,60	1	57,60	224,31	0,0001
MÉTODOS	57,60	1	57,60	224,31	0,0001
Error	1,03	4	0,26		
Total	58,63	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,14875**

Error: 0,2568 gl: 4

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	19,01	3	0,29 A
AGUA	12,82	3	0,29 B

**Imagen 1.** Análisis de varianza y test Fisher del rendimiento del proceso de extracción de almidón

Los rendimientos calculados resultan bajos (13% con agua y 20% con álcali) si comparamos con los obtenidos con otras especies de plantas como por ejemplo: de harina de cotiledones de mango (rendimientos de 40-50%, con los mismos métodos de extracción); en el caso del plátano (rendimientos de 55-60%, otros métodos); para el maíz (rendimientos de 80-90%, otros métodos), que están por encima de lo obtenido, la razón se puede atribuir al método sobre todo ya que en la presente investigación se produjo una separación por precipitación y sedimentación mientras que en los métodos de extracción de almidón de otras plantas se centrifuga los líquidos sobrenadantes después de agregar el solvente.

Se realizó también el análisis proximal del almidón extraído para los dos métodos, los valores obtenidos

podemos ver en la siguiente tabla: (Ver tabla 4)

**Tabla 4.** Resultados del análisis proximal del almidón obtenido por ambos métodos.

ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN OBTENIDO		
PROPIEDAD	POR EXTRACCIÓN CON AGUA	POR EXTRACCIÓN CON NaOH
Humedad (%)	10.79	13.56
	10.46	13.77
	10.67	13.51
Almidón total (%)	88.42	90.12
	88.9	91
	87.71	90.35
Grasa cruda (%)	2.16	0.81
	2.22	0.83
	2.21	0.82
Proteína cruda (%)	3.76	2.66
	3.69	2.59
	3.56	2.63
Cenizas (%)	0.21	0.06
	0.23	0.07
	0.2	0.07
Fibra cruda (%)	2.82	2.02
	2.84	2.05
	2.77	2.23
Carbohidratos totales (%)	1.59	1.99
	1.63	2.11
	1.68	1.93

Fuente: González J. 2016

Todas las propiedades analizadas en el almidón extraído por ambos métodos muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis de sus varianzas. (Ver desde imagen 2 a 8)

**HUMEDAD %**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
HUMEDAD %	6	0,99	0,99	1,26

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,26	1	13,26	565,10	<0,0001
METODOS	13,26	1	13,26	565,10	<0,0001
Error	0,09	4	0,02		
Total	13,35	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,34727**

Error: 0,0235 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	13,61	3	0,09 A
AGUA	10,64	3	0,09 B

**Imagen 2.** Análisis de varianza y test Fisher de la humedad del almidón extraído.

**ALMIDON %**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALMIDON %	6	0,86	0,82	0,60

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,91	1	6,91	24,39	0,0078
METODOS	6,91	1	6,91	24,39	0,0078
Error	1,13	4	0,28		
Total	8,05	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,20675**

Error: 0,2834 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	90,49	3	0,31 A
AGUA	88,34	3	0,31 B

**Imagen 3.** Análisis de varianza y test Fisher del contenido de almidón extraído.

**GRASA CRUDA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GRASA CRUDA	6	1,00	1,00	1,58

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,84	1	2,84	5016,74	<0,0001
METODOS	2,84	1	2,84	5016,74	<0,0001
Error	2,3E-03	4	5,7E-04		
Total	2,85	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05396**

Error: 0,0006 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	2,20	3	0,01 A
HIDROXIDO	0,82	3	0,01 B

**Imagen 4.** Análisis de varianza y test Fisher de la grasa cruda del almidón extraído.

**PROTEINA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROTEINA	6	0,99	0,98	2,41

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,63	1	1,63	283,15	0,0001
METODOS	1,63	1	1,63	283,15	0,0001
Error	0,02	4	0,01		
Total	1,66	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17215**

Error: 0,0058 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	3,67	3	0,04 A
HIDROXIDO	2,63	3	0,04 B

**Imagen 5.** Análisis de varianza y test Fisher de la proteína del almidón extraído.

**CENIZAS %**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CENIZAS %	6	0,98	0,98	8,25

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,03	1	0,03	242,00	0,0001
METODOS	0,03	1	0,03	242,00	0,0001
Error	5,3E-04	4	1,3E-04		
Total	0,03	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02618**

Error: 0,0001 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	0,21	3	0,01 A
HIDROXIDO	0,07	3	0,01 B

**Imagen 6.** Análisis de varianza y test Fisher del contenido de cenizas del almidón extraído.

**FIBRA %**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FIBRA %	6	0,96	0,95	3,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,76	1	0,76	106,50	0,0005
METODOS	0,76	1	0,76	106,50	0,0005
Error	0,03	4	0,01		
Total	0,78	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,19102**

