



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**ACETILACIÓN DEL ALMIDÓN DE *Arracacia xanthorrhiza* Y EVALUACIÓN DE SU
APLICACIÓN COMO POSIBLE AUXILIAR FARMACÉUTICO**

JUAN JOSE CARRASCAL SANCHEZ

Universidad Nacional de Colombia
Facultad ciencias, Departamento Farmacia
Bogotá, Colombia

2013

**ACETILACIÓN DEL ALMIDÓN DE *Arracacia xanthorrhiza* Y EVALUACIÓN DE SU
APLICACIÓN COMO POSIBLE AUXILIAR FARMACÉUTICO**

Juan José Carrascal Sánchez

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencias Farmacéuticas

Directora:

Doctora Yolima Baena Aristizabal

Codirector:

Doctor Germán Matiz

Línea de Investigación:

Farmacotecnia

Grupo de Investigación:

TECPRONA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad Ciencias, Departamento Farmacia
Bogotá, Colombia

2013

Con todo mi amor para mis abuelos Bertha Rodríguez y José Carrascal, todos sus sacrificios dan fruto.

Agradecimientos

Agradezco la colaboración recibida en Laboratorios Procaps S.A.S de Abeimar Álvarez Bilbao, jefe de desarrollo analítico por el préstamo de instalaciones y equipos.

Los aportes recibidos por parte de los analistas de Investigación y Desarrollo, Control de Calidad, USGP, y de los formuladores de Laboratorios Procaps S.A.

A la profesora Yolima Baena Aristizabal por todas sus orientaciones y apoyo para la realización de este trabajo.

Al profesor Germán Matiz por toda su colaboración y entrenamiento recibido en la Universidad de Cartagena.

A todos los profesores de la Maestría en Ciencias Farmacéuticas de la Universidad Nacional por las enseñanzas recibidas a lo largo de estos semestres.

A mi hijo Juan Román por ser fuente de inspiración.

De manera especial a Wendy Morgado Gamero por su apoyo y amor incondicional.

Resumen

Se modificó el almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*, variedad amarilla) mediante acetilación con anhídrido acético a diferentes niveles variando el volumen adicionado. Se evaluaron algunas de sus propiedades funcionales, utilizando almidón de maíz como referencia, con el fin de sugerir su posible uso como auxiliar farmacéutico. Los resultados indicaron que la solubilidad en agua fría aumentó y se presentó una menor tendencia a la retrogradación, medida como porcentaje de transmitancia, para los almidones modificados en comparación con los almidones nativos. El poder de hinchamiento, la absorción de agua y la solubilidad aumentaron con la modificación, y se mejoró también la estabilidad al congelamiento-deshielo para el almidón de arracacha, mientras que para el almidón de maíz estas propiedades no tuvieron un cambio significativo. Los almidones acetilados presentaron una disminución en la temperatura de gelificación (Tg), en aproximadamente 9.45 a 11.63°C, con respecto al del almidón nativo. El estudio de liberación se realizó con matrices compactas. Se encontraron comportamientos de liberación que van desde sistemas de liberación inmediata hasta matrices de liberación controlada, que variaron de acuerdo al nivel de acetilación utilizado. Estos resultados muestran a los almidones modificados de arracacha como materiales promisorios en múltiples aplicaciones en el campo farmacéutico.

Palabras clave: Acetilación, almidón, Arracacha, liberación de fármacos.

Abstract

Arracacha starch (*Arracacia xanthorrhiza*, yellow variety) was modified by acetylation with acetic anhydride at different levels by varying the added volume. Some of its functional properties were evaluated, using corn starch as a positive control, in order to suggest a possible use of this material as excipient. The results indicated an increased in the solubility in cold water and they showed less tendency to retrogradation, measured as percentage transmittance, for the modified starches in comparison with the native starches. Swelling power, water absorption and solubility increased with the modification, and also freeze-thaw stability was improved for arracacha starch while these properties didn't change significantly for corn starch. Gelling temperature decreased about 9.45 to 11.63 °C in the modified starches compare to native starches. The release study was carried out with compact systems. Release behaviors were found ranging from immediate to controlled release systems, which varied according to the level of acetylation used. These results show modified arracacha starches as promising materials for many applications in the pharmaceutical field.

Keywords: Acetylation, Starch, Arracacha, drug delivery.

Contenido

Capítulo 1. ASPECTOS GENERALES	3
1.1 ALMIDÓN	4
1.2 MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN	5
1.2.1 Modificaciones químicas del almidón	6
1.2.1.1 Acetilación del almidón	7
1.3 ESTADO DEL ARTE	7
Capítulo 2. METODOLOGIA	13
2.1 MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS	13
2.1.1 Materiales y reactivos	13
2.1.2 Equipos	13
2.1.3 Métodos	13
2.1.3.1 Métodos de Caracterización.	14
2.1.3.1.1 Extracción del almidón	14
2.1.3.1.2 Acetilación del almidón	14
2.1.3.1.3 Proceso de determinación del grado sustitución mediante valoración por retroceso	15
2.1.3.1.4 Determinación del grado de sustitución (GS).	15
2.1.3.2 Caracterización fisicoquímica en dispersión	16
2.1.3.2.1 Determinación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua	16
2.1.3.2.2 Determinación de la viscosidad	17
2.1.3.2.3 Determinación de la temperatura de gelificación	17
2.3.3.2.4 Determinación de claridad de las dispersiones.	17
2.3.3.2.5 Estabilidad al congelamiento-descongelamiento.	18
2.3.3.2.6 Determinación de sinéresis	18
2.3.3.2.7 Determinación del pH	18
2.3.3.2.8 Solubilidad en agua fría	18
2.3.3.3.1 Caracterización por difracción de rayos X (DRX)	19
2.3.3.3.2 Contenido de humedad	19
2.3.3.3.3 Determinación de las isoterms de sorción	19
2.1.3.4 Caracterización Farmacotécnica	20
2.1.3.4.1 Propiedades intrínsecas	20
2.1.3.4.2 Propiedades derivadas	21
2.1.3.4.3 Evaluación de La Funcionalidad (Disolución)	22
Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1 EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN	24
3.2 ACETILACIÓN DEL ALMIDÓN	24
3.2.1 Espectroscopia de Infrarrojo	24
3.3 CARACTERIZACIÓN POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)	27
3.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SUSTITUCIÓN (GS)	28
3.5 DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA	29
3.5.1 Poder de Hinchamiento (PH)	29
3.5.2 Solubilidad	32

3.5.3 Absorción de agua	33
3.6 DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD	35
3.7 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELIFICACIÓN.	37
3.8 DETERMINACIÓN DE CLARIDAD DE PASTAS DE ALMIDÓN	39
3.9 ESTABILIDAD AL CONGELAMIENTO-DESCONGELAMIENTO	41
3.10 DETERMINACIÓN DE SINÉRESIS	43
3.11 DETERMINACIÓN DEL pH	45
3.12 SOLUBILIDAD EN AGUA FRÍA	45
3.13 SORCIÓN	47
3.14 CARACTERIZACIÓN FARMACOTÉCNICA	49
3.14.1 Forma de las partículas	49
3.14.2 Tamaño y distribución de tamaño de partículas	53
3.14.3 Densidad aparente, apisonada.	54
3.14.4. Voluminosidad, Índice de Hausner e Índice de Carr	55
3.14.5. Índice de Hausner y Carr.	57
3.14.6 Contenido de humedad	58
3.14.7 Compresibilidad	59
3.15 EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD (DISOLUCIÓN)	61
3.15.1 Disolución comparativa	61
3.15.2 Evaluación preliminar de las condiciones del ensayo	61
Los comprimidos se sometieron a las siguientes condiciones:	61
3.15.3 Condiciones definitivas.	62
Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1 CONCLUSIONES	67
4.2 RECOMENDACIONES	68
Bibliografía	69
ANEXO A: PODER DE HINCHAMIENTO A DIFERENTES TEMPERATURAS.	76
ANEXO B: PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES A DIFERENTES TEMPERATURAS.	77
ANEXO C: ABSORCIÓN DE AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS.	78
ANEXO D: DATOS PRIMARIOS DE VISCOSIDAD APARENTE.	79
ANEXO E: CLARIDAD DE PASTAS DE ALMIDÓN	80
ANEXO F. DETERMINACIÓN DE SINÉRESIS, pH y ESTABILIDAD AL CONGELAMIENTO-DESCONGELAMIENTO.	82
ANEXO G: DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE SORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD.	84
ANEXO H: TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA.	86
ANEXO I: RESULTADOS DE LOS PERFILES DE DISOLUCIÓN.	94
ANEXO J. RESULTADOS DE DENSIDAD APARENTE, APISONADA, ÍNDICE DE HAUSNER Y CARR.	103
ANEXO K: TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.	106
ANEXO L: RESULTADOS DE SOLUBILIDAD DE ALMIDONES.	129

Lista de Figuras

Figura 1-1. Estructura Química de la Amilosa _____	4
Figura 1-2. Estructura Química de la Amilopectina. _____	5
Figura 1-3. Modificación química del almidón _____	6
Figura 2- 2. Esquema del equipo para medir sorción de líquidos _____	19
Figura 3-1. Espectroscopia de Infrarrojo almidón de arracacha nativo y modificado. _____	25
Figura 3-2. Espectroscopia de Infrarrojo almidón de maíz nativo y modificado. _____	26
Figura 3-3. Difracción de Rayos X (DRX) de almidón de Maíz. _____	27
Figura 3-4. Difracción de Rayos X (DRX) de almidón de arracacha. _____	28
Figura 3-5. Poder de Hinchamiento del almidón de maíz _____	30
Figura 3-6. Poder de Hinchamiento del almidón de arracacha _____	30
Figura 3-7. Poder de hinchamiento vs. Grado de sustitución. _____	31
Figura 3-8. Sólidos solubles almidón de maíz _____	32
Figura 3-9. Sólidos solubles almidón de arracacha _____	32
Figura 3-10. Absorción del agua almidón maíz _____	34
Figura 3-11. Absorción del agua almidón de arracacha _____	34
Figura 3-12. Viscosidad almidón de maíz _____	35
Figura 3-13. Viscosidad almidón de arracacha _____	36
Figura 3-14. Temperatura de gelificación del almidón de maíz _____	37
Figura 3-15. Temperatura gelificación del almidón de arracacha _____	38
Figura 3-16. Claridad de las pastas de almidón de arracacha a temperatura 25°C. _____	39
Figura 3-17. Claridad de las pastas de almidón de arracacha a temperatura 4°C. _____	39
Figura 3-18. Claridad de las pastas de almidón de maíz a temperatura 25°C. _____	40
Figura 3-19. Claridad de las pastas de almidón de maíz a temperatura 4°C. _____	40
Figura 3-20. Relación entre el grado de sustitución y el porcentaje de agua liberada de los almidones de maíz y arracacha en estudio, después de un ciclo de congelamiento (5°C) descongelamiento (25°C). _____	42
Figura 3-21. Sinéresis para el almidón de arracacha _____	43
Figura 3-22. Sinéresis para el almidón de maíz _____	44
Figura 3-23. Obtenido para los almidones analizados _____	45
Figura 3-24. Solubilidad de los almidones analizados en agua fría _____	46
Figura 3-25. Isotermas de sorción de los almidones de arracacha nativo y modificados. _____	47
Figura 3-26. Isotermas de sorción de los almidones de maíz nativo y acetilados _____	48
Figura 3-27. Almidón de arracacha nativo (1000X y 5000X). _____	49
Figura 3-27. Almidón de arracacha modificado Nivel I (1000X y 5000X) _____	50
Figura 3-29. Almidón de arracacha modificado Nivel II (1000X y 5000X) _____	50
Figura 3-30. Almidón de arracacha modificado Nivel III (1000X y 5000X) _____	51
Figura 3-31. Almidón de maíz nativo (1000X y 5000X) _____	51
Figura 3-32. Almidón de maíz modificado Nivel I (1000X y 5000X) _____	51
Figura 3-32. Almidón de maíz modificado Nivel II (1000X y 5000X) _____	52
Figura 3-34. Almidón de maíz modificado Nivel II (1000X y 5000X) _____	52
Figura 3-35. Relación entre el tamaño de partículas y el grado de sustitución de los almidones estudiados de arracacha y maíz. _____	53
Figura 3-36. Relación entre la densidad aparente y apisonada y el grado de sustitución de los almidones de maíz estudiados. _____	54
Figura 3-37. Relación entre la densidad aparente y apisonada y el grado de sustitución de los almidones de arracacha estudiados. _____	54
Figura 3-38. Voluminosidad aparente y apisonada para el almidón de maíz nativo y modificado. _____	56
Figura 3-39. Voluminosidad aparente y apisonada para almidón de arracacha nativo y modificado. _____	56
Figura 3-40. Índice de Hausner para los almidones de maíz y arracacha estudiados. _____	57
Figura 3-40. Índice de Carr para los almidones de maíz y arracacha. _____	57

Figura 3-42. Porcentaje de humedad residual para los almidones maíz y arracacha analizados.	58
Figura 3-43. Perfil de disolución del diclofenaco sódico a partir de las matrices con almidón de maíz nivel III y almidón de arracacha nivel III en las condiciones preliminares.	61
Figura 3-44. Perfil de disolución del diclofenaco sódico a partir de matrices compuestas por almidón de maíz nativo y modificado, en condiciones definitivas.	62
Figura 3-45. Perfil de disolución del diclofenaco sódico a partir de las matrices elaboradas con los almidones de arracacha nativos y modificadas, en las condiciones definitivas establecidas para el ensayo de disolución.	64
Figura 3-46. Perfiles de disolución del diclofenaco sódico a partir de las matrices elaboradas con los almidones de arracacha y maíz en las condiciones de disolución definitivas.	66

Lista de Tablas

Tabla 2-1. Análisis estadístico realizado	23
Tabla 3-1. Lotes de almidones	24
Tabla 3-2. Porcentaje de acetilación y grado de sustitución	29
Tabla 3-3. Evaluación del comportamiento bajo compresión.	60
Tabla 3-4. Comparación de perfiles de disolución de almidón de maíz.	63
Tabla 3-5. Comportamiento cinético de los perfiles de disolución del diclofenaco.	64
Tabla 3-6. Comparación de perfiles de disolución.	65
Tabla A-1. Poder de hinchamiento (PH) Almidón de Maíz.	76
Tabla A-2. Poder de hinchamiento (PH) Almidón de Arracacha	76
Tabla B-1. Porcentaje de sólidos solubles Almidón de Maíz.	77
Tabla B-2. Porcentaje de sólidos solubles Almidón de Arracacha.	77
Tabla C-1. Absorción de agua Almidón de Maíz.	78
Tabla C-2. Absorción de agua Almidón de Arracacha.	78
Tabla D-1. Viscosidad Aparente de Almidón de Maíz nativo y modificado en suspensión al 5%.	79
Tabla D-2. Viscosidad Aparente de Almidón de Arracacha nativo y modificado en suspensión al 5%.	79
Tabla F-1. Cantidad de agua liberada Almidón de Arracacha Nativo y Modificados.	82
Tabla F-2. Cantidad de agua liberada Almidón de Maíz Nativo y Modificados.	82
Tabla F-3. Datos de pH para almidón de Arracacha y Maíz nativos y modificados.	82
Tabla F-4. Datos primarios para congelamiento descongelamiento de los almidones de Arracacha y Maíz nativos y modificados.	83
Tabla G-1. Capacidad de sorción de almidones de Arracacha Nativos y modificados.	84
Tabla G-2. Capacidad de sorción de almidón de Maíz Nativo y modificados.	84
Tabla G-3. Contenido de humedad de Almidón de Arracacha y Maíz nativo y modificados.	84
Tabla I- 1. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel III en las condiciones de partida.	95
Tabla I-2. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel III en las condiciones de partida.	96
Tabla I- 3. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz nativo en las condiciones de finales.	97
Tabla I-4. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel I en las condiciones de finales.	97
Tabla I-5. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel II en las condiciones de finales.	98
Tabla I-6. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel III en las condiciones de finales.	99
Tabla I-7. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nativo en las condiciones de finales.	99
Tabla I-8. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel I en las condiciones de finales.	100
Tabla I-9. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel II en las condiciones de finales.	100
Tabla I-10. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel III en las condiciones de finales.	102

Tabla J-1. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de Arracacha nativo	103
Tabla J-2. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel I.	103
Tabla J-3. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel II.	104
Tabla J-4. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel III.	104
Tabla J-5. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz nativo.	104
Tabla J-6. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel I.	105
Tabla J-7. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel II.	105
Tabla J-8. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel III.	105
Tabla K-1. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en cero horas	106
Tabla K-2. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 24 horas	106
Tabla K-3. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 48 horas.	107
Tabla K-4. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 72 horas.	107
Tabla K-5. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 0 horas.	108
Tabla K-6. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 24 horas.	108
Tabla K-7. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 48 horas.	108
Tabla K-8. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 72 horas.	109
Tabla K-9. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 0 horas.	109
Tabla K-10. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 24 horas.	109
Tabla K-11. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 48 horas.	110
Tabla K-12. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 72 horas.	110
Tabla K-13. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 0 horas.	111
Tabla K-14. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 24 horas.	111
Tabla K-15. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 48 horas.	111
Tabla K-16. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 72 horas.	112
Tabla K-17. Análisis de varianza de un factor para el poder de hinchamiento de almidón de arracacha.	112
Tabla K-18. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de sólidos solubles d el almidón de arracacha.	113
Tabla K-19. Análisis de varianza de un factor para la absorción de agua del almidón de arracacha.	113

Tabla K-20. Análisis de varianza de un factor para el poder de hinchamiento del almidón de maíz.	113
Tabla K-21. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de sólidos solubles del almidón de maíz.	114
Tabla K-22. Análisis de varianza de un factor para absorción de agua del almidón de maíz.	114
Tabla K-23. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 2cm-1.	115
Tabla K-24. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 4cm-1.	115
Tabla K-25. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 10cm-1.	115
Tabla K-26. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 20cm-1.	116
Tabla K-27. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 2cm-1.	116
Tabla K-28. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 4cm-1.	116
Tabla K-29. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 10cm-1.	117
Tabla K-30. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 20cm-1.	117
Tabla K-31. Análisis de varianza de un solo factor para estabilidad al congelamiento descongelamiento para almidones de arracacha.	117
Tabla K-32. Análisis de varianza de un solo factor para estabilidad al congelamiento descongelamiento para almidones de maíz.	118
Tabla K-33. Análisis de varianza de un solo factor para densidad aparente de almidones de arracacha.	118
Tabla K-34. Análisis de varianza de un solo factor para densidad apisonada de almidones de arracacha.	119
Tabla K-35. Análisis de varianza de un solo factor para densidad aparente de almidones de maíz.	119
Tabla K-36. Análisis de varianza de un solo factor para densidad apisonada de almidones de maíz.	119
Tabla K-37. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad aparente de almidones de arracacha.	120
Tabla K-38. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad apisonada de almidones de arracacha.	120
Tabla K-39. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad aparente de almidones de maíz.	121
Tabla K-40. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad apisonada de almidones de maíz.	121
Tabla K-41. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Hausner de los almidones de arracacha.	121
Tabla K-42. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Carr de los almidones de arracacha.	122
Tabla K-43. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Hausner de los almidones de maíz.	122
Tabla K-44. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Carr de los almidones de maíz.	123
Tabla K-45. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 24 horas.	123
Tabla K-46. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 48 horas.	123

Tabla K-47. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 72 horas. _____	124
Tabla K-48. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 96 horas. _____	124
Tabla K-49. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 168 horas. _____	125
Tabla K-50. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 24 horas. _____	125
Tabla K-51. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 48 horas. _____	125
Tabla K-52. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 72 horas. _____	126
Tabla K-53. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 98 horas. _____	126
Tabla K-54. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 168 horas. _____	127
Tabla K-55. Análisis de varianza de un solo factor para sorción de almidón de arracacha. _____	127
Tabla K-56. Análisis de varianza de un solo factor para sorción de almidón de maíz. _____	127
Tabla K-57. Análisis de varianza de un solo factor para solubilidad en agua fría de almidón de maíz. _____	128
Tabla K-58. Análisis de varianza de un solo factor para solubilidad en agua fría de almidón de arracacha. _____	128
Tabla L-1. Solubilidad de almidones de arracacha y maíz nativos y modificados. _____	129

Lista de símbolos y abreviaturas**Símbolos**

Símbolo	Término
L	litro
f_2	Factor de similitud
mL	Mililitros
f_1	Factor de diferencia

Abreviatura	Término
°C	Grados Celsius
GS	Grado de sustitución
<i>min.</i>	Minutos
<i>PH</i>	Poder de hinchamiento
<i>%P/P</i>	Porcentaje peso-peso
<i>%P/V</i>	Porcentaje peso-volumen
<i>rpm</i>	Revoluciones por minuto
<i>T</i>	Transmitancia
DSC	Calorimetría diferencial de barrido

Introducción

El almidón es la fuente principal de los carbohidratos en la dieta humana debido a que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza; es la reserva alimenticia de los vegetales y se encuentra almacenado en forma de gránulos en sus diferentes estructuras, siendo las semillas las que contienen mayor concentración de este polímero, lo cual varía dependiendo del género y la especie. Los gránulos de almidón están constituidos por dos polímeros de glucosa, llamados amilopectina y amilosa, y se encuentran en el interior de las células vegetales, de donde son extraídos, para aplicaciones industriales (1). El almidón ha ocupado lugares cada vez más importantes en la industria química y farmacéutica. Para estos fines en muchos casos ha sido necesario modificar algunas de sus propiedades por vías químicas, físicas y microbiológicas, con el objetivo de superar algunas limitaciones que posee; de este modo se obtienen compuestos de mayor utilidad en diferentes campos de la industria (farmacéutica, alimentaria, entre otras) (2).

El almidón se puede distinguir entre almidones nativos y modificados, definiendo los almidones nativos como aquellos que se extraen de la materia prima vegetal mediante procesos de molienda por vía seca o húmeda. En tanto los almidones modificados proceden de almidones nativos que posteriormente han sido tratados física, química o enzimáticamente (3).

Para la selección de un almidón para uso industrial, hay que considerar la viabilidad económica y también las características fisicoquímicas, las cuales van a depender de la fuente vegetal, debido a que cada almidón nativo es único (4). Los almidones nativos definidos como aquellos sin modificar y propios de una región, se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de productos por sus propiedades viscosantes y gelificantes; sin embargo las condiciones de temperatura, pH y presión utilizadas en algunos procesos, pueden limitar propiedades como baja resistencia al corte, descomposición térmica, alto

nivel de retrogradación y la sinéresis, entre otras. Estas limitaciones que reducen sus aplicaciones industriales, pueden superarse modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos o enzimáticos como se mencionó, los cuales pueden ampliar su aplicación (5).

Últimamente, los derivados del almidón se han estudiado para su uso en sistemas de liberación controlada de fármacos por vía oral (6). El almidón nativo normalmente no es adecuado para el diseño de sistemas de liberación controlada de fármacos, porque genera una liberación muy rápida del mismo. Esto debido al hinchamiento y a la rápida degradación enzimática del almidón nativo en los sistemas biológicos. Típicamente, los almidones derivados resisten más a la lisis enzimática que los nativos. Durante el desarrollo del presente trabajo se realizó la modificación química al almidón nativo de arracacha (fuente no tradicional de almidón), mediante la reacción de acetilación utilizando anhídrido acético en diferentes niveles y se evaluarán las propiedades fisicoquímicas y de funcionalidad.

Capítulo 1. ASPECTOS GENERALES

Probablemente la *Arracacia xanthorrhiza* conocida como arracacha es la planta más antigua cultivada en América del Sur, fue descrita por Bancroft en 1825 y tiene la siguiente clasificación botánica:

- División..... Spermatophyta.
- Subdivisión..... Magnoliophyta (Angiospermae)
- Clase..... Magnoliatae (Dicotiledónea).
- Subclase..... Rosidae.
- Orden..... Umbellales (Araliales).
- Familia..... Umbelliferae (Apiaceae).
- Género..... *Arracacia*.
- Especie..... *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft (7).

Arracacha es la única umbelífera domesticada en América del Sur y sigue confinado a ese continente en su distribución. Allí numerosos umbelíferas domesticados de Eurasia, muchos de los cuales forman comestibles raíces u otros órganos subterráneos de almacenamiento, tales como la chirivía, el perejil, la zanahoria y apio. La planta de arracacha produce varias raíces laterales, que constituyen la parte comestible, un rizoma central y varios tallos laterales cortos o renuevos, que sirven como propágulos, así como un exuberante follaje. Es una especie perenne, pero se cultiva como anual (8).

La arracacha se produce principalmente en Brasil, en Colombia, en Ecuador y en Venezuela, donde es un producto regular de los mercados urbanos. A pesar que se ha llevado repetidamente a otras regiones, no se ha logrado establecer como cultivo comercial, con excepción de Brasil, donde se siembra más arracacha que en cualquier país andino.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR reporta que en Colombia, para el 2008, se cultivaron un total de 6442 hectáreas, siendo Tolima el principal productor (3235 hectáreas), seguido por Norte de Santander (683 hectáreas), Huila (563 hectáreas) y Boyacá (517 hectáreas). Según esta misma fuente, los rendimientos estuvieron entre 4,76 toneladas/hectáreas, en Cauca y 17,4 toneladas/hectáreas, en Antioquia. Ese mismo año en el Departamento de Boyacá, el municipio de Tibaná fue el primer

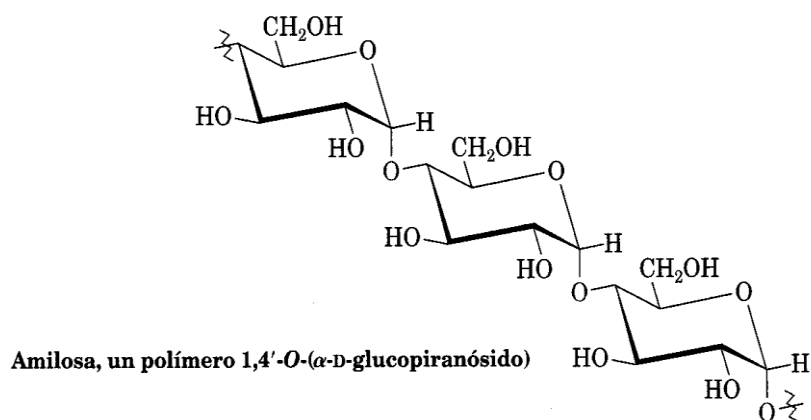
productor, con 2400 toneladas, seguido por el municipio de Boyacá, con 1560t siendo uno de los cultivos de mayor importancia en la economía agrícola, junto con la papa (9).