Error: 0,0071 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	2,81	3	0,05 A
HIDROXIDO	2,10	3	0,05 B

**Imagen 7.** Análisis de varianza y test Fisher de fibra cruda del almidón extraído.

**CARBOHIDRATOS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CARBOHIDRATOS	6	0,91	0,89	3,96

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,21	1	0,21	40,80	0,0031
METODOS	0,21	1	0,21	40,80	0,0031
Error	0,02	4	0,01		
Total	0,23	5			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16373**

Error: 0,0052 gl: 4

METODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	2,01	3	0,04 A
AGUA	1,63	3	0,04 B

**Imagen 8.** Análisis de varianza y test Fisher de los carbohidratos del almidón extraído.

Los resultados del análisis de moléculas componentes del almidón extraído se muestran en la siguiente tabla, con una relación en promedio (22-78%) con extracción con agua y una relación (24-76%) para la extracción con solvente alcalino. (Ver tabla 5 y 6)

**Tabla 5.** Relación porcentual amilosa-amilopectina del almidón extraído con agua bidestilada

PORCENTAJE AMILOSA-AMILOPECTINA EN ALMIDÓN (EXTRAÍDO CON AGUA)		
MEDICIÓN	AMILOSA (%)	AMILOPECTINA (%)
M1	22.85	77.15
M2	21.89	78.11
M3	23.34	76.66
M4	22.13	77.87
M5	21.67	78.33
M6	22.95	77.05
M7	20.78	79.22
M8	22.04	77.96
M9	20.66	79.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.03</b>	<b>77.97</b>

Fuente: González J. 2016

**Tabla 6.** Relación porcentual amilosa-amilopectina del almidón extraído con solución de NaOH

PORCENTAJE AMILOSA-AMILOPECTINA EN ALMIDÓN (EXTRAÍDO CON NaOH)		
MEDICIÓN	AMILOSA (%)	AMILOPECTINA (%)
M1	23.78	76.22
M2	22.96	77.04
M3	23.67	76.33
M4	24.55	75.45
M5	23.98	76.02
M6	24.17	75.83
M7	24.76	75.24
M8	25.07	74.93
M9	24.37	75.63
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.15</b>	<b>75.85</b>

Fuente: González J. 2016

Los valores obtenidos coinciden con los esperados ya que generalmente la cantidad de amilosa está en el orden del 15 al 25% mientras que el de amilopectina está en aproximadamente 75-85%. Por ejemplo en el maíz la relación amilosa:amilopectina es de (25-75%); makal (24-76%); camote (20-80%); yuca (17-83%) (Hernández M. et al., 2008) (Ver imagen 9 y 10)

**AMILOSA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AMILOSA	18	0,67	0,64	3,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,06	1	20,06	31,86	<0,0001
METODOS	20,06	1	20,06	31,86	<0,0001
Error	10,07	16	0,63		
Total	30,13	17			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,79291**

Error: 0,6296 gl: 16

METODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	24,15	9	0,26 A
AGUA	22,03	9	0,26 B

**Imagen 9.** Análisis de varianza y test Fisher del contenido de amilosa del almidón extraído.

**AMILOPECTINA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AMILOPECTINA	18	0,67	0,64	1,03

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,06	1	20,06	31,86	<0,0001
METODOS	20,06	1	20,06	31,86	<0,0001
Error	10,07	16	0,63		
Total	30,13	17			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,79291**

Error: 0,6296 gl: 16

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	77,97	9	0,26 A
HIDROXIDO	75,85	9	0,26 B

**Imagen 10.** Análisis de varianza y test Fisher del contenido de amilopectina del almidón extraído.

La proporción amilosa-amilopectina presentes en el almidón producido por los dos métodos de extracción si depende del método usado. Tenemos mayor proporción de amilosa utilizando extracción con hidróxido y en el caso de amilopectina tiene mayor proporción utilizando agua.

Se determinaron también algunas propiedades funcionales tales como el IAA, ISA y temperatura de gelatinización del almidón de harina de Ataco, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas: (Ver tabla 7y 8)

**Tabla 7.** Propiedades funcionales del almidón extraído con agua bidestilada

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO CON AGUA			
Medición	Índice de absorción de agua (g almidón/g muestra)	Índice de solubilidad en agua (g almidón/g muestra)	Temperatura de Gelatinización (°C)
M1	1.23	3.43	71.8
M2	1.29	3.27	69.5
M3	1.27	3.88	68
M4	1.25	4.01	70.2
M5	1.29	3.87	69.3
M6	1.31	3.76	70.4
M7	1.22	3.55	71.5
M8	1.26	3.42	69.8
M9	1.23	3.7	69.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.26</b>	<b>3.65</b>	<b>69.97</b>

Fuente: González J. 2016

**Tabla 8.** Propiedades funcionales del almidón extraído con solución de NaOH

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO CON NaOH			
Medición	Índice de absorción de agua (g almidón/g muestra)	Índice de solubilidad en agua (g almidón/g muestra)	Temperatura de Gelatinización (°C)
M1	1.54	2.98	68.9
M2	1.6	2.87	69.7
M3	1.48	2.91	69.5
M4	1.58	3.78	70.1
M5	1.63	3.34	70.2
M6	1.65	3.12	71.6
M7	1.61	3.26	70.7
M8	1.57	3.11	69.1
M9	1.55	3.35	71.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.58</b>	<b>3.19</b>	<b>70.1</b>

Fuente: González J. 2016

El IAA y el ISA medido al producto de los dos métodos de extracción muestran diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) traduciéndose que método influye directamente en estas dos propiedades funcionales (tablas anteriores). (Ver imagen 11 y 12)

**IAA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IAA	18	0,94	0,94	3,01

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,45	1	0,45	249,19	<0,0001
METODOS	0,45	1	0,45	249,19	<0,0001
Error	0,03	16	1,8E-03		
Total	0,48	17			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,04268**

Error: 0,0018 gl: 16

METODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	1,58	9	0,01 A
AGUA	1,26	9	0,01 B

**Imagen 11.** Análisis de varianza y test Fisher del Índice de Absorción de Agua (IAA) del almidón extraído.**IS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IS	18	0,46	0,43	7,79

**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,97	1	0,97	13,58	0,0020
METODOS	0,97	1	0,97	13,58	0,0020
Error	1,14	16	0,07		
Total	2,10	17			

**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26655**

Error: 0,0711 gl: 16

METODOS	Medias	n	E.E.
AGUA	3,65	9	0,09 A
HIDROXIDO	3,19	9	0,09 B

**Imagen 12.** Análisis de varianza y test Fisher del Índice de Solubilidad en Agua (ISA) del almidón extraído.

Se nota también que el IAA en promedio es mayor en el método de extracción con álcali, mientras que el ISA es mayor con el método de extracción con agua. Agustini-Osorio et al. (2005), señalan valores de IAA entre (0,07 y

0,142) g por cada 100 g de muestra de almidón de mango siendo los valores obtenidos más elevados. Para el caso de almidones de papa y yuca, Alvis et al. (2008) determinaron valores de IAA de 5,3 y 4,8 respectivamente siendo los valores de IAA medidos en el almidón de ataco bastante bajos, debido especialmente a la forma y tamaño de los gránulos de la semillas. (Lindeboom et al., 2004)

Los valores de ISA según fuentes revisadas muestran valores de: para el ñame (1,25-2,79%); yuca (2,60-3,70%); papa (2,97%) (Alvis et al. 2008) siendo comparables con el obtenido en el almidón de ataco, debido a la relación entre amilosa y amilopectina que en proporción es similar para los almidones referidos, dicha relación define la solubilidad del almidón en agua según Araujo et al. (2004)

Finalmente podemos observar que la temperatura de gelatinización para los almidones extraídos (alrededor de 70°C) no tiene variación significativa ligada al método, puesto que dependen de la planta independientemente del método por el cual se los extrajo. (Ver imagen 13)

#### TEMP

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TEMP	18	4,5E-03	0,00	1,50

#### Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,08	1	0,08	0,07	0,7913
MÉTODOS	0,08	1	0,08	0,07	0,7913
Error	17,68	16	1,11		
Total	17,76	17			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,05049

Error: 1,1050 gl: 16

MÉTODOS	Medias	n	E.E.
HIDROXIDO	70,10	9	0,35 A
AGUA	69,97	9	0,35 A

**Imagen 13.** Análisis de varianza y test Fisher de la temperatura de gelatinización del almidón extraído.

De acuerdo con investigaciones registradas una alta temperatura de gelatinización significa mayor estabilidad interna del granulo de almidón además, se reportó que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales debido al debilitamiento entre las fuerzas de atracción de las moléculas amilosa-amilopectina. (Imberty, A., Chanzy, H. y Pérez S. 1988).

Además comparativamente con investigaciones con otras fuentes de almidón tenemos valores de: almidón de papa 66°C (Alvis et al., 2008); para almidón de malanga entre 56-67°C (Lindeboom et al., 2004); para almidón de yuca 62°C (Alvis et al., 2008).