1.1 ALMIDÓN

El almidón constituye la forma más generalizada aunque no la única de reserva de energía en los vegetales. Este se almacena en forma de gránulos y pueden llegar a constituir un 70% del peso de granos o tubérculos.

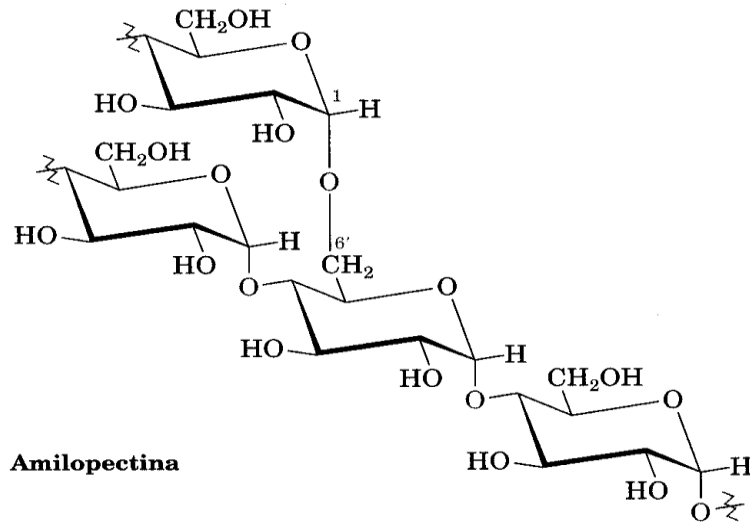
El almidón está compuesto por dos polímeros de diferente estructura: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es esencialmente lineal, como se muestra en la Figura 1-1.

Figura 1-1. Estructura Química de la Amilosa



Fuente: McMurry, 1995(10).

Por su parte la amilopectina está compuesta por ramificaciones tal cual como se presenta en la Figura 1-2.

Figura 1-2. Estructura Química de la Amilopectina.

Fuente: McMurry, 1995(10).

El almidón contiene generalmente alrededor del 20% de amilosa la cual es soluble en agua y el 80% en amilopectina, insoluble en agua. La amilosa consta de varios cientos de moléculas de glucosa enlazadas con uniones 1,4 alfa- glucósidas, en tanto la amilopectina presenta ramificaciones 1,6 alfa- glucosídicas cada 25 unidades de glucosa más o menos (10).

La estructura de la amilosa consiste en una hélice espiral (tornillo) de seis unidades de D- glucosa por vuelta, su masa molar relativa varía entre 18000-252000 dalton lo que corresponde a una secuencia de 100 a 1400 unidades de glucosa aproximadamente; la cadena de amilopectina, consta de varias unidades de D-glucosa, ramificadas en forma de arbusto en cadenas cortas de 20-25 unidades de glucosa. Las uniones a lo largo de la cadena son de tipo alfa-(1,4) glucosídica y de alfa (1,6) glucosídica en los puntos de ramificación. Su masa molecular relativa es de 200000- 1000000 Dalton e incluso superior (10).

1.2 MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN

La modificación del almidón se puede hacer por varios métodos, pero los más comunes son los físicos y químicos. La modificación física se realiza mediante el calor y la

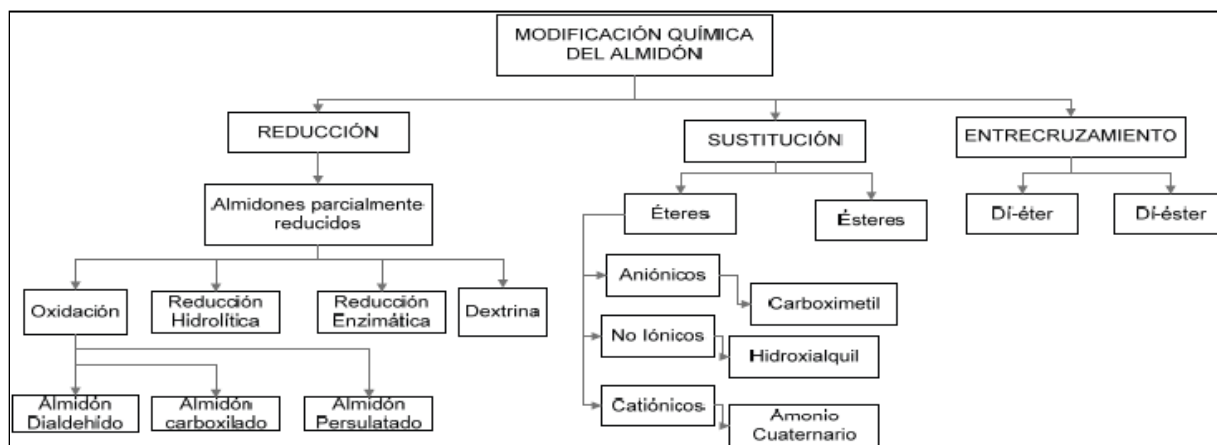
humedad (pregelatinización), mientras que los tratamientos químicos implican la introducción de grupos funcionales dentro de la molécula de almidón utilizando reacciones de derivatización (eterificación, esterificación, entrecruzamiento, etc.) o de descomposición (ácida o hidrólisis enzimática y oxidación). La importancia de modificar un almidón nativo radica en mejorar una o más propiedades fisicoquímicas específicas, como por ejemplo la resistencia a la degradación, el aumento en el hinchamiento, el mejoramiento de la fluidez, la compactación, entre otras, que facilite el proceso de fabricación de un producto en un momento dado, o le dé un valor agregado al producto final (11).

1.2.1 Modificaciones químicas del almidón

La modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón. Reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación, son algunas modificaciones químicas aplicables al almidón. En este contexto la acetilación corresponde a una modificación de sustitución, específicamente de esterificación como se muestra en la Figura 1-3.

El grado de sustitución está relacionado con la modificación química e indica el promedio del número de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón. El máximo grado de sustitución (GS) es 3 debido a que se presentan tres hidroxilos disponibles por unidad de anhidroglucosa (12).

Figura 1-3. Modificación química del almidón



Fuente: Peñaranda, 2008(12).

1.2.1.1 Acetilación del almidón

El almidón acetilado se obtiene por esterificación con anhídrido acético y el número de grupos acetilo incorporados en la molécula depende de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa / amilopectina, pH, y la presencia de algún catalizador. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite en alimentos, almidones con bajo grado de sustitución (máximo 2.5). El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos (5).

La acetilación del almidón puede ser realizada con relativa facilidad para mejorar de forma significativa las propiedades físico-químicas y funcionales del almidón, siendo así que el almidón acetilado con un bajo grado de sustitución (0.01–0.2), presenta características como alto poder hinchamiento, mejor solubilidad en agua, y baja temperatura de gelificación. Almidones con un alto grado de sustitución (2.0–3.0) muestran un gran número de aplicaciones como aglutinantes para tabletas, adhesivos termoplásticos, filtros de cigarrillos, materiales de revestimiento y no para alimentos, determinando así que grados de sustitución diferentes conllevan a una magnitud de cambio de las propiedades físico-químicas del almidón proporcional al grado de acetilación de las moléculas. En la industria farmacéutica los acetatos de almidón altamente sustituidos se han introducido recientemente como excipientes para las tabletas de compresión directa (13).

1.3 ESTADO DEL ARTE

Existen variedad de trabajos sobre la modificación química o física de almidones, en los cuales se realizan estudios partiendo del almidón nativo, para mejorar sus atributos o minimizar sus defectos sean estos funcionales, fisicoquímicos o tecnológicos. La gran mayoría busca la relación entre la modificación hecha y sus propiedades fisicoquímicas, para así acoplarlo a una función tecnológica, a nivel de industrial sea alimentaria, farmacéutica o cosmética.

La modificación química del almidón, implica la esterificación, eterificación o la oxidación de los grupos hidroxilo disponible en las unidades alfa-*D*-glucopiranosil que conforman los polímeros de almidón. Los almidones usualmente modificados son los de maíz, de

patata, de trigo, y en menor proporción los almidones nativos o propios de una región, encontrándose en estos un alto potencial, como nueva fuente de almidón para uso, farmacéutico.

Para el almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) se encuentran artículos relacionados con la evaluación y caracterización de algunas propiedades en estado modificado y sin modificar entre los que se tiene:

D. Rodríguez, *et. al.* (14). Trabajaron sobre la caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (variedad amarilla), entre las que se destacan el tamaño de partícula, la forma, el rango de temperatura de gelificación, el contenido de amilosa, la voluminosidad, la fluidez y desempeño bajo compresión; concluyéndose sobre este almidón que es un material ligeramente higroscópico, de baja voluminosidad, pobre fluidez y buen desempeño bajo compresión.

L. Matsuguma, *et. al.* (4). Caracterizaron la composición y las características fisicoquímicas el almidón nativo y modificado de arracacha (por oxidación con peróxido de hidrogeno) obtenido de dos variedades comerciales (Amarela de Carandaí y Senador Amaral). Se pudo concluir que la composición química (fibra, cenizas, lípidos, carbohidratos totales, proteínas, humedad) estuvo influenciada por la genética y los factores agronómicos. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, se encontró mediante análisis viscoamilograficos que los almidones modificados tienen menor viscosidad y presentaron diferencias entre las variedades. El análisis térmico, evidenció temperaturas de pirólisis.

Entre los artículos relacionados con modificación química especialmente acetilación se tienen:

L. Mirmoghtadaie, *et. al.* (15). Trabajaron sobre el efecto del entrecruzamiento y acetilación en las propiedades del almidón de avena, haciendo entrecruzamiento a dos niveles de sustitución usando oxiclورو de fósforo, y acetilando con anhídrido acético a dos niveles también. Se evaluó el poder de hinchamiento, las propiedades térmicas y la retrogradación para ambas modificaciones, concluyéndose que el entrecruzamiento disminuye el poder de hinchamiento, y no disminuye la temperatura de gelificación,

mientras que incrementa la sinéresis en comparación con el almidón nativo. La acetilación disminuye el poder de hinchamiento e incrementa la temperatura de gelificación y la sinéresis del almidón de avena.

C. Prieto, *et. al.* (16). Realizaron la caracterización del almidón de cebada acetilado con anhídrido acético y acetato de vinilo. Observándose un aumento en el tamaño de partícula. La morfología del gránulo no se afectó por la acetilación. El almidón tratado con acetato de vinilo, no sufre daño en la superficie a diferencia de lo ocurrido con el almidón tratado con anhídrido acético. Para ambos casos se obtuvieron almidones con bajo grado de sustitución, que pueden ser útiles en la industria alimentaria.

A. Rincón, *et. al.* (5). En este estudio se realizó acetilación y la oxidación del almidón de las semillas del fruto del pan (*Artocarpus altilis*), comparándose con el almidón nativo en composición y en algunas propiedades fisicoquímicas con respecto al almidón modificado. El análisis proximal reveló que los almidones modificados presentaron contenidos de humedad más altos que los nativos, y que el contenido de cenizas, proteínas, fibra cruda y amilosa aparente fue reducido con las modificaciones. Estas modificaciones no alteraron la morfología de los gránulos, la absorción de agua, ni el poder de hinchamiento, pero si los sólidos solubles, resultando mayores en los almidones acetilados. Las modificaciones redujeron la temperatura inicial de gelificación y la estabilidad aumentó con la acetilación y se redujo con la oxidación.

S. Garg, *et. al.* (17). En este estudio, se caracterizó y se evaluó el almidón acetilado de maíz con diferentes grupos acilos y varios grados de sustitución. Se pudo observar que la superficie cristalina se afectó por la acetilación y además la estabilidad térmica de los almidones acilados aumentó debido a la disminución en el número de grupos hidroxilo. Se pudo concluir que el grado de sustitución y la longitud del grupo acilo controlan el poder de hinchamiento, la solubilidad, la capacidad de retención de agua y la transmisión de la luz a través del almidón.

O. Lawal (18). Realizó el estudio sobre la composición, las propiedades fisicoquímicas y las características de retrogradación del almidón nativo de *Xanthosomas sagittifolium*, oxidado, acetilado y modificado en medio ácido. Se encontró que el contenido de ceniza,

grasa, fibra cruda, proteína y amilosa se redujeron con las modificaciones y que estas modificaciones no alteraron la morfología del gránulo. La acetilación mejoró la capacidad de hinchamiento, mientras que la oxidación y la modificación ácida la redujeron; no obstante la oxidación y la acetilación redujeron la capacidad de gelificación, mientras que la tendencia de retrogradación se redujo después de la oxidación y acetilación, pero aumentó con la modificación ácida.

D. Phillips, *et al.* (19). Utilizaron espectroscopia Raman para la determinación del grado de sustitución de almidones modificados químicamente por reacciones de acetilación, mediante el empleo de curvas de calibración de almidones con distinto grado de sustitución. Sus resultados muestran que esta técnica puede ser usada con alto grado de confianza para determinar el grado de sustitución en almidones modificados.

H. Chi, *et al.* (20). Obtuvieron almidón de maíz con distintos grados de sustitución modificados por reacción de acetilación, los cuales fueron caracterizados por RMN, espectroscopia de rayos X, titulaciones ácido-base y determinación del ángulo de reposo. Estas técnicas evidenciaron cambios como pérdida de grupos OH, con modificaciones en la estructura cristalina y aumento del ángulo de reposo.

Alguno de los trabajos que tratan sobre la utilidad funcional de los almidones acetilados se tiene:

L. Chen, *et al.* (6). En este estudio se observó el efecto de la acetilación del almidón de maíz en el hinchamiento y degradación enzimática, así como también la velocidad de liberación de un fármaco (albúmina de suero bovino), a partir de una tableta recubierta a base del almidón modificado. Se evidenció que la propiedad de hinchamiento del almidón de maíz se incrementó con la acetilación, lo que además disminuyó su degradación enzimática. Los estudios de liberación demostraron que los comprimidos recubiertos con almidón acetilado pueden entregar el fármaco en el colon.

O. Korhonen, *et al.* (13). El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades de liberación controlada del acetato de almidón *in vivo* en seres humanos, usando como fármaco de liberación el diltiazem, en tabletas con varias formulaciones, (rápida, moderada, lenta) y como referencia un producto comercial. Se demostró que la tableta

hecha con formulación “moderada” y el producto de referencia comercial mostraron un comportamiento similar en los perfiles de liberación *in vitro*. Las concentraciones de diltiazem en plasma fueron equivalentes para ambos casos. En conclusión se encontró que es posible emplear acetato de almidón como sistema de liberación controlada para humanos.

S. Pohja, *et al.* (21). El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de acetatos de almidón de patata con alto grado de sustitución y su concentración en relación con las propiedades de una tableta. Se encontró que a un grado de sustitución de 3.0 se obtuvo una mejor compactibilidad que aquellos con grado de sustitución 2.6. Además una disminución en la concentración de acetato de almidón aumentó la velocidad de liberación del fármaco (Propranolol Clorhidrato), debido a que durante la disolución se formaron grietas en las tabletas, que aumentaron el área disponible para la difusión, y como resultado se incrementó la velocidad de liberación del fármaco.

B. Van Veen, *et al.* (22). En este estudio se investigó el mecanismo de liberación de un fármaco hidrofílico en una matriz hidrofóbica compuesta en parte por acetato de almidón, haciendo diferentes mezclas con el fármaco (cafeína) y el acetato de almidón. Mediante perfiles de disolución se explicó, la relación entre los factores que afectaron la liberación, tales como la proporción de los componentes y el grado de porosidad de la tableta. Se llegó a la conclusión que las tabletas sin acetato de almidón liberaron la cafeína rápidamente en disolución, mientras que cuando el acetato de almidón estaba presente en la tableta la liberación se hizo más lenta, lo que se explica por la aparición de mini grietas sobre la superficie, por las cuales entra medio circundante y sale lentamente el fármaco.

L. Tuovinen, *et al.* (23). Trabajaron en la comparación de las velocidades de liberación de fármacos empleando almidones nativos y acetilados de patata, utilizando grados de sustitución de 1.9 o 2.6. Los fármacos tomados como modelos fueron la albumina de suero bovino, el FITC-dextran, el timolol y el sotalol HC. Para todos los compuestos la liberación fue rápida con una película solo de almidón de patata. Cuando se empleó una película de acetato de almidón de patata, la liberación disminuyó sustancialmente. Cuando se comparó las películas con grado de sustitución 1.9 para todos los fármacos (excepto sotalol HCl) la liberación es más lenta que cuando se tiene un grado de

sustitución de 2.6, demostrando que una acetilación del almidón de papa de 1.9 puede sustancialmente retardar la liberación del fármaco.

Capítulo 2. METODOLOGIA

2.1 MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

2.1.1 Materiales y reactivos

- Almidón de *Arracacia xanthorrhiza*
- Almidón de *Zea mays*. Industrias del maíz
- Agua HPLC
- Anhídrido acético 99%. J. T Baker
- Hidróxido de sodio Merck
- Etanol al 75%. Sigma-aldrich
- NaOH 3,0%. Merck
- HCL 0,25N. Merck
- KOH 0,5N. Merck
- Fenolftaleína. J. T Baker

2.1.2 Equipos

- Balanza analítica Mettler Toledo modelo XP 205, sensibilidad 0,1mg.
- Equipo de producción de agua ultrafiltrada Millipore
- Espectrómetro infrarrojo Perkin Elmer modelo Spretum BX
- Espectrofotómetro ultravioleta Agilent Technologies modelo 8453
- Disolutor Distek Evolution modelo 6100
- Calorímetro diferencial de barrido Mettler Toledo modelo 822E
- Prensa hidráulica Carver Laboratory press modelo C
- Microscopio electrónico FEI Quanta 200
- Equipo mastersizer Malvern Instrument modelo Hidro 2000s
- Estufa Mettler Toledo modelo Lindbergg Blue M
- pH metro Mettler Toledo modelo 8603

- Equipo de desintegración Distek Evolution modelo 6300
- Equipo de Rayos X Panalytical modelo X'Pert PRO MPD
- Nevera SANYO modelo S20

2.1.3 Métodos

2.1.3.1 Métodos de Caracterización.

2.1.3.1.1 Extracción del almidón

El material de partida para la obtención de almidón fueron raíces de *Arracacia xanthorrhiza* adquirida en la central de abastos de la ciudad de Bogotá. Se escogió aquel material sin defectos físicos, magulladuras, entero y fresco.

Se adquirieron en total 12 kilogramos de *Arracacia xanthorrhiza*, se comenzó la extracción con un lavado seguido de un troceado y licuado por 3 minutos del material, esta lechada se pasó por lienzo y a su vez fue lavado. Posteriormente se dejó decantar y al sedimento se le realizaron varios lavados con agua destilada y al final se suspendió en etanol absoluto. Se filtró al vacío y se secó en bandejas de acero inoxidable a una temperatura de 45°C por 12 horas.

Terminada la etapa de secado el almidón obtenido se pasó a través de malla número 40 U.S. STD. Sieve (425 μm), posteriormente se pesó.

2.1.3.1.2 Acetilación del almidón

Se pesaron 40g de almidón nativo en un vaso de precipitado de 500mL se adicionaron 100mL se agua destilada y se hizo una suspensión uniforme con ayuda de un agitador, el vaso se introdujo en un baño frío manteniéndose la temperatura a 15°C \pm 1°C. Seguidamente se ajustó el pH entre 8.0 - 8.5 de la muestra en suspensión con unas gotas de NaOH 3%, el cual además actuó como catalizador. Se procedió a adicionar lentamente (gota a gota) el anhídrido acético, manteniendo simultáneamente el pH entre 8.0 - 8.5 con NaOH al 3%, hasta adicionar el volumen requerido del anhídrido (se utilizaron volúmenes de 5, 10 y 15mL para obtener diferentes grados de sustitución, teniendo en cuenta ensayos preliminares donde se utilizaron volúmenes inferiores a 5mL

y mayores de 15mL en las mismas condiciones.). Después de esto se dejó reaccionar el sistema por 10 minutos más. Se disminuyó el pH con HCL 0,5N y se procedió a lavar el almidón 3 veces con agua y centrifugando a 2500 rpm por 10 minutos; el último lavado se realizó con etanol absoluto y se centrifugó a 2500 rpm por 10 minutos. Se secó en un horno de bandejas a 40°C por 12 horas. Para la verificación de la reacción se realizaron espectros IR de los almidones nativos y acetilados. El espectro se analizó en un intervalo de longitud onda de 400-4000 cm^{-1} (13).

2.1.3.1.3 Proceso de determinación del grado sustitución mediante valoración por retroceso

Se pesó 1g de almidón acetilado (base seca) en un matraz erlenmeyer de 250mL. Se añadió 50mL de etanol al 75% tapando ligeramente el matraz y se colocó en un baño con agitación por 30 minutos. Seguidamente se dejó enfriar y se adicionó 40mL de KOH 0.5N. Posteriormente se agitó por 72 horas. Transcurridas las 72 horas, la muestra saponificada se tituló con HCL 0,5N usando fenolftaleína como indicador, después de esta primera valoración se dejó reposar por 2 horas, luego del cual se tituló el álcali adicional que lixivió con la muestra. El mismo procedimiento se realizó con el almidón nativo para utilizarlo como referencia (13, 24).

El porcentaje de grupos acetilos se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de acetilo} = \frac{[(\text{ml Blanco} - \text{mL Muestra}) * N \text{ HCl} * 0.043]}{\text{Peso de la muestra (b.s)g}}$$

Dónde: 0,043= miliequivalentes del grupo acetilo.

2.1.3.1.4 Determinación del grado de sustitución (GS).

El grado de sustitución del almidón acetilado es equivalente al número promedio de grupos OH que se reemplazaron por grupos acetilos en la unidad de anhidro glucosa y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Grado de sustitucion} = \frac{[(162 * \%acetil)]}{[4300 - (42 * \%acetil)]}$$

Dónde: 162 = peso molecular del unidad de anhidro glucosa

4300=100*peso molecular de grupo acetilo

42= peso molecular de grupo acetilo -1.

2.1.3.2 Caracterización fisicoquímica en dispersión

Para la caracterización fisicoquímica de los almidones en estudio, almidón de arracacha sin modificar, almidón de arracacha acetilado a tres diferentes grados de sustitución, almidón de maíz no modificado y almidón de maíz acetilado a tres diferentes grados de sustitución, se realizaron las siguientes pruebas, tanto en el estado sólido como en dispersión.

2.1.3.2.1 Determinación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua

Para la determinación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua se usó el método utilizado por C. Araujo (25) con algunas modificaciones. La determinación se realizó en un rango de temperatura entre 25 y 70°C. Se tomaron 4 gramos de almidón modificado y se trasvasaron cuantitativamente con 200mL de agua a un balón de 300mL de tres bocas, dentro del cual se introdujo un agitador magnético. En la boca central del balón se conectó un refrigerante y en una de las otras dos un termómetro, a la tercera boca se colocó un tapón el cual se removía durante el análisis para todas las muestras. El balón se colocó sobre una plancha de calentamiento con agitación. Se hizo un control de la temperatura y se tomaron alícuotas de 10mL cada 5 grados entre 25 y 70°C, esto se hizo con agitación a una velocidad constante permitiendo mantener el almidón modificado en suspensión durante el calentamiento. Dichas alícuotas se colocaron en tubos de centrifuga previamente tarados. Dichos tubos con la alícuota a temperatura ambiente se pesaron nuevamente. Se centrifugaron a 2200 rpm durante 15 minutos. El líquido sobrenadante se decantó en cápsulas de porcelana previamente taradas, evaporando mediante baño de vapor hasta que no presentara humedad visible. Las cápsulas se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante, se colocaron en desecador al vacío y se pesaron. Los tubos de centrifuga también se pesaron previamente. Este ensayo se realizó por duplicado.

Se realizan los siguientes cálculos:

A = Peso de alícuota (g)	W_3 = Almidón residual en el sedimento de cada alícuota
a = Peso del sedimento en el tubo (g)	% SS= % Sólidos solubles (g / g almidón)
b = Peso del residuo en la cápsula (almidón)	AA= Agua absorbida (g/g de almidón)

solubilizado, g).	
$W_1 = \% \text{ de almidón en base seca de la suspensión}$	$PH = \text{ Poder de Hinchamiento}$
$W_2 = \text{ Almidón en cada alícuota}$	

$$W_1 = \frac{\text{Peso almidón en base seca (g)}}{\text{Peso almidón en base seca (g)} + \text{Volumen de disolución (200 g)}} \times 100$$

$$W_2 = A \times \frac{W_1}{100} \qquad W_3 = W_2 - b \qquad \%SS = \frac{b}{W_2} \times 100$$

$$AA = \frac{a - W_3}{W_3}$$

$$PH = \frac{a \times 100}{W_2 \times (100 - \%SS)}$$

2.1.3.2.2 Determinación de la viscosidad

Se prepararon pastas de almidón al 5% (p/v) en agua (3 réplicas por cada tipo de almidón) colocando éstas en un baño maría durante 15 min y posteriormente enfriándolas a temperatura ambiente. La viscosidad aparente de las pastas frías se midió a 25°C en un viscosímetro Brookfield a cuatro velocidades (2, 4, 10 y 20 min⁻¹) utilizando la aguja No 3 (26).

2.1.3.2.3 Determinación de la temperatura de gelificación

La determinación de la temperatura de gelificación se realizó utilizando un calorímetro diferencial de barrido (DSC- Mettler Toledo, Switzerland). Se pesaron aproximadamente 2,2 mg de muestra en cápsula de aluminio, se adicionaron 7,5uL de agua. Se selló herméticamente y se dejó equilibrar por espacio de 30 minutos antes de realizar el análisis. Transcurrido el tiempo de humectación la muestra fue sometida a un programa de calentamiento en un rango de temperatura de 10°C a 120°C, a una velocidad de calentamiento de 10°C min⁻¹. Se utilizó una cápsula con indio como referencia (27).

2.3.3.2.4 Determinación de claridad de las dispersiones.

Se suspendieron 0.2 g de una muestra de almidón en 5 mL de agua utilizando tubos de ensayo con tapa, 3 por cada tipo de almidón, los cuales fueron colocados en un baño de agua a ebullición por 30 min. Los tubos se agitaron vigorosamente cada 5 min. Después de enfriar a temperatura ambiente, se determinó el porcentaje de transmitancia (%T) a 650 nanómetros

en un espectrofotómetro utilizando agua como blanco. Tres muestras de cada almidón se almacenaron a 25 y 4 °C, midiéndole el % T a las 24, 48 y 72 horas (15) (28,29).

2.3.3.2.5 Estabilidad al congelamiento-descongelamiento.

Se sometieron 2 muestras en suspensión (5% p/v) de cada almidón) a un ciclo de congelamiento (-5°C por 18 h) y posterior descongelamiento (temperatura ambiente 25°C, 6 h). Al término, las muestras fueron centrifugadas a 3000g durante 10 min. Se midió el porcentaje de agua separada después de someter al almidón a este ciclo (30).

2.3.3.2.6 Determinación de sinéresis

A una suspensión de almidón gelificado a 90°C por 30 minutos (5% p/p), se sometió a enfriamiento rápido en un baño de hielo hasta temperatura ambiente (25°C). A 3 muestras de cada almidón sometidas al tratamiento anterior, se almacenaron por 48, 72, 96 y 168 horas a 4°C. La sinéresis se determinó como el porcentaje de agua liberada después de ser centrifugada a 2300g por 15 minutos (14).

2.3.3.2.7 Determinación del pH

Se preparó una suspensión pesando 10g de almidón en un vaso de precipitado de 100mL y adicionando 50mL de agua, se agito continuamente a una rata moderada (sin salpicaduras) por 5 min, para cada almidón se preparó 3 muestras y se determinó el pH potenciométricamente (31).

2.3.3.2.8 Solubilidad en agua fría

En 100 mL de agua destilada se añadió 1 g (base seca) del almidón, mezclándose a baja velocidad en una licuadora. Después de agregarse toda la muestra de almidón, el equipo se operó a alta velocidad por 2 min. La suspensión de almidón se vació en tubos, y se centrifugó a 1220 rpm durante 15 min. Se tomó una alícuota de 25 mL del sobrenadante y se transfirió a una caja de Petri previamente pesada la cual se secó en un horno a 110 °C por 4 h. Por diferencia de peso se calculó la solubilidad en agua fría (%) (31). Esto se realizó por triplicado para cada almidón.

2.3.3.3 Caracterización Fisicoquímica en estado sólido.

2.3.3.3.1 Caracterización por difracción de rayos X (DRX)

Se realizó el análisis en un rango de 10° - 70° $2\theta/\theta$, con una velocidad de barrido de $0,066^{\circ}2\theta/s$ (25).

2.3.3.3.2 Contenido de humedad

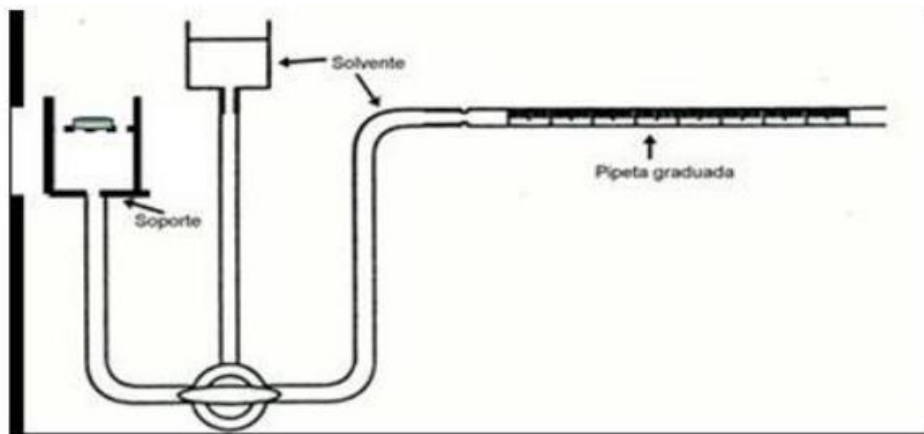
Se pesó un gramo de muestra en un recipiente para pérdida por secado previamente tarado y se llevó a una estufa a 120°C por cuatro horas, posteriormente se dejó enfriar en un desecador. Se pesó nuevamente y por diferencia de peso, se determinó la cantidad de agua perdida (32). Para cada almidón se realizó el procedimiento anterior por triplicado.

2.3.3.3.3 Determinación de las isotermas de sorción

A las diferentes muestras por cada almidón en estudio, se les evaluó su comportamiento de sorción, utilizando una propuesta de diseño del equipo de Enslin, figura 2-1. Este equipo, presenta en uno de los extremos el soporte porta muestra (celda), que consta de un embudo de vidrio con una frita sobre la que se colocó el material a evaluar. En el otro, una pipeta graduada, que se encuentra al mismo nivel superior de la frita (para evitar el efecto de la presión hidrostática). Este sistema se llenó con agua destilada, aprovechando prácticamente la totalidad de la pipeta, la posición del fluido en ese momento constituye el punto cero de la pipeta (posición inicial). La muestra es colocada en forma centrada en la celda del equipo.

La muestra sometida al ensayo, toma líquido por capilaridad (no debe actuar ninguna otra fuerza). Se midió el volumen captado a intervalos de tiempo predeterminados (33).

Figura 2- 1. Esquema del equipo para medir sorción de líquidos



Fuente: Baena, 2011 (33)

2.1.3.4 Caracterización Farmacotécnica

La caracterización farmacotécnica se realizó a los almidones de arracacha sin modificar, almidón de arracacha acetilado a tres diferentes grados de sustitución, almidón de maíz no modificado y almidón de maíz acetilado a tres diferentes grados de sustitución, se emplearon las siguientes pruebas.

2.1.3.4.1 Propiedades intrínsecas

Forma de las partículas

La morfología de los gránulos se realizó utilizando microscopio de barrido electrónico FEI cuanta 200, recubriendo la muestra con oro-paladio siguiendo la metodología de Caicedo – Córdoba 2004 (34).

Tamaño y distribución de tamaño de partículas

Esta prueba se realizó utilizando un equipo Mastersizer 2000 (Malvern Instrument, USA), con un índice de refracción de 1.494 y precisión de $\pm 1\%$, empleando agua como medio de transporte (35).

2.1.3.4.2 Propiedades derivadas

Densidad aparente y apisonada

La determinación de la densidad aparente se realizó introduciendo una cantidad de muestra pesada con una exactitud de 0,1%, suficiente para ocupar un volumen mayor o igual al 60% del volumen de una probeta certificada de 5mL, seca. Nivelando cuidadosamente el polvo, sin compactarlo y tomando la lectura del volumen aparente sin asentar, con una aproximación a la unidad más cercana en la escala (36). Se realizó 10 réplicas para cada uno de los almidones en estudio.

Se calculó la densidad aparente con la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente } g/mL = \frac{\text{peso del almidon } g}{\text{volumen aparente } mL}$$

La densidad apisonada se obtuvo golpeando mecánicamente la probeta que contiene la muestra y se tomaron las lecturas de volumen hasta que fuera constante. Se calculó la densidad apisonada utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad apisonada} = \frac{\text{peso del almidon } g}{\text{volumen apisonado } mL}$$

Voluminosidad

La voluminosidad se determinó utilizando las ecuaciones siguientes:

$$\text{voluminosidad aparente } mL/g = \frac{1}{\text{Densidad aparente } g/mL}$$

$$\text{voluminosidad apisonada } mL/g = \frac{1}{\text{Densidad apisonada } g/mL}$$

Con los datos de densidad se calcularon el índice de Hausner y el índice de Carr o de compresibilidad, de acuerdo a las siguientes ecuaciones (37):

$$\text{Indice de Carr} = \frac{(\text{Densidad apisonada } g/mL - \text{Densidad aparente } g/mL)}{\text{Densidad apisonada } g/mL}$$

$$\text{Indice de Hausner} = \frac{\text{Volumen inicial } mL}{\text{Volumen final } mL}$$

Compresibilidad

Se siguió el método de Kaplan y wolf, empleando una prensa hidráulica, y comprimiendo a una tonelada de presión (31). De acuerdo a esta metodología se evaluaron las características individuales de los materiales comprimidos (8 almidones en estudio), las cuales fueron peso del material requerido para no dejar espacios muertos, cambios en el volumen a máxima compresión, dificultad de eyección, presencia de laminación, adhesión a los punzones y test de desintegración, estos resultados peso del material y el volumen se ponderaron por el porcentaje del material en la formulación sumándose el resultado para obtener el peso total y el cambio de volumen para la formulación, el resto de pruebas se evaluaron de forma positiva o negativa, sumándose para obtener el resultado para la formulación positivo o negativo para su posible ocurrencia o no (13).

2.1.3.4.3 Evaluación de La Funcionalidad (Disolución)

Se fabricaron tabletas 5 tabletas para cada uno de los almidones en estudio utilizando Diclofenaco sódico como activo 100 mg/Tab, por compresión directa de 450mg aproximadamente de peso, con una presión de compactación de 188 Mpa, empleando un punzón 5/16" (8 mm).

Disolución comparativa

Con las tabletas fabricadas con los almidones modificados y sin modificar de arracacha y maíz, a tres diferentes grados de sustitución, se realizaron perfiles de disolución con las siguientes condiciones: Aparato: 2 Medio: 900mL buffer fosfato pH 6,8 Velocidad: 50 rpm Temperatura: 37°C Tiempos de muestreo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10,12 horas, utilizando diclofenaco sódico como activo 100 mg/Tab. Este procedimiento se realiza en un disolutor automático distek Evolution 6100 (34).

Comparación de los resultados obtenidos

La evaluación de los resultados obtenidos de cada almidón se realizó mediante el uso del factor de diferencia, f1 y el factor de similitud, f2 (21).

Tratamiento estadístico.

La tabla 2-1 presenta el análisis estadístico realizado a los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas.

Tabla 2-1. Análisis estadístico realizado

Prueba realizada	Tratamiento estadístico aplicado
Extracción del almidón, determinación del grado de sustitución (GS), contenido de agua, Voluminosidad, índice de Hausner e índice de Carr	Promedio y desviación estándar
Determinación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua, determinación de la viscosidad, determinación de la claridad de pastas de almidón, estabilidad al congelamiento-deshielo, determinación de sinéresis, solubilidad en agua fría, determinación de la densidad aparente y apisonada, isothermas de sorción.	Los resultados se expresan como la media \pm DE (desviación estándar). Las diferencias significativas se determinaron mediante análisis de ANOVA.

Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

Después del tratamiento de extracción del almidón a partir 12 Kg de material fresco se obtuvieron 2.01Kg de almidón, teniendo un rendimiento de 12.0% que es un rendimiento similar al reportado por V. Barrera *et. al.*, 2004 (36) y Rodríguez *et. al.*, 2005 (14).

3.2 ACETILACIÓN DEL ALMIDÓN

Se obtuvieron ocho lotes de almidón una vez terminado el proceso de acetilación y para efectos de este estudio se identificaron como se presenta en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Lotes de almidones

NO. DE LOTES	NOMENCLATURA UTILIZADA	ALMIDONES CON VOLUMEN ADICIONADO ANHIDRIDO ACETICO99,0%
Nº 1	Maíz nativo	Almidón de Maíz sin modificar
Nº 2	Maíz Nivel I	Almidón de Maíz acetilado con 5mL
Nº 3	Maíz Nivel II	Almidón de Maíz acetilado con 10mL
Nº 4	Maíz Nivel III	Almidón de Maíz acetilado con 15mL
Nº 5	Arracacha nativo	Almidón de Arracacha sin modificar
Nº 6	Arracacha Nivel I	Almidón de Arracacha acetilado con 5mL
Nº 7	Arracacha Nivel II	Almidón de Arracacha acetilado con 10mL
Nº 8	Arracacha Nivel III	Almidón de Arracacha acetilado con 15mL

3.2.1 Espectroscopia de Infrarrojo

A los lotes obtenidos se le realizó análisis de espectroscopia infrarroja que se muestra en las figuras 3-1 y 3-2.

Figura 3-1. Espectroscopia de Infrarrojo almidón de arracacha nativo y modificado.

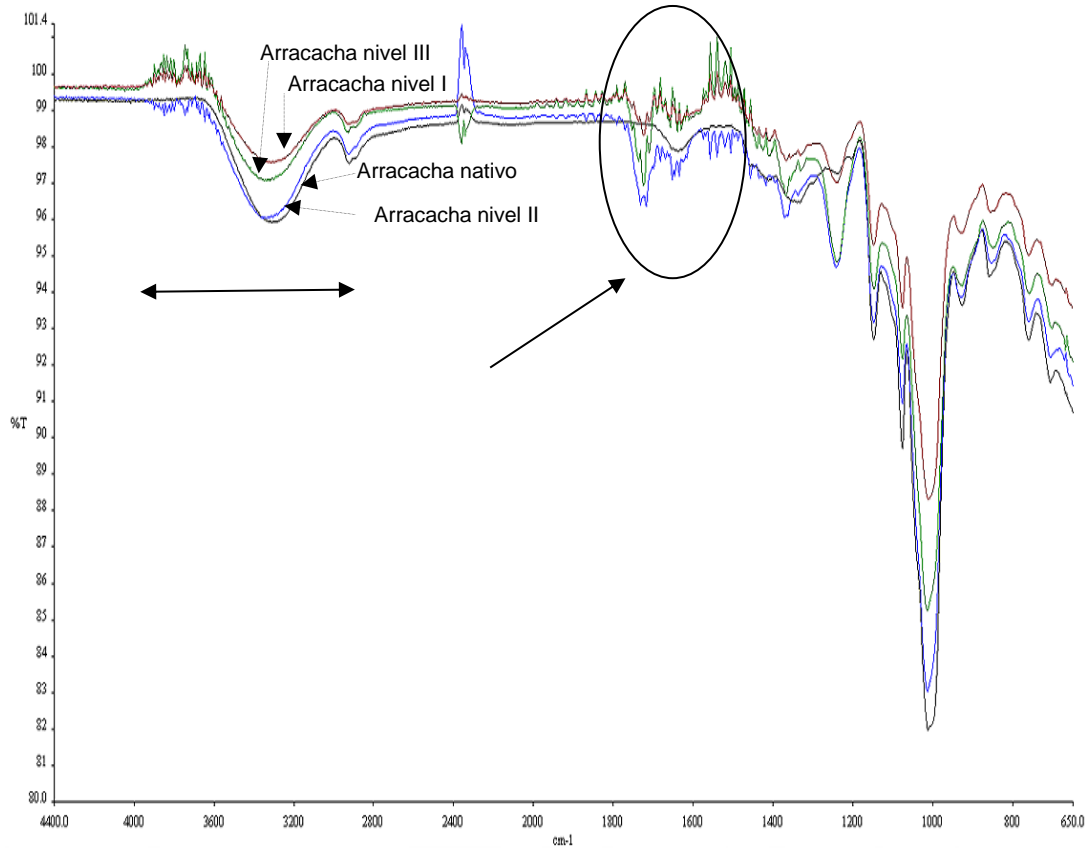
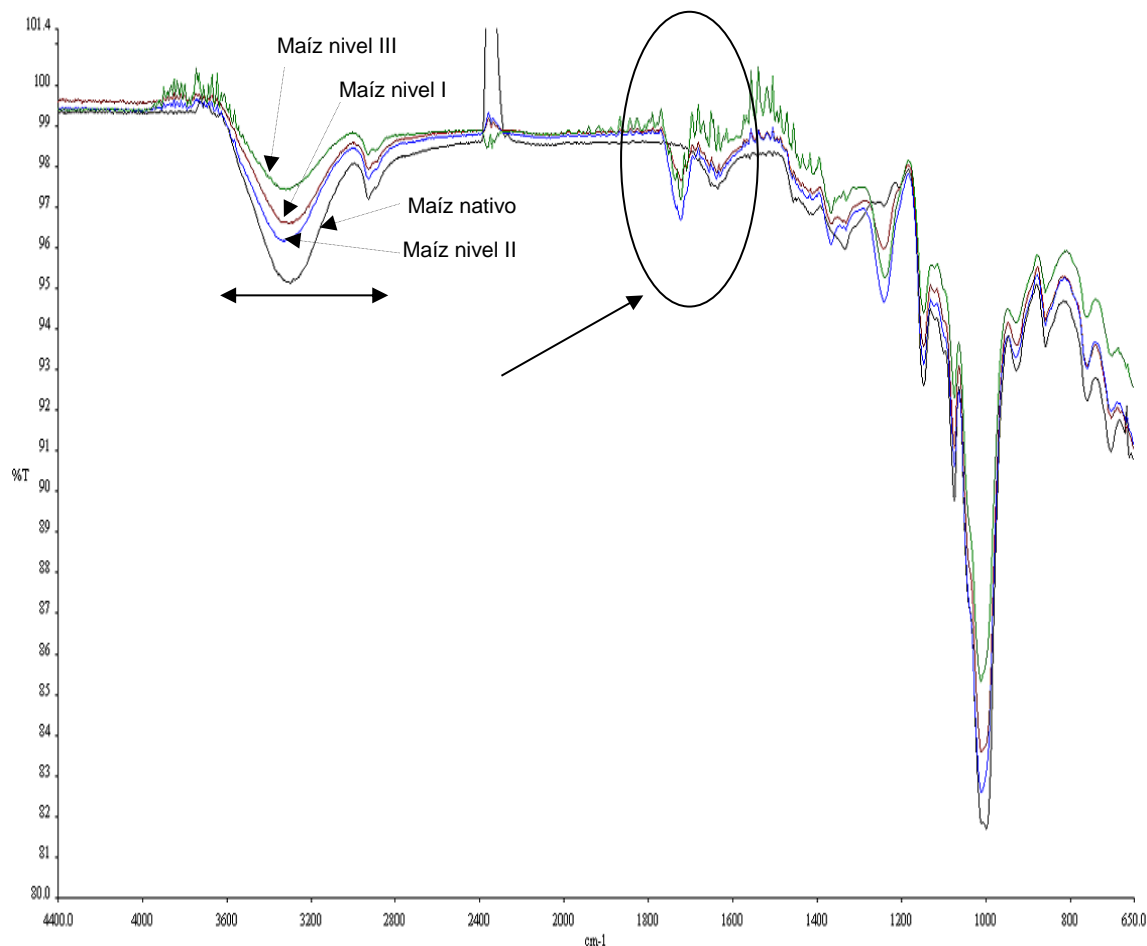


Figura 3-2. Espectroscopia de Infrarrojo almidón de maíz nativo y modificado.

Al realizarse el comparativo del análisis de IR para los almidones que fueron sometidos a reacción se puede observar una disminución (acortamiento) que corresponden a las vibraciones por estiramientos o tensión (entre $3700 - 2800\text{cm}^{-1}$) y las vibraciones por flexión ($\approx 1700\text{cm}^{-1}$) efecto reportado por A. Bello Pérez *et al* 2010 (16). Lo anterior se da por la introducción de grupos acetilos a la estructura del almidón que proporcionan cierto efecto esférico a las vibraciones por flexión indicando cambio en la muestra analizada (37).

De igual manera se observó la aparición de una banda entre los $1720-1760\text{cm}^{-1}$ (circulo) en los almidones modificados. La señal que aparece en este rango se asigna a la vibración del enlace $\text{C}=\text{O}$, (grupo carbonilo) J.M Fang *et al*, 2002 (38); A. Bello Pérez *et al* 2010 (16). Cuando se acetila el almidón se observa una disminución en las señales que corresponden a las vibraciones por estiramiento ($3000-3900\text{ cm}^{-1}$) y vibraciones por

flexión de los grupos O-H debido a la introducción de los grupos C-O aceto al almidón, corroborando que la acetilación se realizó en las muestras analizadas (39). Además esta señal fue aumentada a medida que el nivel de acetilación es mayor pero no mantiene ninguna relación proporcional.

3.3 CARACTERIZACIÓN POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

La medición de difracción de rayos X se realiza para verificar si la modificación química altera la cristalinidad del almidón (40). A continuación en las figuras 3-3 y 3-4 se muestran los patrones de rayos X de los almidones nativos y acetilados, de almidón de Maíz y Arracacha respectivamente.

Figura 3-3. Difracción de Rayos X (DRX) de almidón de Maíz.

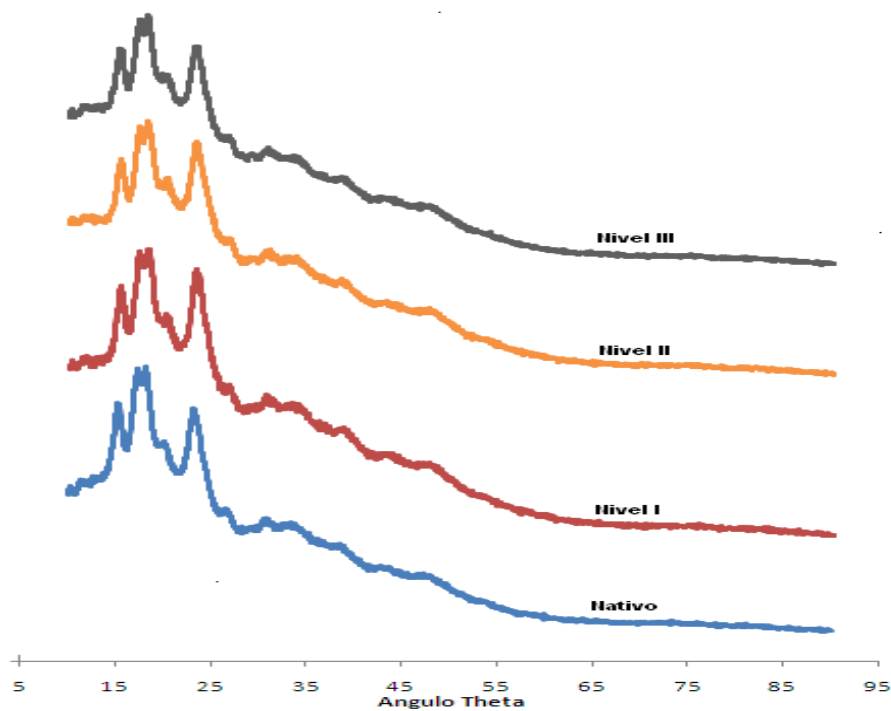
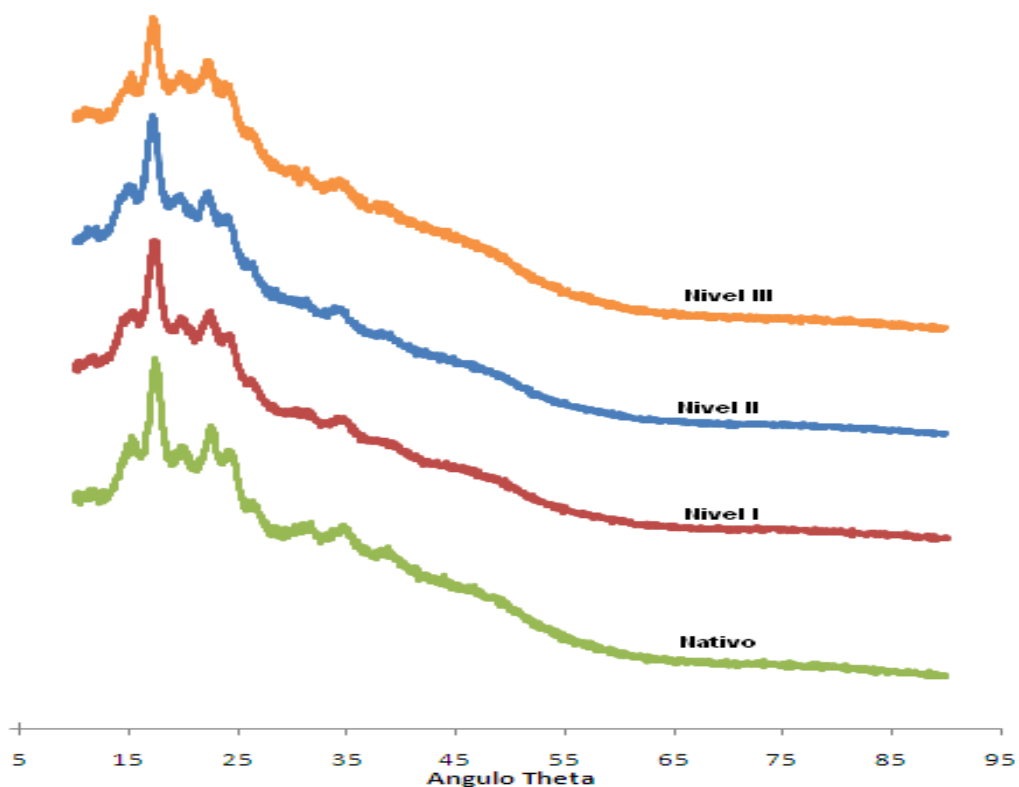


Figura 3-4. Difracción de Rayos X (DRX) de almidón de arracacha.