## IV. CONCLUSIONES

El método que produce mayor rendimiento en la extracción de almidón es utilizando una solución de NaOH, aunque el producto obtenido no tiene una tonalidad blanca

intensa como la de almidones de otras plantas. El análisis proximal de los almidones obtenidos muestra diferencias relacionadas al método.

Las propiedades funcionales medidas también dependen del método de extracción a excepción de la temperatura de gelatinización, los valores encontrados los hacen factibles para sus usos en varias aplicaciones alimenticias e industriales tal como se mencionó al inicio.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustiniano, J., González, E., Flores, N., Manríquez, L. (2005). Resistant starch production from mango starch using a single-screw extruder, *J. Food Sci. Agriculture*. V.85:245-281.
- Alvis M., Vélez C., Villada H. y Mendoza M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*. Volumen 19 No1, p. 19-28.
- American Association of Cereal Chemists. *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*.(1995), St. Paul, Mn., USA.
- Anderson R., Conway B. y Peplinski B. (1969). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal ScienceToday*. Volumen14, p.4-12.
- Araujo V., Rincón C. y Padilla A. (2004). Caracterización del almidón de *Dioscorea bulbifera* L. *Revista Scielo*. Volumen 54 No 2, p. 241-245.
- Association of Official Agricultural Chemists, AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis. Ass Agric. Chem.* 15<sup>th</sup> edition. Washington, DC.
- Bello P., L. A., Contreras R., S. M., Romero M., R., Solorza F., J. y Jiménez A., A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano musa paradisiaca l. (Var. Macho). *Agrociencia*. Volumen 36 No. 2, p. 169-180.
- Beta, T., H. Corke, L.W. Rooney y J. Taylor. 2000. Starch properties as affected by sorghum grain chemistry. *J. Food Sci. Agriculture*.81:2105-2110.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A y Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Analytical Chemistry*, 28:3:350-356.
- Food and Agriculture Organization, FAO. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca, p. 33-40, 44-50.
- Fernández, E. 1998. *Aprovechamiento integral del mango*. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2004). *Análisis y diseño de experimentos*. México D. F.: McGraw-Hill, 571 p.
- Hart, F. L., (1991). *Análisis moderno de los alimentos*; Acribia. Zaragoza, España.
- Hernández, M. (2008). *Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán*, México. 718-725p.
- Imberty A., Chanzy H. y Pérez S. (1988). The double helical nature of the crystalline part of Astarch. *Journal of Molecular Biology*. Volumen 201 No 2, p. 365-378.



- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2009), *Amaranto y Ataco: preguntas y respuestas*. Boletín Divulgativo No. 359. Segunda impresión. Quito, Ecuador. Peralta, I.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, (1994), "INIAP-ALEGRÍA". Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. *Boletín Divulgativo* No. 246. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 24 p. Monteros, C., C. Nieto., C. Caicedo., M. Rivera., C. Vimos.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (1989), El cultivo del amaranto *Amaranthus* spp, una alternativa agronómica para Ecuador. Publicación miscelánea No. 52. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 28 p. Nieto, C.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP-PRONALEG, (2010). El Amaranto en el Ecuador, "Estado del Arte". Quito, Ecuador, Peralta, E.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2010). INIAP Alegría. Variedad mejorada de amaranto. *Amaranthus caudatus* L. Plegable *Divulgativo* No 346. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. Peralta, E.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2009). Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. *Manual* No. 69. Segunda impresión. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 71 p. Peralta, E., N. Mazón, A. Murillo, M. Rivera, C. Monar.
- International Fund for Agricultural Development (IFAD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2004). Global cassava market study. Business opportunities for the use of cassava. Proceedings of the validation forum on the global cassava development strategy. Volumen 6. Roma.
- Kirk R.S., Sawyer R.; *Pearson's Composition and Analysis of Food*, Ninth Edition; Longman Scientific & Technical, Singapore 1991.
- Lindeboom N., Chang P. y Tyler R. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review, *Starch*. Volumen 56 No 3, p. 89-99.
- Medina O., Pérez J. y Bernal M. (2007). *Extracción del almidón de la malanga (escolocasia esculenta) y síntesis de biopolímeros*, Versión 1. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Meneses, J. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*, Número 8, p. 57-67.
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN 0520:2013/ Determinación de Cenizas.
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN 0522:81/ Determinación de Fibra cruda.
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN 0524:2013/ Determinación de almidón.
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN ISO 20483:2013/
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN ISO 7971-1:2013/ Determinación de Densidad.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (1977), *Elaboración de la yuca*, Roma. 116 pp. Grace, M.R.
- Ruíz, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista Ingeniería y Ciencia*. Universidad EAFIT. 2(4): 5-28.