En el caso del almidón nativo de maíz (Figura 3-3) se observan cinco señales de intensidad variada las cuales se encontraron a 15.2° , 17.2° , 18.0° , 19.9° , 23.1° lo cual concuerda con lo reportado por Chi, *et. al.*, 2008 (19). Estas señales, no desaparecieron o se modificaron con la reacción de acetilación, lo que sería un indicio de que la metodología usada no modifica la cristalinidad del almidón (41).

Para el almidón de arracacha nativo se ven cinco señales los cuales se ubican a 14.9° , 17.1° , 18.4° , 21.7° , 23.3° . El almidón de Arracacha no muestra un cambio notable en los difractogramas obtenidos de cada uno de los niveles, lo que sugiere que la reacción de acetilación en estos grados de sustitución no afecta la estructura cristalina de almidón.

3.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SUSTITUCIÓN (GS)

El grado de sustitución y porcentaje de sustitución se muestran en la tabla 3-2. En estos resultados se evidencia un aumento del GS y del porcentaje de sustitución a medida que

se aumenta el volumen de anhídrido acético adicionado, pero este aumento no es directamente proporcional.

Además se puede observar que el almidón de maíz alcanza mayores GS y porcentaje de acetilación que los almidones de arracacha. Esto puede ser por el menor tamaño del gránulo y el mayor porcentaje de amilosa en el almidón de maíz, 22.7% (42) en comparación de 20.0% (36) para el almidón de Arracacha.

Tabla 3-2. Porcentaje de acetilación y grado de sustitución

ALMIDONES	GRADO DE SUSTITUCIÓN (GS)	PORCENTAJE DE ACETILACIÓN
Maíz nativo	0,00	0,00
Maíz NIVEL I	0.69 ± 0.07	18.7 ± 0.21
Maíz NIVEL II	0.82 ± 0.09	22.2 ± 0.312
Maíz NIVEL III	0.86 ± 0.04	23.3 ± 0.11
Arracacha nativo	0,00	0,00
Arracacha NIVEL I	0.33 ± 0.08	7.9 ± 0.09
Arracacha NIVEL II	0.59 ± 0.03	13.5 ± 0.12
Arracacha NIVEL III	0.74 ± 0.01	16.6 ± 1.12

La variación del grado de sustitución entre los almidones de arracacha y maíz también puede deberse, al diferente modo de empaquetamiento intragranular del almidón. Esto sucede tanto por el empaquetamiento de las cadenas de amilosa en regiones amorfas, como por la organización de las cadenas de amilosa y amilopectina; lo cual puede afectar la reacción de acetilación en las unidades de glucosa de la macromolécula de almidón. (32).

3.5 DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO, SOLUBILIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA

3.5.1 Poder de Hinchamiento (PH)

Los resultados de PH de los almidones nativos y acetilados de arracacha y maíz se muestran en las figuras 3-5 y 3-6 cuyos datos primarios se encuentran en la Tabla A-1 y Tabla A-2 del ANEXO A.

Figura 3-5. Poder de Hinchamiento del almidón de maíz

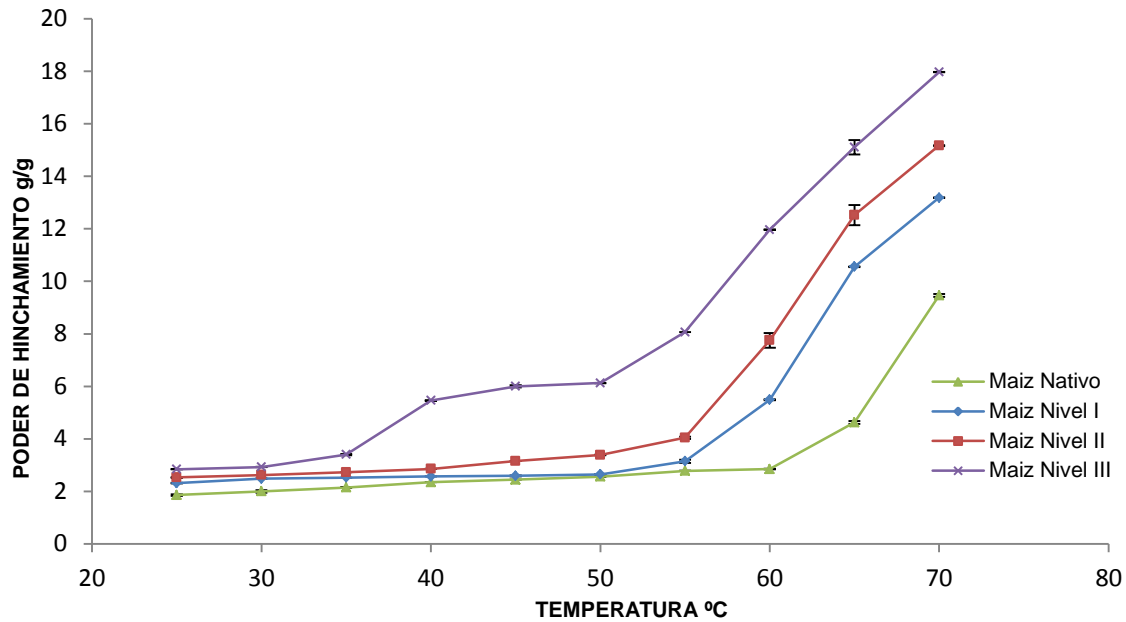
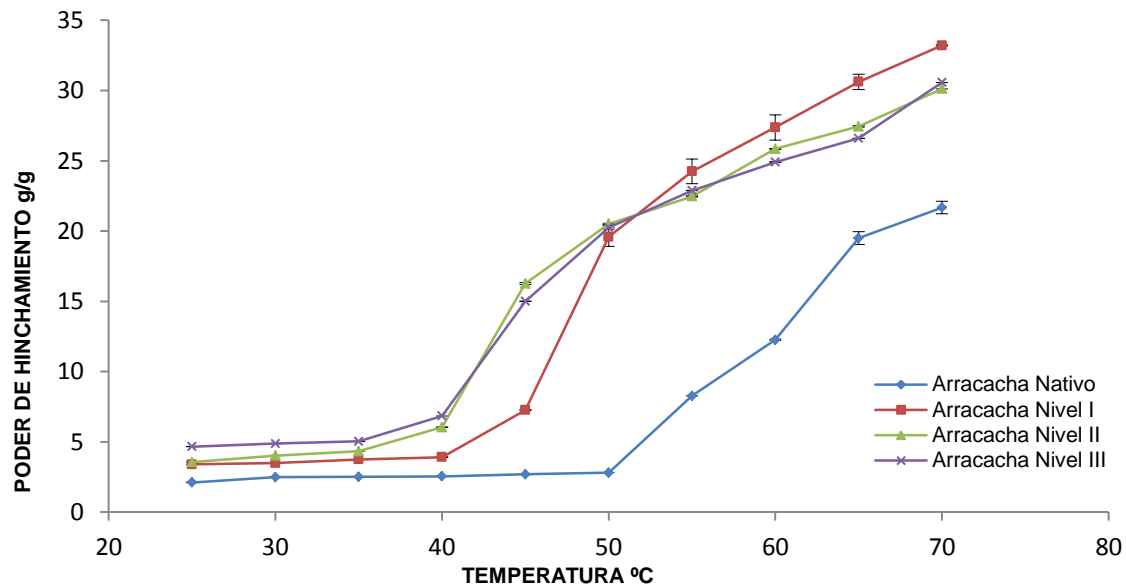


Figura 3-6. Poder de Hinchamiento del almidón de arracacha



En las figuras 3-5 y 3-6 se observa que el PH incrementa con el aumento de la temperatura lo cual concuerda con lo referenciado por varios autores (Hoover, Sailaja, and Senanayake 1996) (43). Con el incremento de temperatura de 65° a 70°C, el almidón

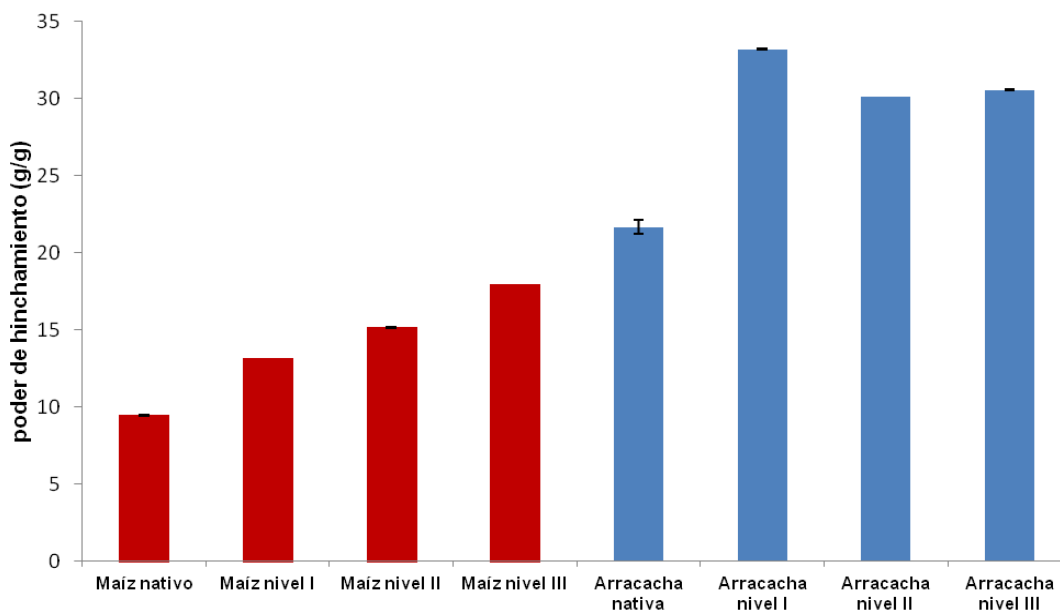
nativo de maíz aumentó de 4.6 a 9.5 g/g comparado con el almidón de arracacha que a este intervalo de temperatura el aumento fue de 19.5 a 21.7 g/g.

Los resultados también muestran que con la acetilación el PH aumentó para todos los almidones, siendo 60.6 % mayor en la Arracacha Nivel II con respecto al almidón nativo de arracacha. En cuanto al almidón de arracacha el PH aumentó, pero dicho aumento es proporcional entre los niveles, esto sugiere que la introducción de grupos hidrofílicos en el polímero está definida no sólo por el nivel de acetilación sino por el origen del mismo.

El análisis de varianza de un factor (ANEXO K-17,19), demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha = 0.05$) se detectan diferencias significativas para las muestras de almidón de maíz y arracacha analizadas. De acuerdo a este análisis se podría afirmar que la reacción de acetilación realizada a los almidones de maíz y arracacha mejoro la propiedad de poder de hinchamiento al compararse con el almidón nativo respectivo.

Si se establece una relación entre el grado de sustitución y el PH se puede evidenciar que hay una tendencia de aumento del PH para el almidón de Maíz, pero para el almidón de arracacha este aumento solo es apreciable entre el grado de sustitución 0,0 al 0,33 en los siguientes niveles su variación es pequeña. (Ver Figura 3-7).

Figura 3-7. Poder de hinchamiento vs. Grado de sustitución.



3.5.2 Solubilidad

El porcentaje de sólidos solubles se muestran en la Tabla B-1 y Tabla B-2 del ANEXO B y se representa en las figuras 3-8 y 3-9. Se observa un incremento para ambos almidones con el incremento de la temperatura siendo más notorio en el almidón de arracacha.

Figura 3-8. Sólidos solubles almidón de maíz

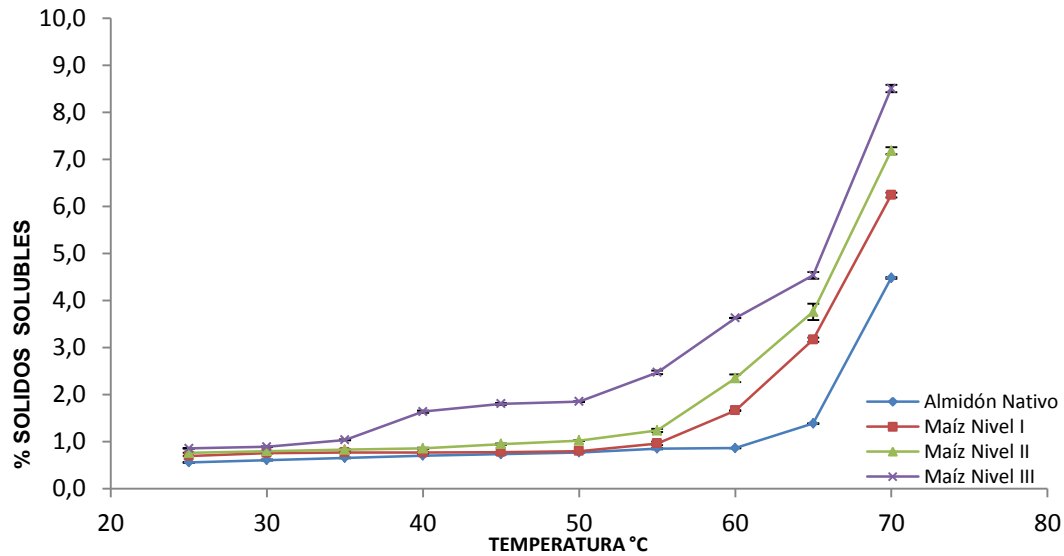
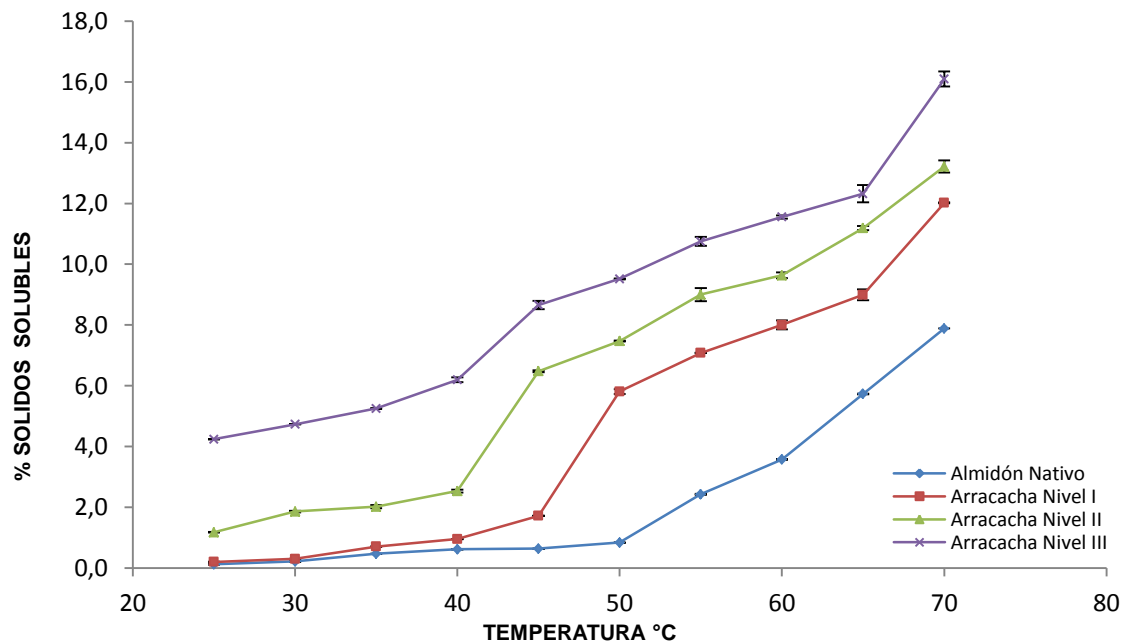


Figura 3-9. Sólidos solubles almidón de arracacha



Se observa que para el almidón de maíz nativo la solubilidad es mayor que para el de arracacha pero esta relación desaparece en el segundo nivel de acetilación del de arracacha en donde sobrepasa la solubilidad del maíz. Este efecto es similar al obtenido por S. pohja *et. al.*, 2004 (21) donde el bajo nivel de acetilación genera apertura de la estructura del almidón de arracacha haciéndola más accesible al agua, contradiciendo un poco aquello de que la solubilidad está dada por la cantidad de amilosa presente en el almidón.

De acuerdo al análisis de varianza de un solo factor realizado (ANEXO K-18), se demuestra que al nivel de significancia evaluado ($\alpha = 0.05$), se encontró una variación significativa del porcentaje de sólidos solubles para las muestras de almidón de arracacha analizadas. Para las muestras de almidón de maíz no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (ANEXO K-18,21). De acuerdo a este análisis, se podría indicar que la reacción de acetilación realizada al almidón de arracacha mejoró la propiedad de solubilidad en agua con referencia al almidón nativo de arracacha. Para el almidón de maíz por el contrario, no se evidencia una variación estadísticamente significativa de la solubilidad en agua, al compararse con el almidón nativo de maíz, en las condiciones evaluadas.

3.5.3 Absorción de agua

La capacidad de absorción de agua es la cantidad de agua retenida por el almidón. Los resultados se muestran en la Tabla C-1 y C-2 del ANEXO C y se plasman en las Figuras 3-10 y 3-11.

Figura 3-10. Absorción del agua almidón maíz

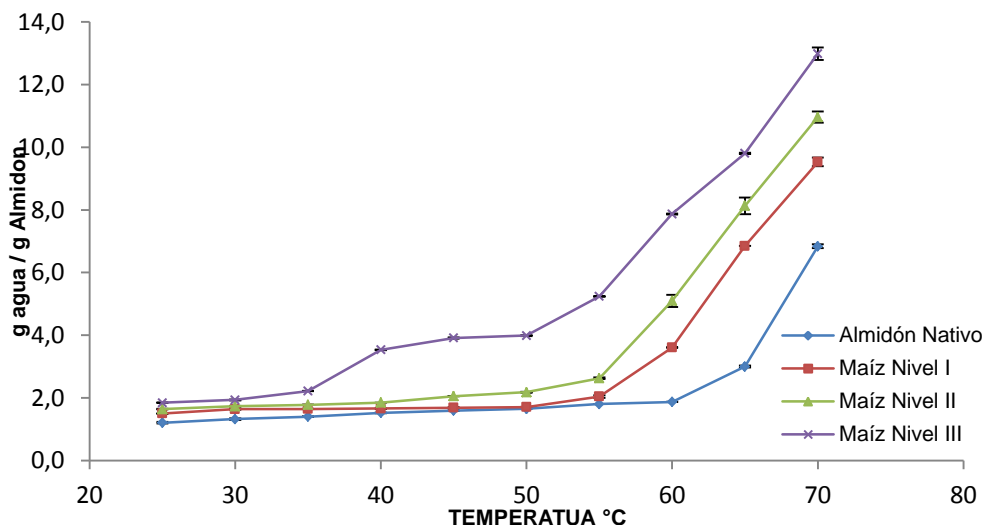
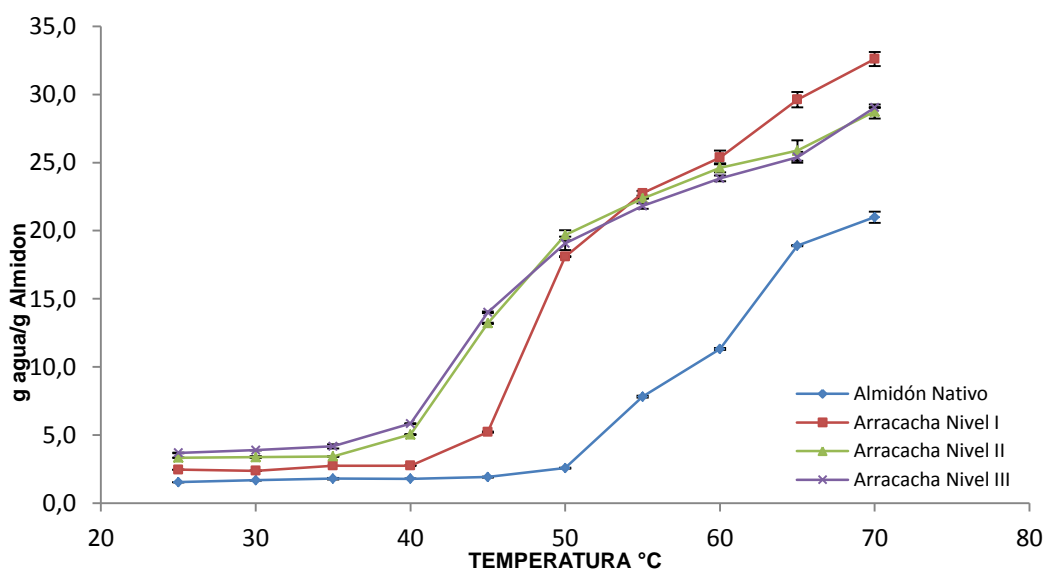


Figura 3-11. Absorción del agua almidón de arracacha



Analizando las gráficas de absorción de agua (Figura 3-10 y Figura 3-11), se observa que los almidones acetilados a diferentes niveles muestran un incremento de la absorción de agua a la misma temperatura en comparación con el almidón nativo, esto concuerdan con lo obtenido por Diop *et. al.*, 2010 (44). Esto puede deberse a que la introducción de grupos acetilos voluminosos en la molécula de almidón, impiden la asociación de las cadenas del almidón favoreciendo el acceso de agua e incrementando la hidratación del

mismo. El análisis de varianza de un solo factor (ANEXO K-19,22), demostró que, al nivel de significancia evaluado ($\alpha: 0,05$), se detectan diferencias estadísticas significativas, para las muestras de maíz y arracacha analizadas, con referencia al almidón nativo de maíz y arracacha respectivamente. Se puede afirmar que aunque hubo un aumento de absorción de agua, debió a la reacción acetilación y esta mejoro dicha propiedad.

3.6 DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD

Los resultados de viscosidad aparente de los almidones maíz y arracacha en estudio, se representan en las figuras 3-12 y 3-13, cuyos datos primarios se encuentran en las Tabla D-1 y Tabla D-2 del ANEXO D.

Figura 3-12. Viscosidad almidón de maíz

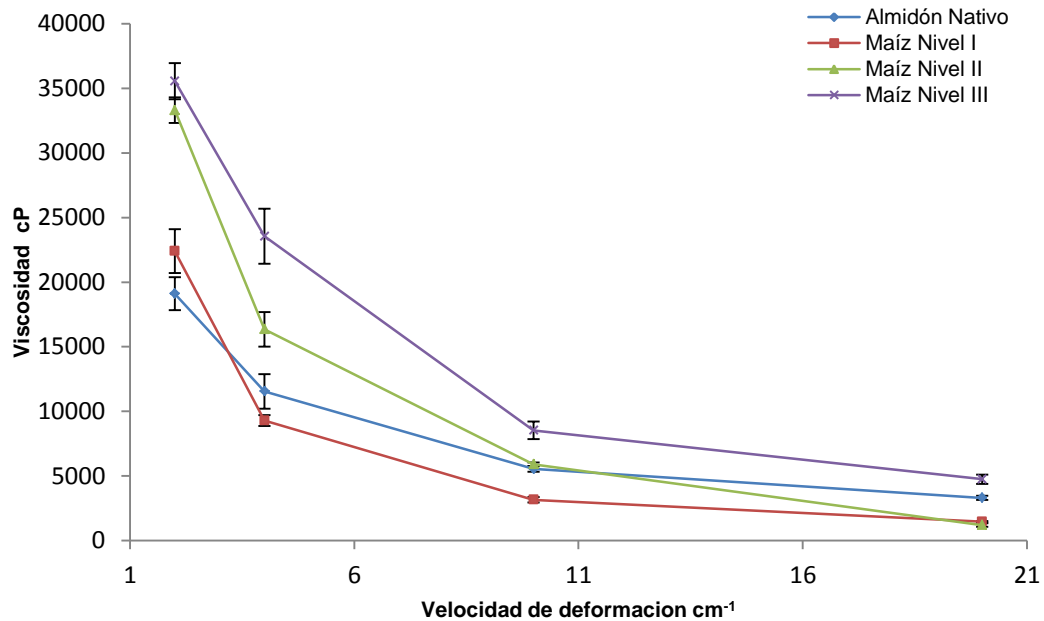
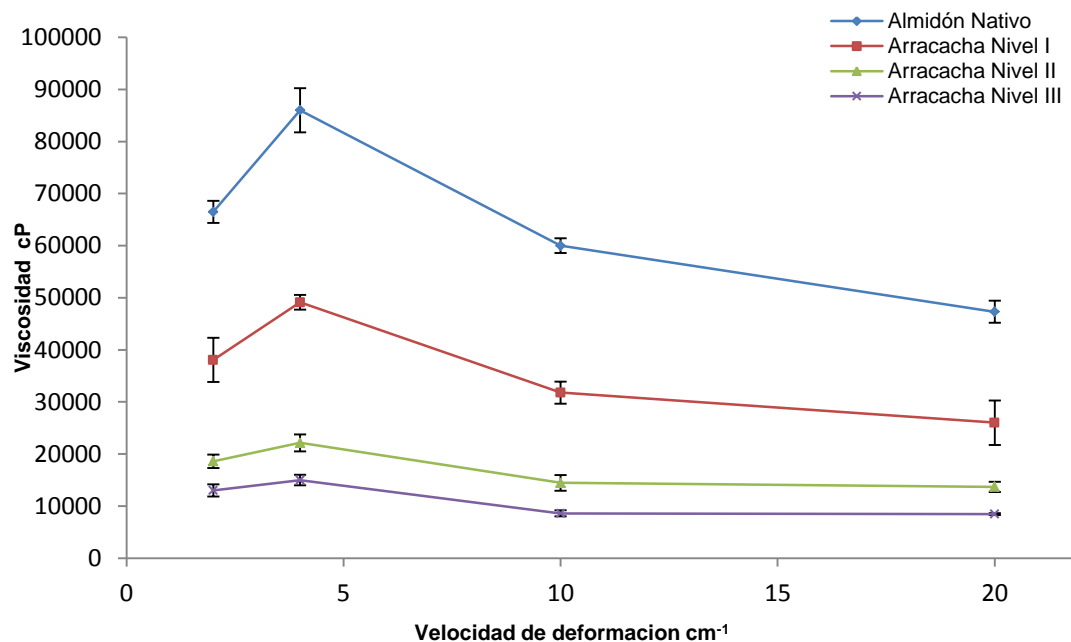


Figura 3-13. Viscosidad almidón de arracacha



Tanto para el almidón de arracacha y maíz modificados como para los nativos, la viscosidad disminuye a medida que se aumenta la velocidad de corte, lo que indica un comportamiento tixotrópico (45). Para los almidones de maíz la viscosidad aumenta con el aumento de la acetilación, con excepción de lo sucedido para el nivel I en función del tiempo, que presentó la más baja viscosidad de todos.

En cuanto al almidón de arracacha la viscosidad disminuyó a medida que los niveles de acetilación aumentaron, y el almidón nativo tuvo mayor viscosidad que los modificados. Esto posiblemente debido a la ruptura de los enlaces glucosídicos del almidón y por consiguiente se redujo el peso molecular de los componentes estructurales lo que provocó la disminución de la capacidad de hinchamiento de los gránulos. (46)

De acuerdo al análisis estadístico realizado a la viscosidad aparente (ANEXO K-23 a K-30), se puede apreciar que hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de maíz y arracacha analizadas. Se podría afirmar que la reacción de acetilación realizada al almidón de maíz tuvo un efecto significativo en el aumento de la viscosidad de los geles preparados con estas muestras acetiladas, en comparación de los geles obtenidos con almidón de maíz nativo. Un comportamiento contrario se presentó con el almidón de arracacha.

3.7 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELIFICACIÓN.

Los termogramas obtenidos por DSC, con las temperaturas (Tg) de gelificación de los almidones nativos y modificados se muestran en las figuras 3-14 y 3-15.

Figura 3-14. Temperatura de gelificación del almidón de maíz

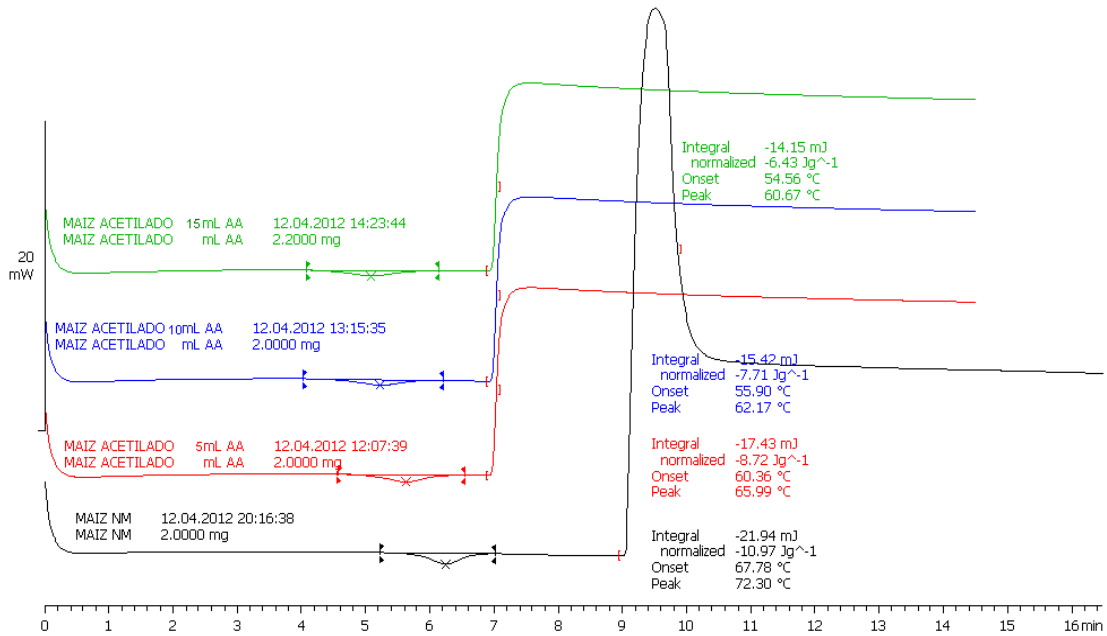
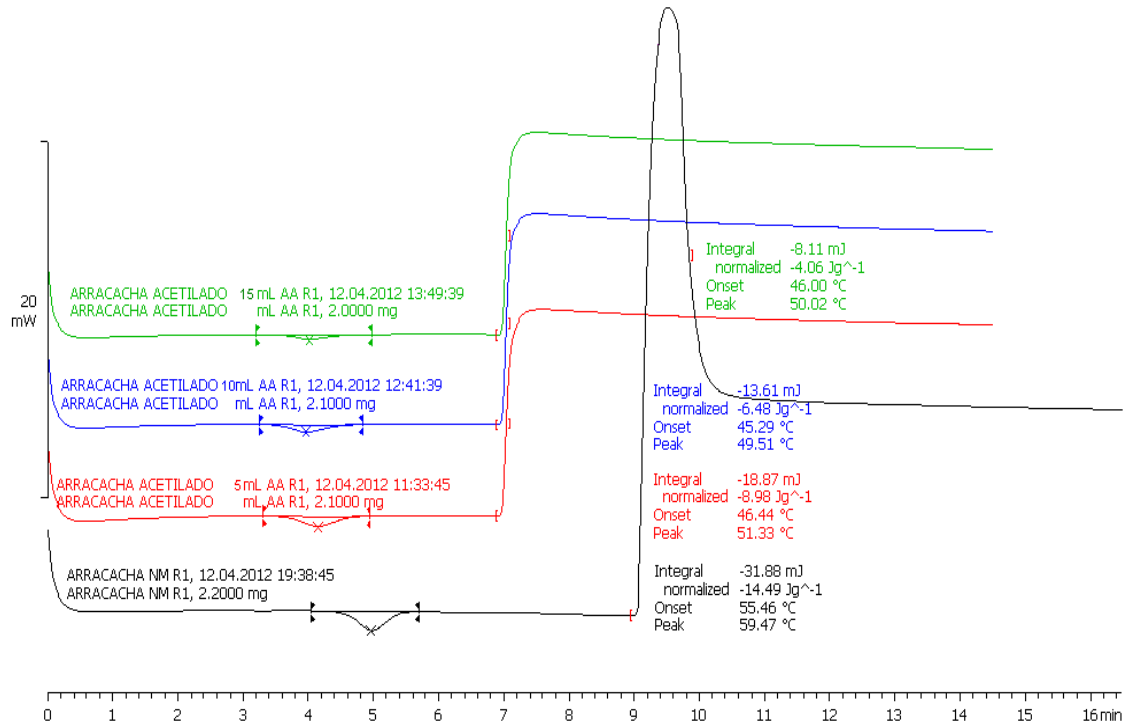


Figura 3-15. Temperatura gelificación del almidón de arracacha



La Tg del almidón de arracacha nativo fue de 59,5°C, resultado que es coherente a los reportados por Rodríguez *et al* 2005 (13) y V.H Barrera.*et.al.* 2004 (36). Se observa una disminución de las temperaturas de gelificación de los almidones modificados con respecto a las temperaturas de los almidones nativos. Para el almidón de maíz acetilado, teniendo como referencia al almidón nativo, se presentó una mayor diferencia de la temperatura de gelificación, que fue 11,63°C en comparación con el almidón de arracacha acetilado que fue de 9,96°C.

Los resultados sugieren que la introducción de grupos acetilos causó la desorganización de la estructura interna de los gránulos, por interferir en la disminución de los puentes de hidrógeno intra e intermolecularmente establecidos en las regiones amorfas de los gránulos de almidón (5, 47, 48).

3.8 DETERMINACIÓN DE CLARIDAD DE PASTAS DE ALMIDÓN

En las Figuras 3-16, 3-17, 3-18 y 3-19, se muestran los resultados de la claridad de las pastas de almidón a temperatura ambiente (25°C) y a temperatura de 4°C para los almidones de arracacha y maíz. (Los datos primarios de encuentran en las tablas E-1, E-2, E-3 y E-4 del ANEXO E).

Figura 3-16. Claridad de las pastas de almidón de arracacha a temperatura 25°C.

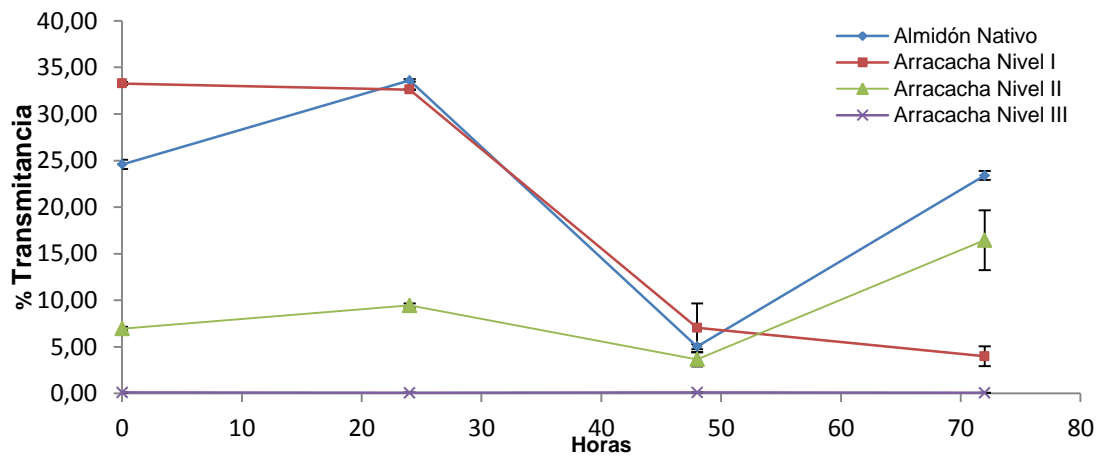
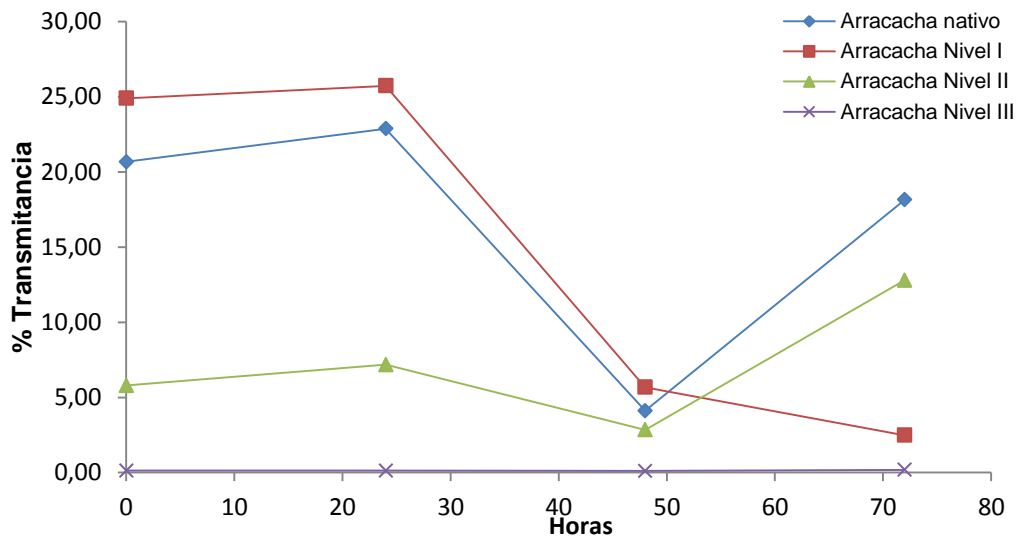


Figura 3-17. Claridad de las pastas de almidón de arracacha a temperatura 4°C.



En las figuras 3-16 y 3-17 se muestra que hay una tendencia a disminuir la transmitancia, tanto para el almidón de arracacha almacenado a 25°C como a 4°C. Para el almidón acetilado de arracacha nivel III almacenado a 25°C y a 4°C, la transmitancia se vuelve casi nula. La reducción de la transmitancia de los almidones acetilados nivel II y III de arracacha es el resultado de su tendencia a la retrogradación (36).

Figura 3-18. Claridad de las pastas de almidón de maíz a temperatura 25°C.

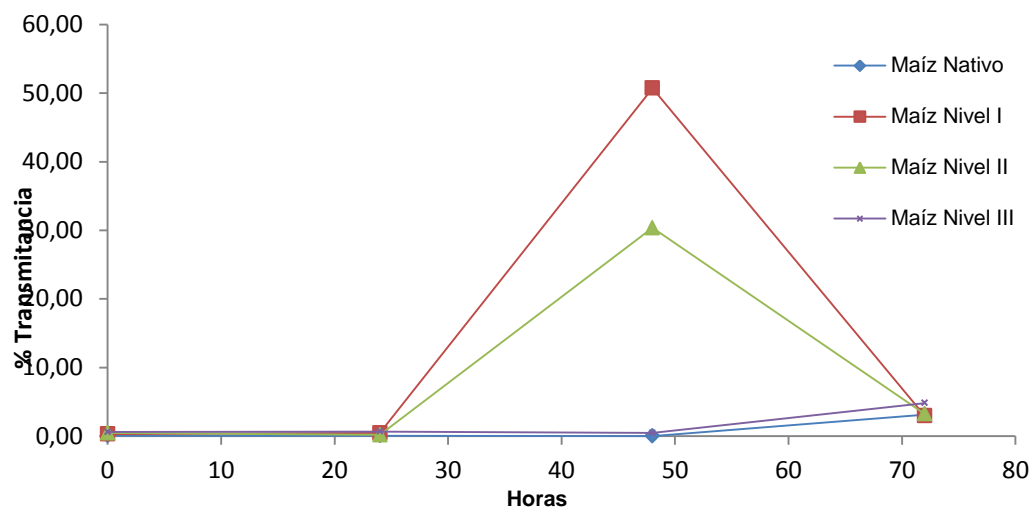
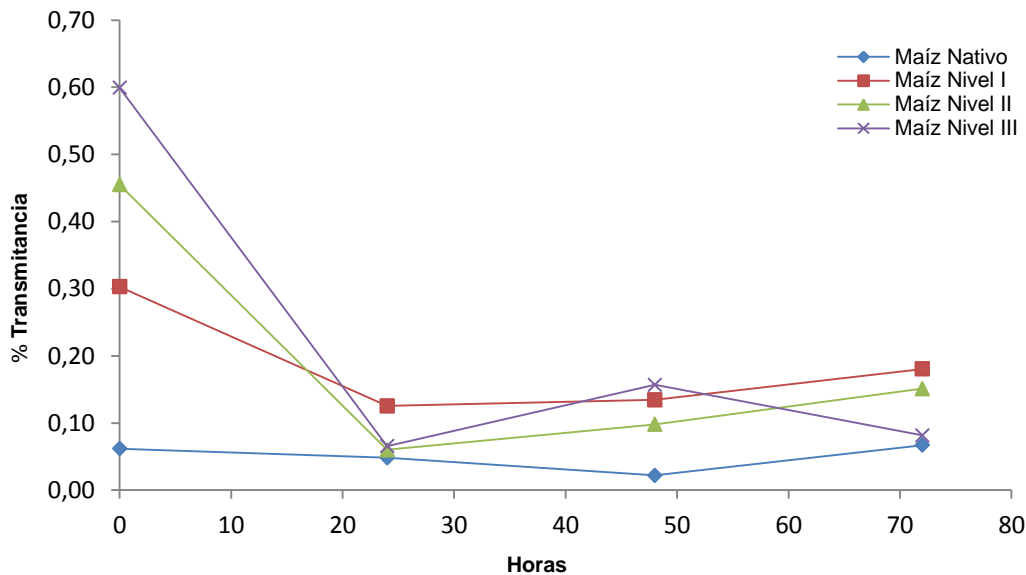


Figura 3-19. Claridad de las pastas de almidón de maíz a temperatura 4°C.



En cuanto al almidón de maíz la transmitancia disminuyó con el tiempo cuando se almacenó a 4°C, manteniéndose en valores inferiores al 20% para almidones acetilados después del primer muestreo y solo el almidón nativo de maíz estuvo por debajo del 10% en todas las etapas de muestreo. Para el almidón de maíz la transmitancia tuvo un punto máximo cuando se almacenó a 25°C a las 50 horas, pero solo para el nivel I y II. Este incremento de la claridad de pasta está dado por la sustitución de grupos hidroxilos en las moléculas de almidón por grupos acetilo, dicha incorporación causa una repulsión entre las moléculas de almidón contiguas y reduce las asociaciones entre las cadenas moleculares que constituyen al almidón (42, 46).

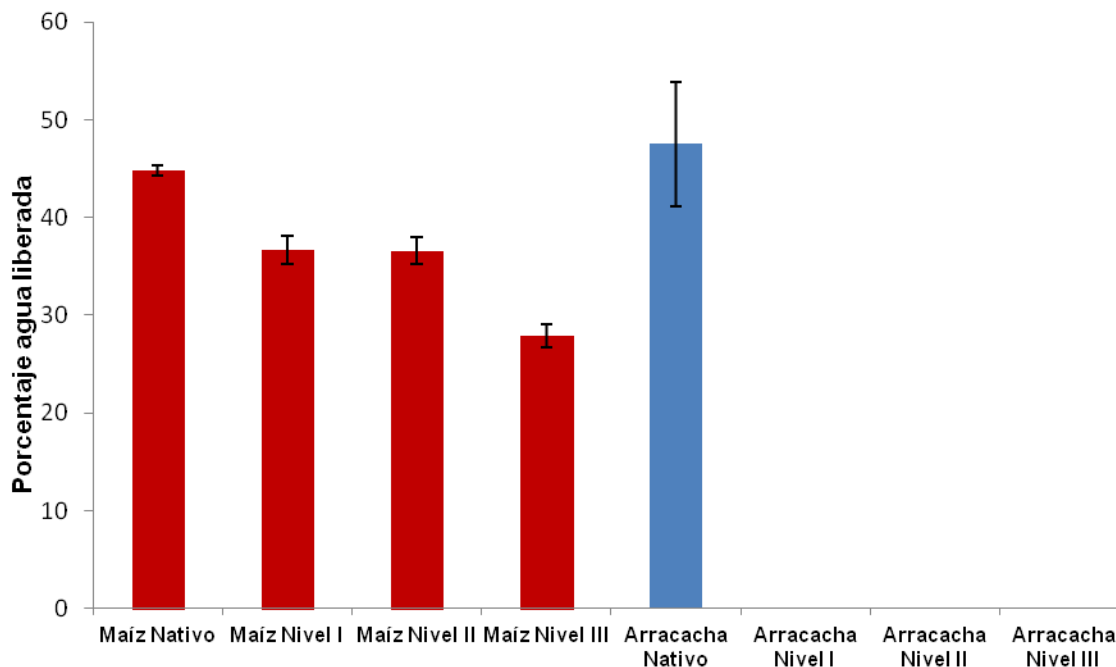
El análisis de varianza de un solo factor (ANEXO K-1 a K-16) que se realizó, demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha = 0.05$), se encuentran diferencias estadísticamente significativas para el porcentaje de transmitancia en las muestras de almidón de maíz y arracacha en estudio almacenados a 4°C y 25°C. Esto nos indica que la reacción de acetilación realizada modula la transmitancia de los geles, en referencia a los almidones nativos respectivos.

3.9 ESTABILIDAD AL CONGELAMIENTO-DESCONGELAMIENTO

En la Figura 3-20 se resumen los resultados obtenidos con un ciclo de congelamiento deshielo cuyos datos primarios están en la Tabla F-4 del ANEXO F. Esta técnica ayuda a

evaluar que tan estable son los almidones después de ser sometidos a un congelamiento y posterior descongelamiento.

Figura 3-20. Relación entre el grado de sustitución y el porcentaje de agua liberada de los almidones de maíz y arracacha en estudio, después de un ciclo de congelamiento (5°C) descongelamiento (25°C).



En los resultados se evidencia que la estabilidad al congelamiento descongelamiento para el almidón de arracacha se incrementó con las modificaciones realizadas ya que el almidón nativo presentó menor estabilidad debido a la mayor cantidad de agua eliminada (47,5%). Los almidones de maíz en estudio mostraron un incremento de estabilidad al congelamiento descongelamiento, pasando de 44,7% para el almidón nativo a 27,9% para el almidón de maíz nivel III.

Para los almidones de arracacha modificados posiblemente se generó una despolimerización de las moléculas de amilosa y amilopectina, generando moléculas más lineales. Por tanto, es factible que se haya presentado un fenómeno de agregación gradual de las cadenas lineales formando una malla que disminuyó drásticamente la cantidad de agua separada (26,49).

El análisis de varianza de un solo factor (ANEXO K-31,32), demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha=0.05$), se detectan diferencias estadísticas significativas entre las muestras de almidón de maíz y arracacha modificados, con referencia a las muestras de almidón de maíz y arracacha nativos, respectivamente. Estos resultados permiten afirmar que la reacción de acetilación mejoró la estabilidad al congelamiento-descongelamiento de los almidones de maíz y arracacha modificados.

3.10 DETERMINACIÓN DE SINÉRESIS

Los resultados del comportamiento de pérdida de agua en función al tiempo se muestran en la figura 3-21 y 3-22 (datos primarios se muestran en la Tabla F-1 y Tabla F-2 de ANEXO F). Se aprecia un aumento general de retención agua por parte de los almidones sometidos a tratamiento térmico y posterior enfriamiento, con respecto al aumento del grado de sustitución. Este aumento es más marcado para el almidón de arracacha en el que la cantidad de agua separada fue menor con el aumento en el grado de acetilación, siendo más notoria en la arracacha nivel II en la que para el segundo ciclo la cantidad de agua separada fue cero. Para el caso de almidón de maíz la modificación causó un efecto similar pero en menor proporción.

Figura 3-21. Sinéresis para el almidón de arracacha

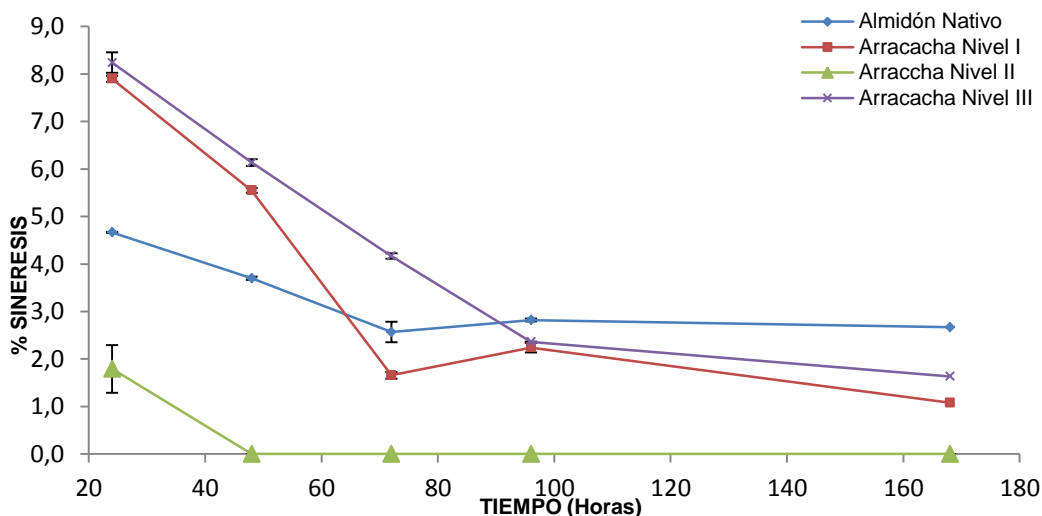
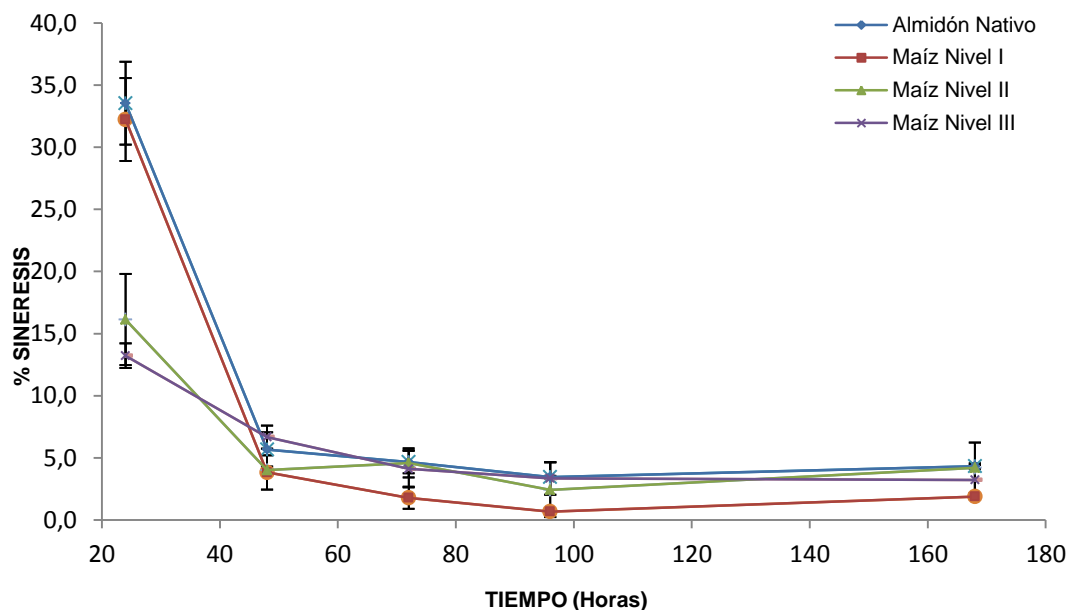


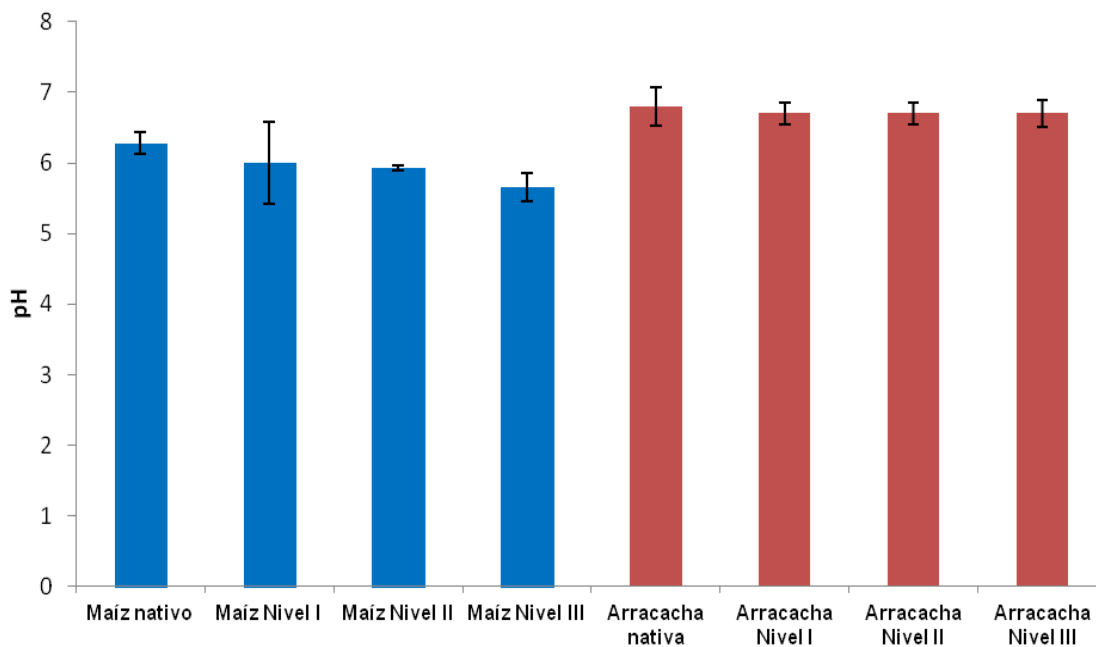
Figura 3-22. Sinéresis para el almidón de maíz

El análisis de varianza de un factor realizado (ANEXO K-45 a K-54), demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha=0.05$), se detectó diferencias estadísticamente significativas para el almidón de arracacha, caso contrario pasó con el almidón de maíz donde no se detectó ninguna diferencia estadística significativa. De acuerdo al análisis anterior podemos afirmar que la reacción de acetilación mejora la sinéresis para el almidón de arracacha, en referencia al almidón nativo y que en el almidón de maíz no hubo ninguna mejoría, en referencia al almidón nativo.

3.11 DETERMINACIÓN DEL pH

En la Figura 3-23 se muestran los resultados de pH determinado a las suspensiones de los almidones obtenidos cuyos datos primarios se muestran en la Tabla F-3 del ANEXO F.

Figura 3-23. Obtenido para los almidones analizados



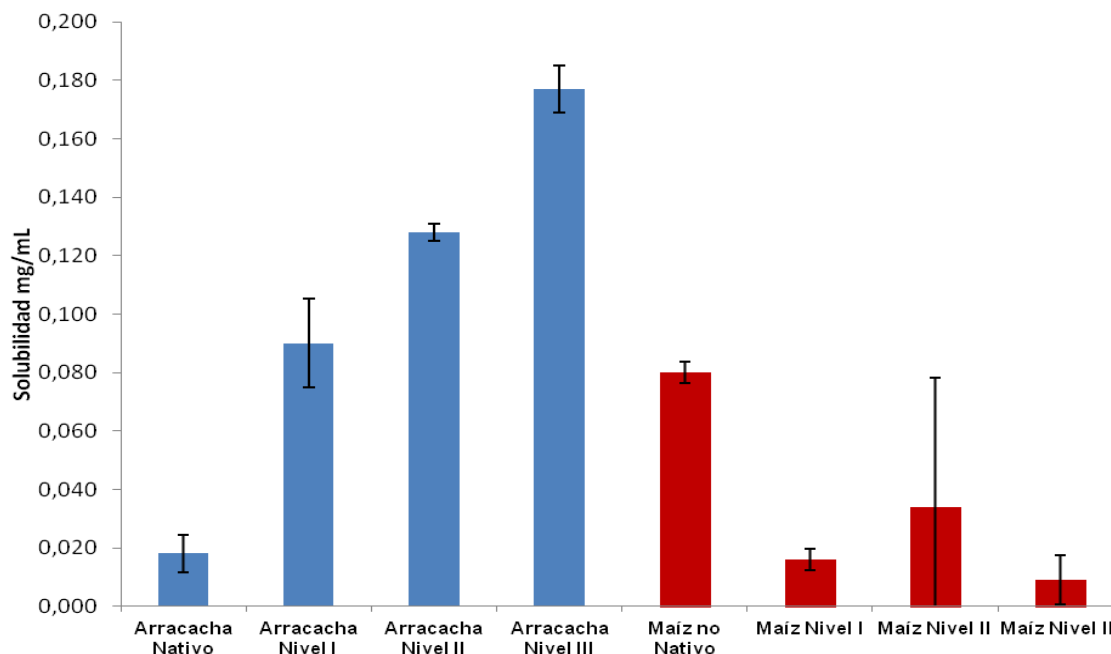
Para el almidón de maíz el pH está alrededor de 6.0 con una leve tendencia a la disminución. En cuanto al almidón de arracacha el pH obtenido estuvo en 6,7 y tuvo muy poca variación con la modificación. Estos valores se encuentran dentro el rango que acepta la USP que va de 3,0 -9,0 para almidones modificados (30). Adicionalmente, permite inferir que la reacción no dejó ningún residuo de anhídrido acético o hidróxido de sodio que modificara drásticamente el pH.

3.12 SOLUBILIDAD EN AGUA FRÍA

La Figura 3-24 resume los resultados de solubilidad en agua fría (datos primarios de muestran en la Tabla L-1 del ANEXO L), evidenciando una disminución en la solubilidad en función al aumento del grado de sustitución para los almidones de maíz, que

presentaron valores de solubilidad de 0.08mg/mL para la muestra de almidón nativo disminuyendo este valor hasta 0,03mg/mL para el almidón de maíz nivel II.

Figura 3-24. Solubilidad de los almidones analizados en agua fría



Este comportamiento puede deberse a la introducción de grupos acetatos que confieren hidrofobicidad a los gránulos. Caso contrario ocurrió con el almidón de arracacha en el que la solubilidad aumentó con la acetilación, comenzando de 0,018mg/ml para el almidón nativo y se incrementó hasta 0,177mg/mL para el almidón de arracacha nivel III. Aunque la introducción de grupos acetilos da cierto carácter hidrofóbico, en estudios realizados también se ha demostrado que impiden la asociación de las cadenas del almidón acetilado favoreciendo el acceso de agua e incrementando la solubilidad (46), siendo este último efecto el que prevalece para el almidón de arracacha.

El análisis de varianza de un solo factor (ANEXO K-57,58), demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha= 0.05$) no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para las muestras de almidón de maíz y arracacha en estudio. De este análisis se podría afirmar que la reacción de acetilación no modificó la solubilidad en agua fría para los almidones acetilados en referencia con los nativos.

3.13 SORCIÓN

En las figuras 3-25 y 3-26 (los datos primarios se muestra en la Tabla G-1 y G-2 del ANEXO G) se presentan los perfiles de sorción de agua en función del tiempo, que muestran para el almidón de arracacha un comportamiento bifásico caracterizado por una fase inicial de mayor velocidad que va disminuyendo en función del tiempo. En general, en los primeros 5 minutos hay un aumento de la velocidad de sorción de todos los almidones de arracacha. De los almidones de arracacha modificados el que tuvo una sorción por debajo del almidón nativo fue el almidón de arracacha nivel III, los otros niveles de acetilación aumentaron la sorción. Los almidones de maíz sí presentaron un aumento de la sorción con el grado de acetilación en todos los casos, pero la velocidad de sorción se mantuvo constante transcurrido apenas unos minutos, es decir el almidón no siguió tomando más cantidad de agua.

Figura 3-25. Isotermas de sorción de los almidones de arracacha nativo y modificados.

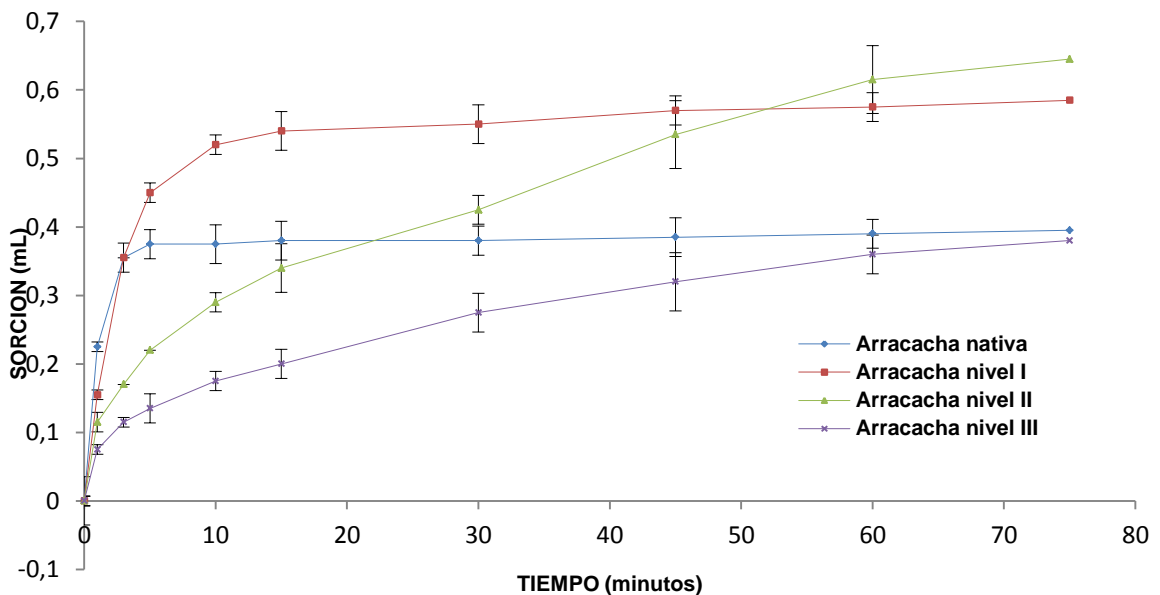
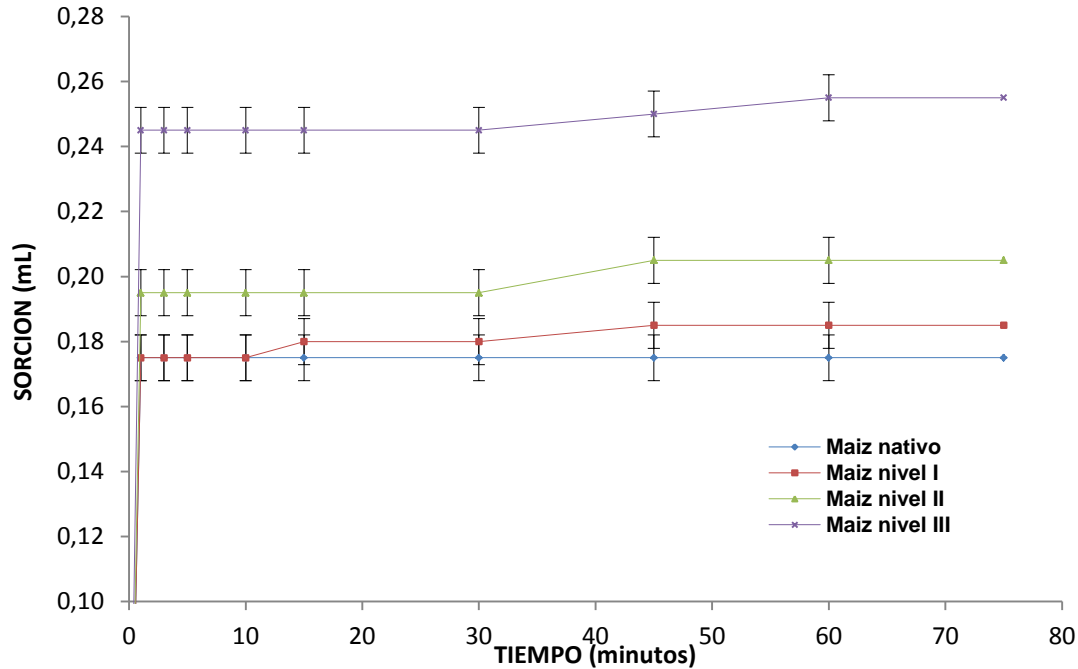


Figura 3-26. Isotermas de sorción de los almidones de maíz nativo y acetilados



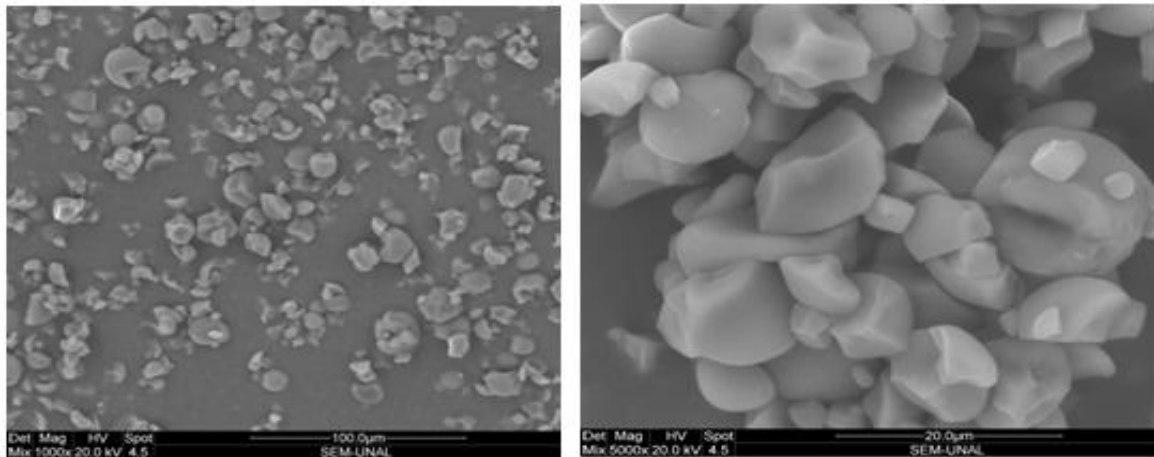
El análisis de varianza de un factor (ANEXO K-55,56) al nivel de significancia evaluado ($\alpha=0,05$), detectó diferencias estadísticamente significativas para las muestras de almidón de arracacha y maíz analizadas. De acuerdo al análisis anterior se podría confirmar que la reacción de acetilación para las muestras de almidón aumentó la sorción para el almidón de maíz y que para el almidón de arracacha mejoraron para los niveles de acetilación I y II. La diferencia del comportamiento presentado para el almidón de arracacha de nivel de acetilación III, podría atribuirse al aumento en la capacidad de gelificación para este nivel, que hace que la captación de agua tienda a disminuir por ejercer una especie de barrera al entrar en contacto con ella.

3.14 CARACTERIZACIÓN FARMACOTÉCNICA

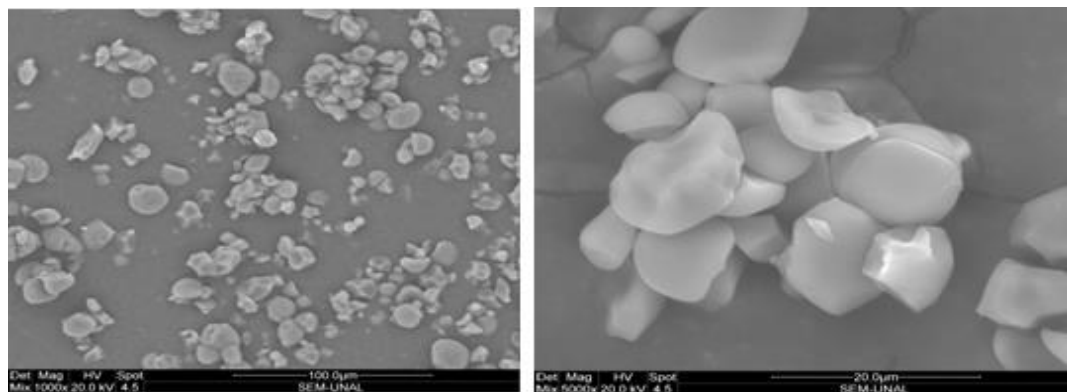
3.14.1 Forma de las partículas

Como se observa en la figura 3-27 los gránulos de almidón de arracacha son irregulares, con superficie estriada y de forma globular y poliédrica, esto concuerda con lo señalado por D. Rodriguez et al 2005 (13, 50, 51).

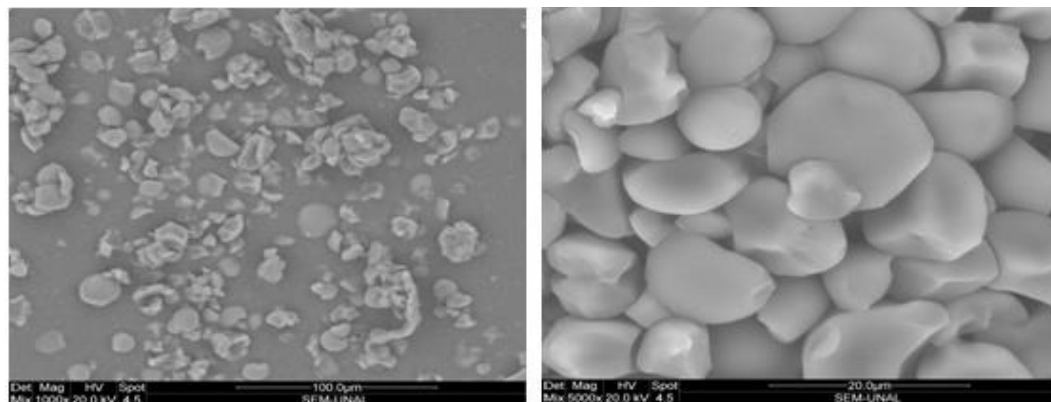
Figura 3-27. Almidón de arracacha nativo (1000X y 5000X).



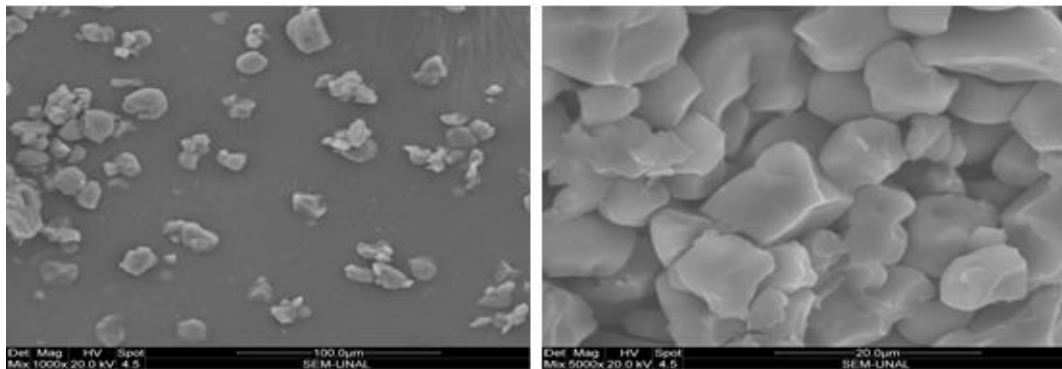
En cuanto al primer nivel de acetilación los gránulos no muestran cambio alguno sobre su superficie manteniendo forma globular y poliédrica, como se observa en la Figura 3-27

Figura 3-28. Almidón de arracacha modificado Nivel I (1000X y 5000X)

En el segundo nivel de acetilación en los gránulos no se observa cambio alguno sobre la superficie, pero algunos gránulos pierden la forma globular y es notoria la fusión, como se observa en la Figura 3-29.

Figura 3-29. Almidón de arracacha modificado Nivel II (1000X y 5000X)

Las formas observadas en el nivel III (figura 3-30) de acetilación evidencian un daño sobre la superficie de los gránulos, y también un aumento en la irregularidad con gran fusión de los mismos atribuido a un incremento en los puentes de hidrogeno (32,50).

Figura 3-30. Almidón de arracacha modificado Nivel III (1000X y 5000X)

En las figuras 3-31 a la 3-34 se muestran al almidón de maíz nativo y modificado, que mostró en sus partículas formas redondas y ovaladas con una superficie semi lisa con algunos poros.

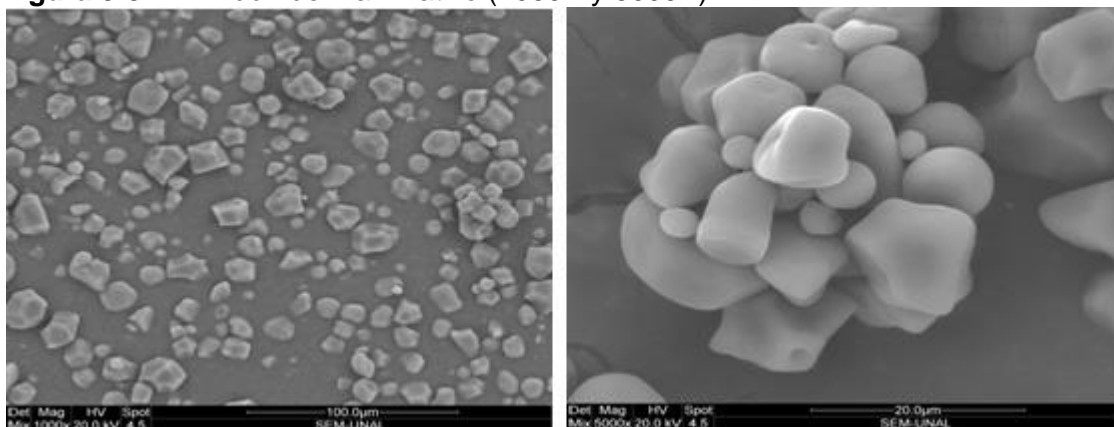
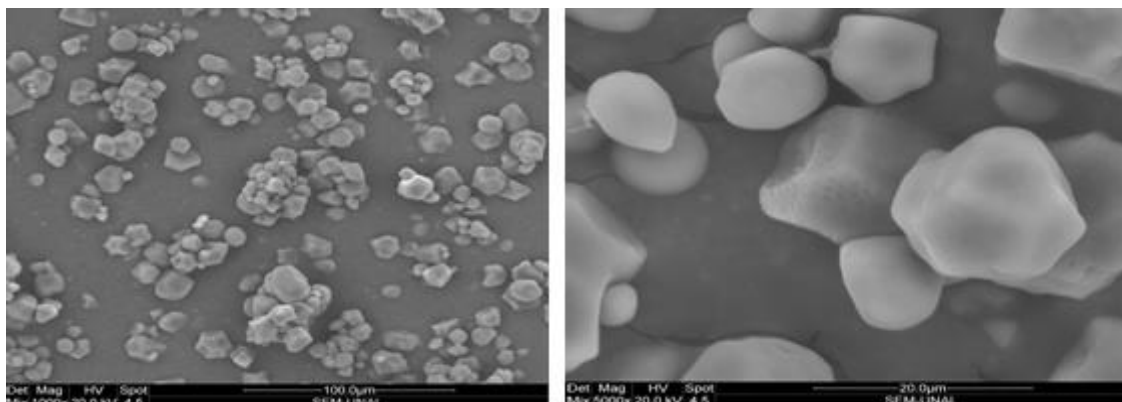
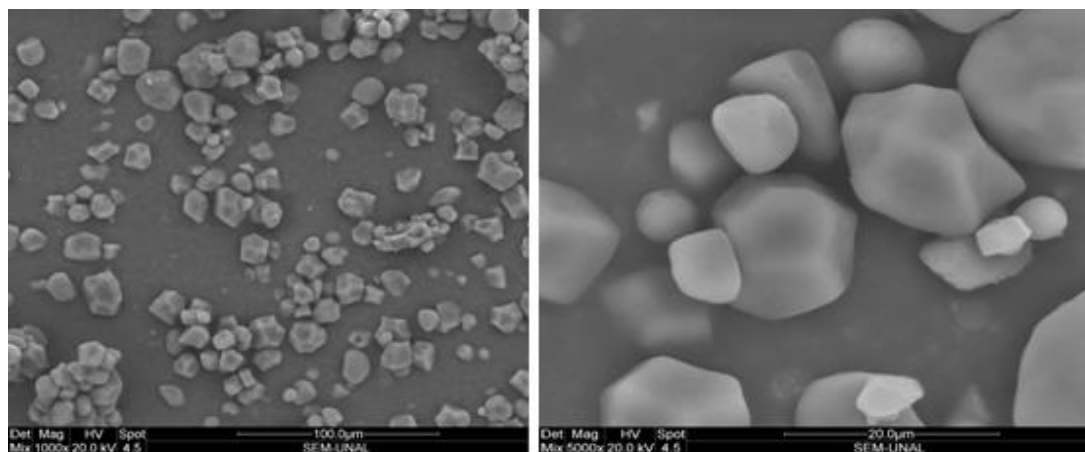
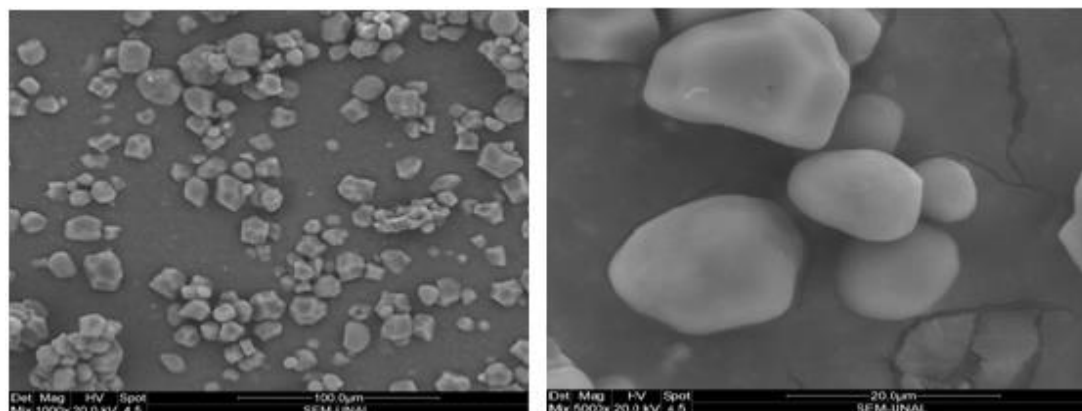
Figura 3-31. Almidón de maíz nativo (1000X y 5000X)**Figura 3-32.** Almidón de maíz modificado Nivel I (1000X y 5000X)

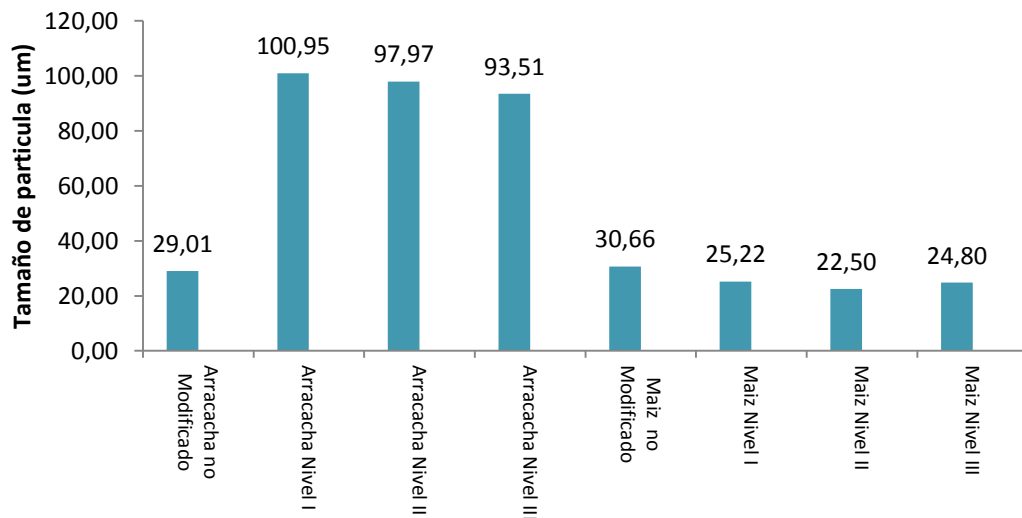
Figura 3-33. Almidón de maíz modificado Nivel II (1000X y 5000X)**Figura 3-34.** Almidón de maíz modificado Nivel III (1000X y 5000X)

Al observar la superficie de las partículas de los otros niveles de almidón de maíz no hubo alteración y se mantuvo la morfología de los mismos. Esto puede deberse a que la reacción de acetilación se produce preferiblemente en la región amorfa del gránulo que está compuesta por amilosa y a la pobre penetración del anhídrido acético a esta región, lo que no produce modificaciones severas en la superficie del gránulo, a menos que la reacción se catalice (46, 52).

3.14.2 Tamaño y distribución de tamaño de partículas

El tamaño de partículas de los almidones nativo y modificado puede verse en la Figura 3-35 (los datos de la distribución de tamaños se muestran en el ANEXO H numeral 1 al 8).

Figura 3-35. Relación entre el tamaño de partículas y el grado de sustitución de los almidones estudiados de arracacha y maíz.



El 90% de las partículas del almidón nativo de arracacha estuvo por debajo de 29,01 µm y la distribución de tamaños de partícula se encuentra entre 2,10 y 35,0 µm, datos que concuerdan con los reportado por D. Rodríguez *et al* 2005 (13, 53). En cuanto a los almidones de arracacha acetilados se observa un aumento en estos tamaños en comparación con el almidón nativo, no existiendo mucha diferencia entre ellos; esto puede atribuirse a que los gránulos están adheridos unos con otros por la reacción de acetilación.

En cuanto al almidón de maíz nativo el 90 % de las partículas estuvo por debajo de 30,66 µm, observándose una leve disminución del tamaño de partícula para los almidones modificados, pero manteniéndose un tamaño similar entre los niveles I al III.

3.14.3 Densidad aparente, apisonada.

Las figuras 3-36 y 3-37 muestran de manera comparativa la densidad apisonada y aparente de los almidones de maíz y arracacha (los datos primarios se presentan en la Tabla J-1; Tabla J-2; Tabla J-3; Tabla J-4; Tabla J-5; Tabla J-6; Tabla J-7 y Tabla J-8 del ANEXO J).

Figura 3-36. Relación entre la densidad aparente y apisonada y el grado de sustitución de los almidones de maíz estudiados.

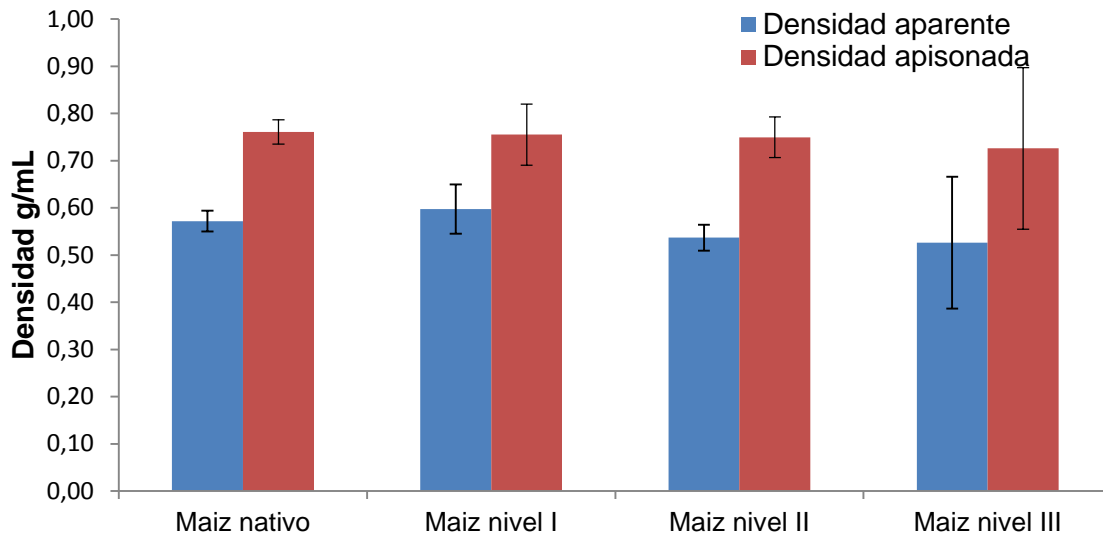
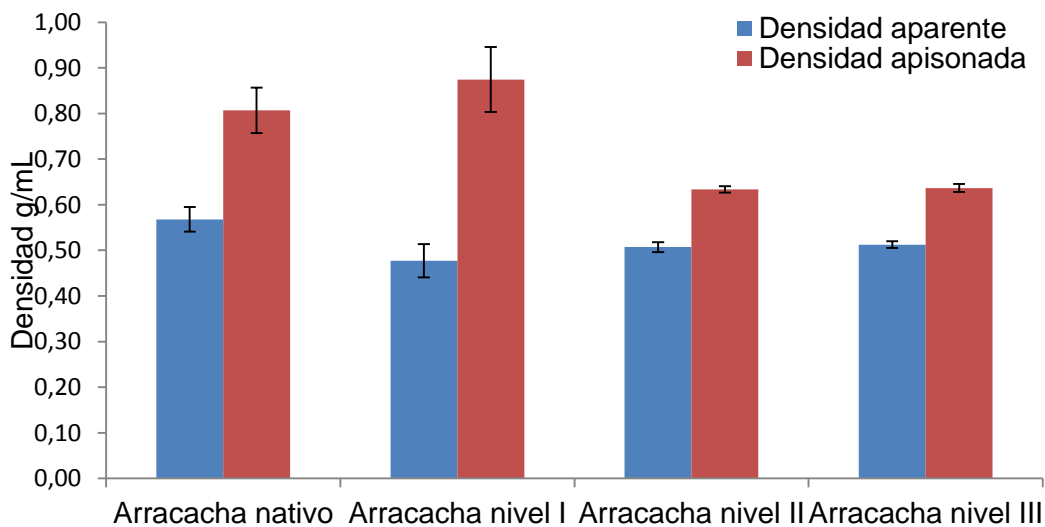


Figura 3-37. Relación entre la densidad aparente y apisonada y el grado de sustitución de los almidones de arracacha estudiados.



Si comparamos todos los almidones de arracacha se puede notar una disminución de la densidad aparente, con relación al aumento del grado de sustitución, debido al cambio en la forma y morfología dando así un peor acomodamiento de las partículas, las cuales se fusionaron unas con otras al momento de la reacción. Por otro lado la densidad apisonada del almidón de arracacha solo aumentó levemente para el nivel I y disminuyó para los niveles II y III.

En cuanto a la densidad aparente para el almidón de maíz tuvo una leve tendencia a la disminución, solo para los niveles II y III; el nivel I aumentó lo cual concuerda con las microfotografías tomadas. Esto puede ser atribuible a un mejor acomodamiento de las partículas dado por su cambio en tamaño y forma, respecto al almidón nativo (33, 53). La densidad apisonada no tuvo alteraciones significativas con el aumento del grado de sustitución.

El análisis de varianza realizado de un solo factor (ver ANEXO K-33 a K-36) demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha=0.05$), se detectaron diferencias estadísticamente significativas para la densidad apisonada y aparente de los almidones de arracacha estudiados. Caso contrario se obtuvo con el almidón de maíz en donde no se detectó ninguna diferencia significativa para la densidad apisonada y aparente de las muestras analizadas. De acuerdo al análisis anterior podríamos afirmar que la reacción de acetilación modifica significativamente el tamaño de partícula del almidón de arracacha lo cual se ve reflejado en la densidad aparente y apisonada, en referencia al almidón nativo. Para el almidón de maíz se puede afirmar que la reacción de acetilación no alteró el tamaño de partícula lo suficiente para modificar significativamente la densidad aparente y apisonada.

3.14.4. Voluminosidad, Índice de Hausner e Índice de Carr

La voluminosidad aparente y apisonada del almidón de maíz y arracacha estudiados, se muestra en la figura 3-38 y figura 3-39 respectivamente (datos primarios en la Tabla J-1; Tabla J-2; Tabla J-3; Tabla J-4; Tabla J-5; Tabla J-6; Tabla J-7 y Tabla J-8 del ANEXO J) y como se calculó del recíproco de la densidad aparente y apisonada las explicaciones al comportamiento mostrado serían las mismas dadas anteriormente.

Figura 3-38. Voluminosidad aparente y apisonada para el almidón de maíz nativo y modificado.

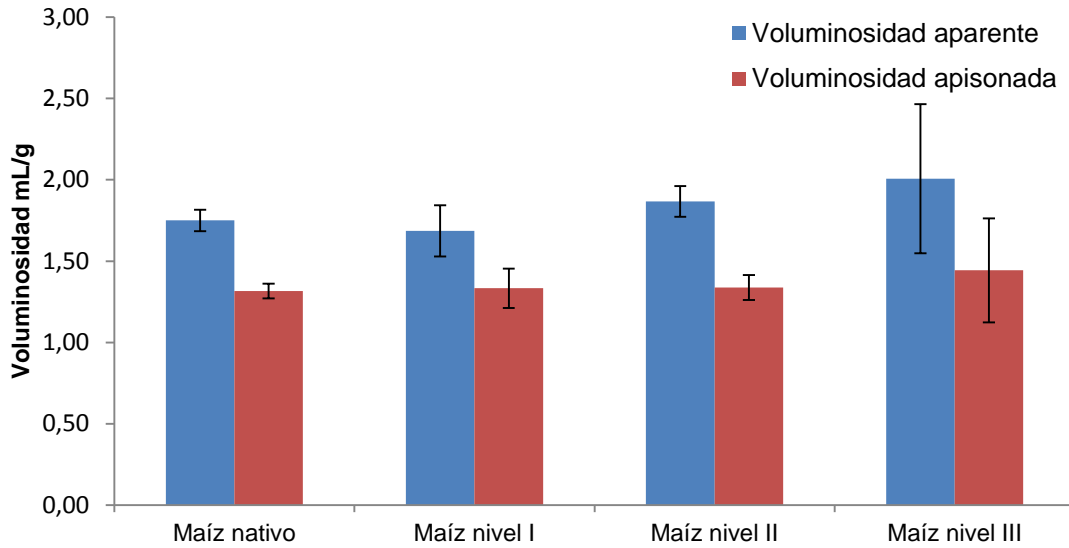
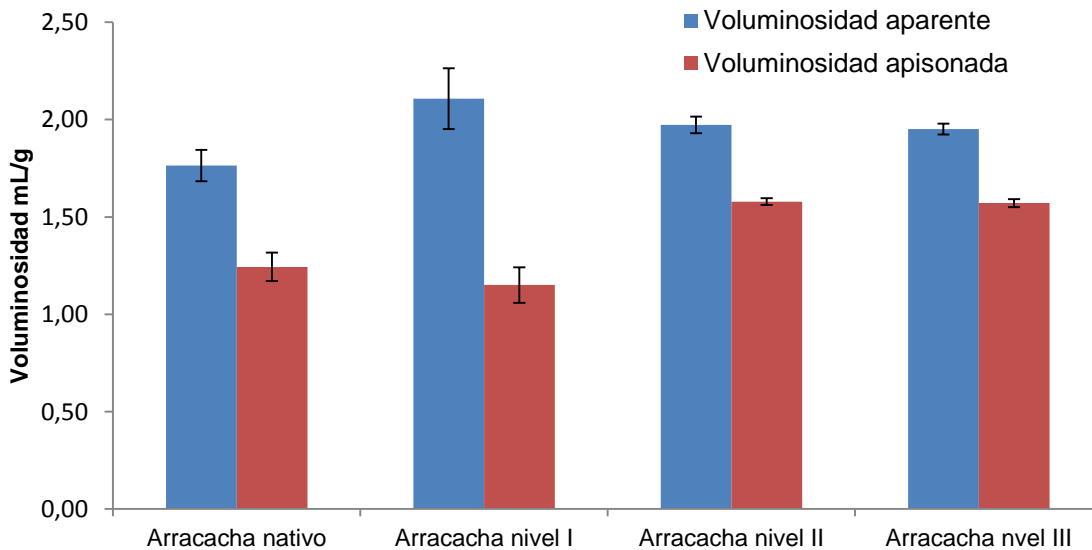


Figura 3-39. Voluminosidad aparente y apisonada para almidón de arracacha nativo y modificado.



3.14.5. Índice de Hausner y Carr.

En las figuras 3-40 y 3-41 se muestran el índice de Hausner y Carr para el almidón de maíz y arracacha estudiados, cuyos datos primarios se muestran en la Tabla J-1; Tabla J-2; Tabla J-3; Tabla J-4; Tabla J-5; Tabla J-6; Tabla J-7 y Tabla J-8 del ANEXO J.

Figura 3-40. Índice de Hausner para los almidones de maíz y arracacha estudiados.

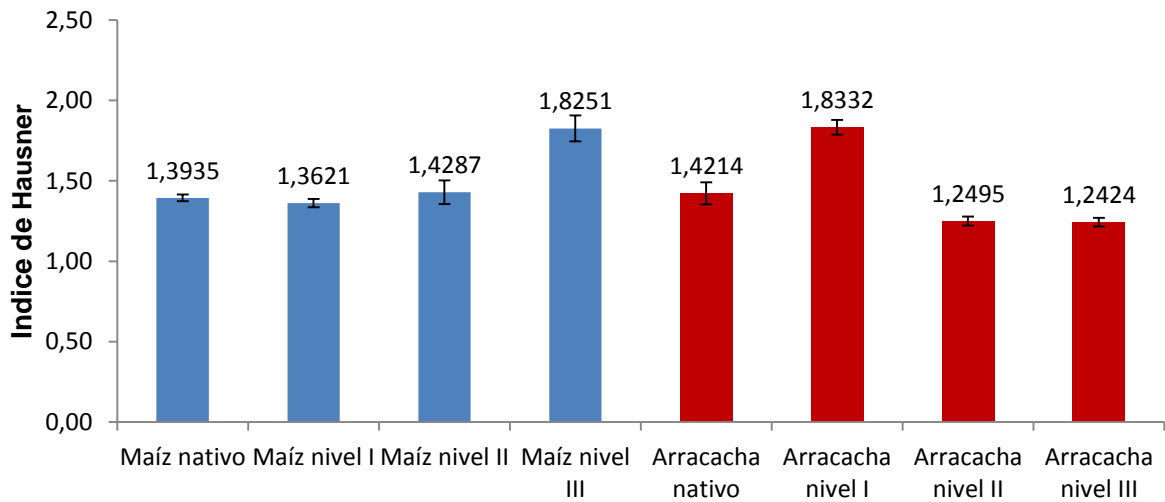
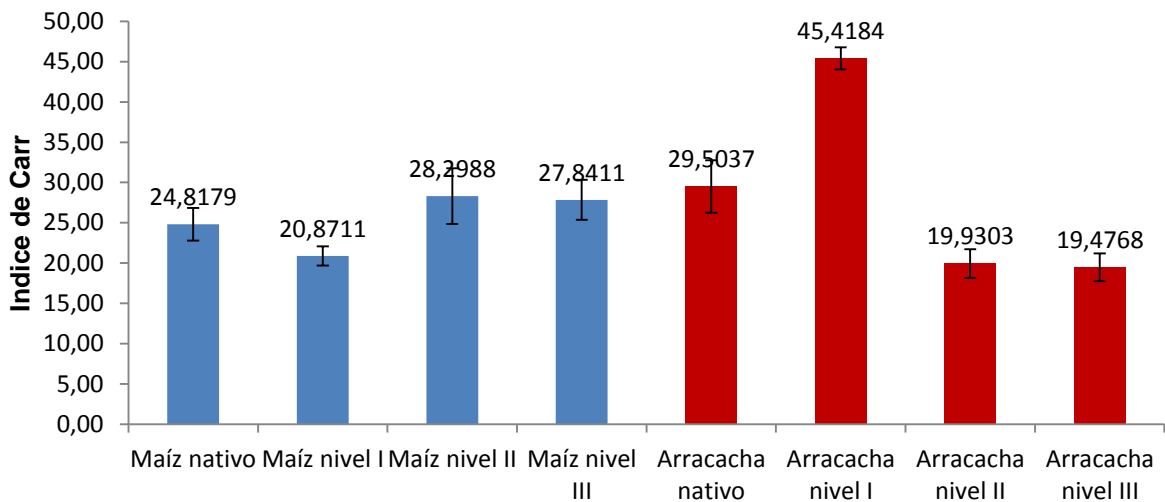


Figura 3-41. Índice de Carr para los almidones de maíz y arracacha.



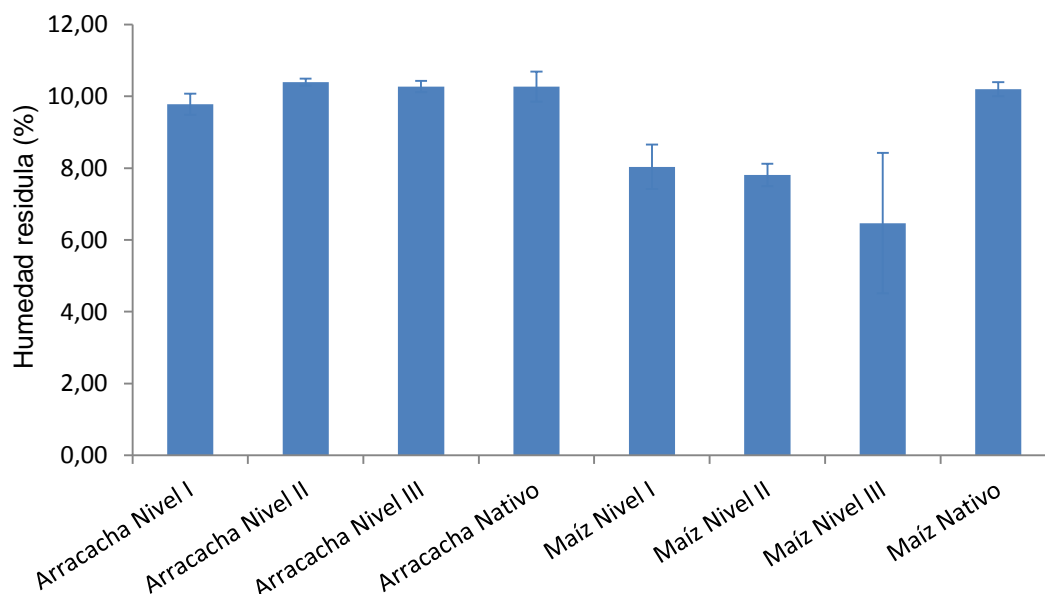
De acuerdo a lo reportado en la literatura (33) un flujo bueno para el índice de Hausner sería aquel valor menor a 1,25; según la gráfica solo el almidón de arracacha nivel III lo tendría, el resto de almidones corresponderían a flujos muy pobres. En cuanto al índice de Carr un flujo excelente corresponde a los valores comprendidos entre 5% y el 15%, mientras un flujo bueno está entre 12 -16%, aceptables entre 17% a 25% y pobres mayores a 25%. De acuerdo a la gráfica solo el almidón de maíz nivel I, almidón de arracacha nivel II y nivel III estarían entre los aceptables, el resto de almidones tiene un flujo pobre.

El análisis de varianza de un solo factor realizado (ver ANEXO K-41 a K-44) demostró que al nivel de significancia evaluado ($\alpha=0.05$), se detectaron diferencias estadísticamente significativas para los almidones de maíz y arracacha estudiados. Con lo cual podemos afirmar que la reacción de acetilación modifica los parámetros de índice de Hausner y Carr para los almidones de maíz y arracacha, en referencia al almidón de nativo de cada uno.

3.14.6 Contenido de humedad

Los resultados de determinación de humedad para los almidones de arracacha y maíz en estudio se muestran en la Figura 3-42 (ver datos primarios en la Tabla G-3 del ANEXO G) después de ser sometidos a secado por 12 horas a 40°C.

Figura 3-42. Porcentaje de humedad residual para los almidones maíz y arracacha analizados.



El porcentaje de humedad para ambos tipos de almidón con sus respectivas modificaciones cumplió con lo establecido en la USP 36 (30) para almidones modificados (máximo 15%).

3.14.7 Compresibilidad

Los resultados de la evaluación de los almidones bajo compresión se muestran en la Tabla 3-3. Los resultados indican que el almidón de maíz nativo, sus modificaciones y el almidón de arracacha nativo son materiales poco compresibles, lo que se explica por su baja voluminosidad (13, 55). No presentan problemas de laminación, de dificultad de expulsión de los lingotes de las cavidades de las matrices o adherencia a los punzones y todos ellos tienen un bajo tiempo de desintegración (menor de 10 minutos).

Tabla 3-3. Evaluación del comportamiento bajo compresión.

Parametro Evaluado	Especificación*	Almidón de Maiz Nativo	Almidón de Maiz Nivel I	Almidón de Maiz Nivel II	Almidón de Maiz Nivel III	Almidón de Arracacha Nativo	Almidón de Arracacha Nivel I	Almidón de Arracacha Nivel II	Almidón de Arracacha Nivel III	Diclofenaco Sodico
Peso (g)	Peso requerido para llenar una matriz de 0,5 pulgadas de profundidad y 0,5 pulgadas de diametro.	0,5793	0,58356	0,62692	0,6352	0,63394	0,66638	0,67986	0,67692	0,5875
V/v	Relacion del volumen inicial de la matriz y el volumen Final de Comprimido.	3,5:1	3,2:1	3,1:1	3,0:1	3,4:1	3,4:1	3,1:1	3,1:1	3,6:1
Dificultad de expulsión	Clasificada como negativa, ligera[1], moderada [2], o severa [3] dependiendo de la resistencia del material comprimido para se expulsado.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Severa
Laminacion	Positivo o negativo según se presente laminación del material comprimido.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
Adherencia	Positivo o negativo según se presente o no adherencia en los punzones.	Negativo	Negativo	Negativo	Positiva	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo
Desintegracion (min)	Si el comprimido permanece intacto despues de 30 minutos se designa como +30.	1	1	1	1	7	+ 30	+ 30	+ 30	+ 30
Dureza (kp)	Reportado el obtenido.	7,3	1,1	1,2	1,4	19,7	20,4	23,2	20,3	12,6

*Kaplan y Wolf

En el caso de los almidones modificados de arracacha estos son materiales con buena capacidad de compresión aunque su voluminosidad sea baja. No presentaron problemas de laminación, expulsión o adherencia a los punzones pero todos con un alto tiempo de desintegración; este comportamiento se explica por la formación de una película gelatinosa sobre la superficie del lingote lo que evita el contacto directo con el medio aumentando así el tiempo de desintegración.

3.15 EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD (DISOLUCIÓN)

3.15.1 Disolución comparativa

A los comprimidos preparados a partir de los almidones modificados y no modificados de arracacha y maíz, con dosificación de Diclofenaco de 100mg/tab les fue evaluado su comportamiento de liberación, empleando para ello una metodología analítica previamente validada.

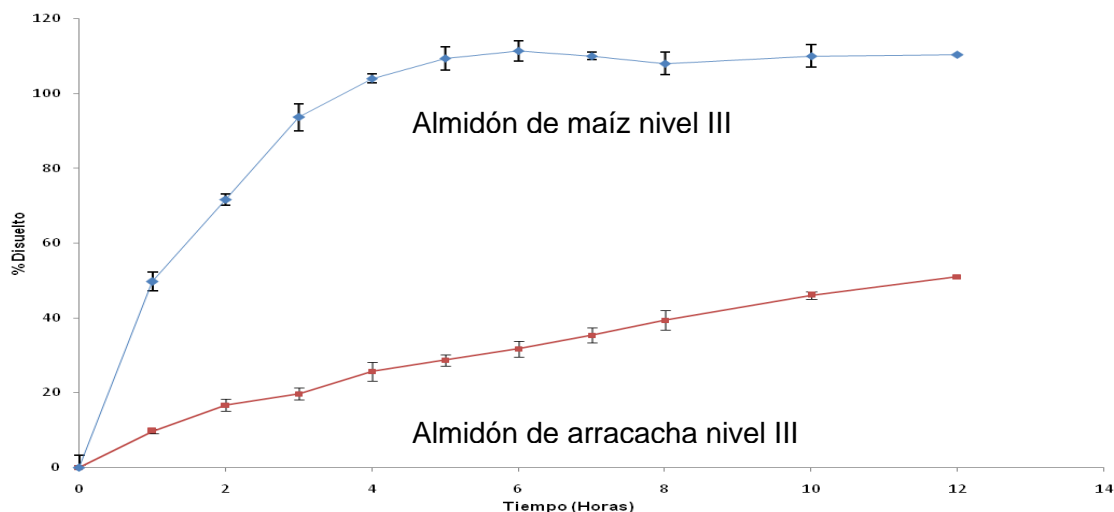
3.15.2 Evaluación preliminar de las condiciones del ensayo

Los comprimidos se sometieron a las siguientes condiciones:

Aparato: 2 Medio: 900mL buffer fosfato pH 6,8 Velocidad: 50 rpm Temperatura: 37°C
Tiempos de muestreo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10,12 horas.

Los datos graficados son el promedio de 3 réplicas (vasos), del perfil de disolución de cada uno de los almidones. Los resultados de los perfiles de disolución para el establecimiento de las condiciones preliminares se muestran en la figura 3-43 (cuyos datos primarios se muestran en la Tabla I-1 y Tabla -2 de ANEXO I). De acuerdo a estos resultados, el almidón de arracacha Nivel III solo liberó el 51% del fármaco a las 12 horas, mientras el almidón de Maíz Nivel III a las 3 horas liberó el 94% del diclofenaco sódico.

Figura 3-43. Perfil de disolución del Diclofenaco sódico a partir de las matrices con almidón de maíz nivel III y almidón de arracacha nivel III en las condiciones preliminares.



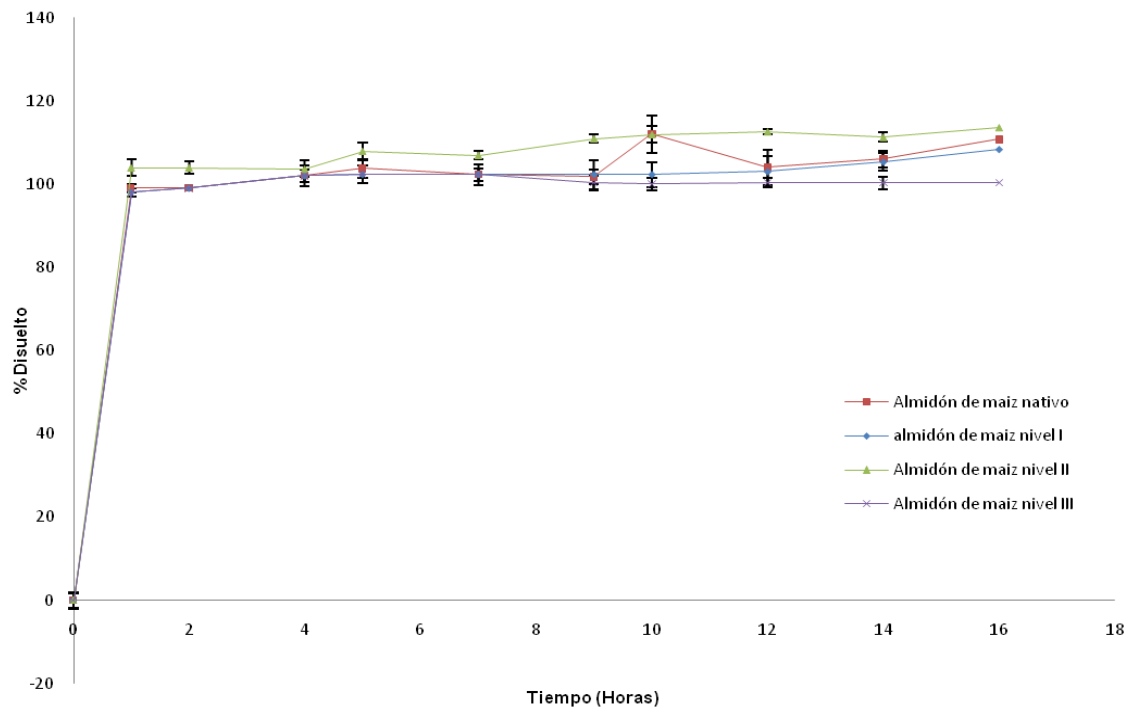
Teniendo en cuenta estos resultados fue necesario modificar las condiciones para aumentar la liberación del Diclofenaco sódico.

3.15.3 Condiciones definitivas.

Se sometieron los comprimidos a las siguientes condiciones: Aparato: 1 Medio: 900mL buffer fosfato pH 6,8 Velocidad: 100 rpm Temperatura: 37°C Tiempos de muestreo: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 14,16 horas.

Los datos graficados son el promedio de 3 réplicas (vasos), en los perfiles realizados para cada almidón. Los resultados se presentan en la figura 3-44 (los datos primarios se muestran en la Tabla I-3; Tabla I-4; Tabla I-5; Tabla I-6 del ANEXO I).

Figura 3-44. Perfil de disolución del Diclofenaco sódico a partir de matrices compuestas por almidón de maíz nativo y modificado, en condiciones definitivas.



De acuerdo a la gráfica se observa que más de un 99 por ciento del Diclofenaco sódico se libera a la primera hora a partir de la matriz de almidón de maíz nativo. Esto corrobora el tiempo de desintegración del comprimido el cual no superó el minuto en los ensayos

previamente realizados. El resto de almidones de maíz liberaron el Diclofenaco sódico a la primera hora en un porcentaje mayor del 95%.

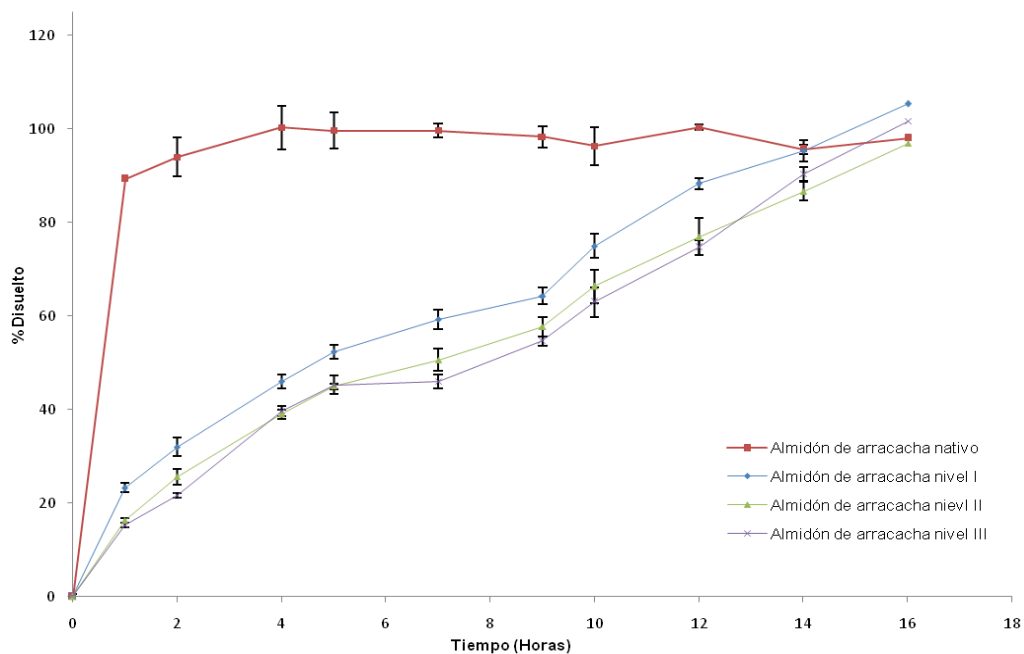
Al realizar la comparación de los perfiles de disolución de los almidones de maíz mediante el valor de diferencia (f_1) y similitud (f_2) y tomando la consideración que cuando f_1 toma valores entre 0 y 15 se considera que no hay diferencias significativas entre los perfiles de disolución y que cuando f_2 toma valores entre 50 y 100 se considera que los perfiles son similares (54; 55), según la tabla 3-4 en todas combinaciones de los materiales ninguno fue diferente al otro, es decir todos son similares.

Tabla 3-4. Comparación de perfiles de disolución de almidón de maíz.

Almidón de Maíz	Diferencia (f_1)	Similitud (f_2)
Nativo Vs Nivel I	2	72
Nativo Vs Nivel II	5	67
Nativo Vs Nivel II	4	62
Nivel I Vs Nivel II	2	81
Nivel I Vs Nivel III	2	74
Nivel II Vs Nivel II	9	53

En la figura 3-45 (los datos primarios se encuentran en la Tabla I-7; Tabla I-8; Tabla I-9 y Tabla I-10 del ANEXO I) se muestran los perfiles de liberación del Diclofenaco a partir de los almidones de arracacha nativo y modificados en los tres niveles de acetilación, empleando las condiciones finales establecidas para el ensayo de disolución. En ellos se observa que cuando se emplea el almidón de arracacha nativo como matriz se liberó el 89 % del Diclofenaco sódico a la primera hora, mientras este mismo valor se alcanza alrededor de las 14 horas para los almidones de arracacha modificados. Esto sugiere que la modificación del almidón de arracacha nativo genera materiales que modulan la liberación del fármaco, haciéndola más controlada en el tiempo, debido a la formación de una pequeña película de gel en la superficie del comprimido.

Figura 3-45. Perfil de disolución del Diclofenaco sódico a partir de las matrices elaboradas con los almidones de arracacha nativos y modificadas, en las condiciones definitivas establecidas para el ensayo de disolución.



En la tabla 3-5, se presentan los resultados de los cálculos relacionados con la determinación del comportamiento cinético de la liberación del Diclofenaco a partir de las matrices elaboradas con el almidón de arracacha. El modelo cinético al que mejor se ajustan los datos cuando se emplea el almidón de arracacha modificado en los tres niveles (coeficiente de correlación cercano a 1) es el de orden cero, lo que refleja una liberación del fármaco constante, independiente de la concentración del mismo remanente en la matriz. El comportamiento para las matrices con el almidón sin modificar es diferente, comportándose como un sistema de liberación inmediata.

Tabla 3-5. Comportamiento cinético de los perfiles de disolución del Diclofenaco.

Almidón	Arracacha Nativo	Arracacha Nivel I	Arracacha Nivel II	Arracacha Nivel III
Constante de Disolución (%/hora).	2,65	23,27	15,76	13,26
Coefficiente de correlación.	0,2330	0,9910	0,9945	0,9945

La constante de disolución fue disminuyendo a medida que se aumentó el nivel de acetilación, pero el porcentaje de liberación a las 16 horas fue menor en el nivel II de acetilación. La variación de la liberación por la acetilación es evidente en cada nivel, donde a la primera hora solo se ha liberado menos del 25%.

Los sistemas elaborados con almidón de arracacha modificado se comportan como matrices hidrofílicas con una alta capacidad de controlar la liberación. Este control es debido a la película de gel que se forma sobre la superficie del comprimido, que impide que el activo sea cedido completamente a la solución (49). La formación de esta película de gel está asociada a la temperatura de gelificación del material, cuanto más baja sea la temperatura de gelificación más rápido se forma dicha película.

Los perfiles de disolución de los almidones de arracacha se compararon mediante los factores de diferencia (f_1) y similitud (f_2) que se presentan en la Tabla 3-6.

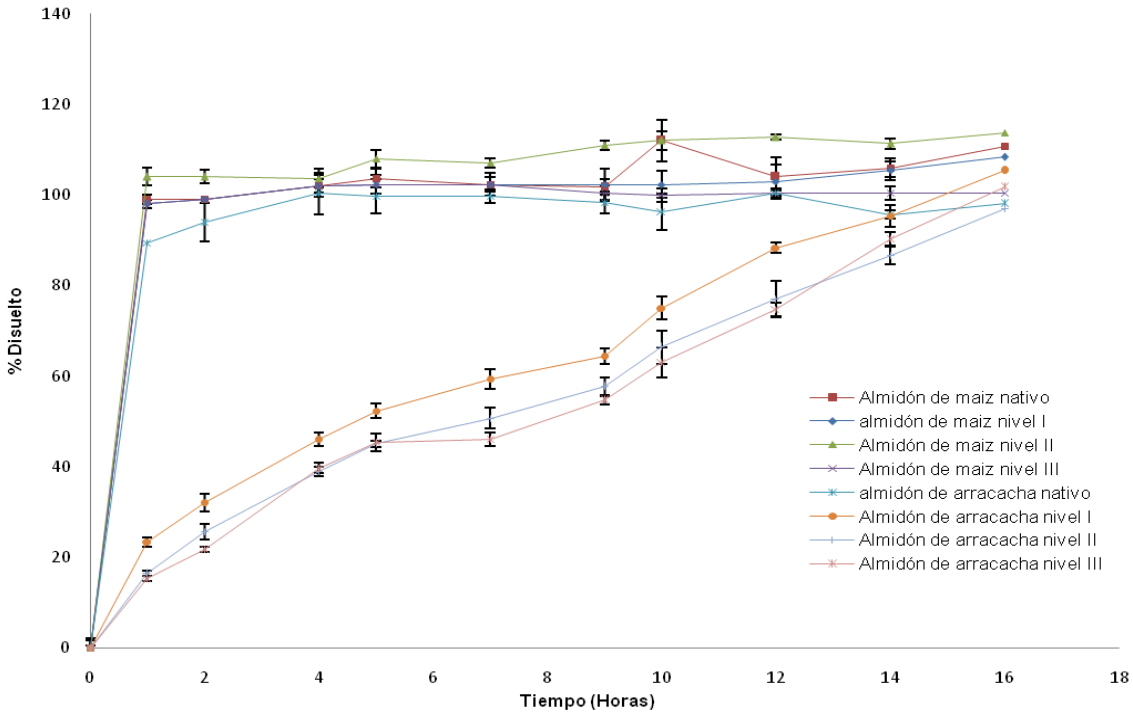
Tabla 3-6. Comparación de perfiles de disolución.

Almidón de Arracacha	Diferencia (f_1)	Similitud (f_2)
Nativo Vs Nivel I	39	30
Nativo Vs Nivel II	48	17
Nativo Vs Nivel III	48	17
Nivel I Vs Nivel II	16	46
Nivel I Vs Nivel III	15	47
Nivel II Vs Nivel III	4	57

Tomando en consideración que cuando f_1 toma valores entre 0 y 15 se considera que no hay diferencias significativas entre los perfiles de disolución y que cuando f_2 toma valores entre 50 y 100 se considera que los perfiles son similares (52; 53), según los resultados mostrados en la Tabla 3-6, los únicos perfiles que son similares son los del Nivel II y Nivel III.

En la figura 3-46 se presentan de manera comparativa el comportamiento de liberación del Diclofenaco sódico a partir de los almidones de arracacha y de maíz.

Figura 3-46. Perfiles de disolución del Diclofenaco sódico a partir de las matrices elaboradas con los almidones de arracacha y maíz en las condiciones de disolución definitivas.



En la figura 3-46 se evidencia que la reacción de acetilación varió considerablemente el tiempo de liberación del Diclofenaco sódico, para los almidones de arracacha acetilados. Los perfiles de disolución realizados con almidones de maíz modificados no tuvieron ese efecto, comportándose igual al almidón nativo.

De igual modo un aumento en el grado de sustitución en las condiciones trabajadas, no garantiza una proporcionalidad de la modulación de la liberación del Diclofenaco sódico. Este caso se aprecia en el almidón de arracacha nivel III que al final del perfil libera el 102% del activo, y el almidón de arracacha nivel II libera un 97% del activo.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La reacción de acetilación empleada permitió acetilar al almidón de arracacha en varios niveles, demostrado mediante IR y determinado su grado de sustitución. Sin embargo, es de aclarar que un aumento o disminución en el volumen de anhídrido acético no es un indicativo para garantiza un mayor o menor grado de sustitución.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas la mayoría variaron cuando el almidón se modificó químicamente, especialmente aquellas que dependían de la temperatura. El poder de hinchamiento, absorción de agua y sólidos solubles aumentaron con el incremento del grado de sustitución, contrario a lo sucedido con la temperatura de gelificación la cual disminuyó notablemente con el incremento del grado de sustitución.

Algunas propiedades como el pH, la solubilidad en agua fría y la humedad cambiaron levemente. En cambio propiedades como la viscosidad, la claridad de las pastas y la estabilidad al congelamiento- descongelamiento variaron notablemente con la acetilación, siendo más alto este cambio en el almidón de arracacha nivel II, indicando que un mayor grado de sustitución no implicó un mejoramiento de estas propiedades.

Se obtuvieron tamaños de partícula mayores para los almidones de arracacha modificados y una pequeña disminución del tamaño para los almidones modificados de maíz, lo que estuvo relacionado con la morfología de los gránulos de almidón, donde se apreció la fusión granulométrica del almidón de arracacha.

El almidón de arracacha, de manera general, disminuyó su densidad aparente y apisonada, con el aumento del grado de sustitución debido a la variación del tamaño y forma de las partículas por la reacción química. Para el almidón de maíz el aumento del grado de sustitución no alteró significativamente la densidad aparente y apisonada, pues no hubo un cambio significativo en sus propiedades intrínsecas.

En relación al índice de Carr y Hausner solo el almidón de arracacha nivel III tendría un buen flujo, en cuanto a los demás niveles de almidón de arracacha y para el almidón de

maíz la reacción de acetilación no mejoró sus propiedades de flujo. Aunque las propiedades de flujo son pobres para la mayoría de los materiales obtenidos, la compresibilidad de estos resultó buena para los almidones de arracacha y mala para el almidón de maíz nativo y modificado. El comportamiento farmacotécnico favorable de los almidones de arracacha modificados permite sugerir su aplicación como excipiente en el diseño de formas farmacéuticas sólidas.

En cuanto a la liberación de Diclofenaco sódico a partir de las matrices de los almidones obtenidos, se observó una modificación de la liberación con la acetilación del almidón, especialmente para el almidón de arracacha modificado en sus tres niveles, siguiendo una cinética de orden cero y logrando el control de la liberación, aspecto deseable en el diseño de sistemas de liberación modificada.

4.2 RECOMENDACIONES

Desarrollar métodos de obtención para el almidón de arracacha que incremente el rendimiento de su extracción, pensando en una posible aplicación de los almidones modificados a nivel industrial.

Modificar muestras de almidón de arracacha con grados de sustitución más altos y evaluar la influencia de estos cambios en las propiedades del almidón.

Aplicar otro tipo de modificaciones al almidón de arracacha como oxidación, eterificación, y entrecruzamiento, evaluando el efecto en sus propiedades y posibles aplicaciones.

Realizar modificaciones a la metodología de acetilación usada, variando otros factores como temperatura, medio de dispersión para la acetilación, diferente agente acetilador, exposición a la luz, uso de catalizadores o inhibidor que ayuden a obtener más información sobre la reacción de acetilación en este tipo de almidón.

Bibliografía

1. THORNTON MORRISON, Robert y NEILSON BOYD, Robert. Química Orgánica. 5 ed. México: Addison Wesley Iberoamericano Eds. 1998. 1456 p. ISBN: 968-444-340-4.
2. DÍAZ MOLINA, Milena y CARRERA COLLAZOS, Irma. Síntesis y Caracterización Del Almidón Oxidado Para Su Posterior Evaluación Como Agente Aglutinante en Tabletas. En: Cubana de Farmacia. Mayo-Agosto, 1999. vol. 33, no. 2, p.98-103.
3. CUBERO, Nuria, *et al.* Aditivos alimentarios. 1ra ed. Madrid: Mundi-Prensa Eds, 2002. 240 p. ISBN: 848476088X.
4. SHIZUE MATSUGUMA, Luciana, *et al.* Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, B) from two production areas of Parana state, Brazil. En: Brazilian archives of biology and technology. Mayo-Junio, 2009. vol. 52, no. 3, p.701-713.
5. RINCÓN, Alicia Mariela, *et al.* Efecto de la oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpusaltilis*).En: Archivos latinoamericanos de nutrición. Septiembre, 2007. vol. 57, no. 3, p. 287-294.
6. CHEN, Ling. *Et al.* Acetylated starch-based biodegradable materials with potential biomedical applications as drug delivery systems. En: Journal Current Applied Physic. Enero, 2007, vol.7, no. 1, p.90-93.

7. JULCA HASHIMOTO, José. "ARRACACHA" *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Biodiversidad y Conservación de los Recursos Fitogenéticos Andinos. PERU, GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, 2006. 15 p.
8. HERMANN, Michael. *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. PERU, INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1997. p.75-172.
9. ALVARADO GANOVA, Álvaro y OCHOA, Lyda. TECNOLOGÍAS LOCALES DE PRODUCCIÓN DE ARRACACHA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA* BANCROFT) EN EL MUNICIPIO DE BOYACÁ. En: U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. vol. 13. No 1. 2010. p. 125-133.
10. MC MURRY, John. Química Orgánica.3ra Ed. México: Iberoamérica. 2008. 1352 p.
11. LÓPEZ, Olivia; ZARITZKY, Noemí y GARCIA, María. Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film formin capacity. En: *Journal of food engineering*. vol. 100. 2010. p.160-168.
12. PEÑARANDA CONTRERAS, Oscar Iván; PERILLA PERILLA, Jairo Ernesto y ALGECIRA ENCISO, Néstor Ariel. Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. En: Revista Ingeniería e Investigación. Diciembre, 2008. vol. 28. no. 3. p 47-52.
13. Korhonen, Ossi. et al. Evaluation of novel starch acetate–diltiazem controlled release tablets in healthy human volunteers. En: *Journal of Controlled Release*. Marzo, 2004. vol. 95. p. 515.
14. Rodríguez, Diana, et al. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas de almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*).En: Revista Colombiana De Ciencias Químico-Farmacéuticas. Universidad Nacional. Noviembre 2005. vol. 34. no. 2.p.140-146.
15. MIRMOGHTADAIE, Leila; KADIVAR, Mahdi y SHAHEDI, Mohammad. Effects of cross-linking and acetylation on oat starch properties. En: *Food Chemistry*. Marzo, 2009, vol. 116. no 3. p. 709–713.

16. PRIETO MENDEZ, José. *Et al.* Acetilación y caracterización del almidón de cebada. En: Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 2010, vol. 6. no. 1. p. 34.
17. GARG, Sangeeta y KUMAR JANNA, Asim. Characterization and evaluation of acylated starch with different acyl groups and degrees of substitution. En: Carbohydrate Polymers. Febrero, 2011, vol 83, no 4, p.1623-1630.
18. OLAYIDE, Lawal. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidised, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. En: Revista Food Chemistry. Septiembre, 2004. vol. 87, no 2. p. 205–218.
19. LEE PHILLIPS, David. *Et al.* Potential Use of Raman Spectroscopy for Determination of Amylose Content in Maize Starch. En: Cereal Chemistry. 1999, septiembre, vol, 76, no 5. p. 76- 821.
20. CHI, Hui. *Et al.* Effect of acetylation on the properties of corn starch. En: Food Chemistry, Febrero, 2008, vol, 106, no 3. p. 923-928.
21. POHJA, Seppo. *Et al.* Starch acetate as a tablet matrix for sustained drug release. En: Journal of Controlled Release. Febrero, 2004, vol. 94, no 2. p.293– 302.
22. VAN VEENA, Bert. *Et al.* The effect of powder blend and tablet structure on drug release mechanisms of hydrophobic starch acetate matrix tablets. En: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. Octubre, 2005. vol.61, no, 3. p.149–157.
23. TUOVINEN, Laura; PELTONEN, Soili y JARVINEN, Kristina. Drug release from starch-acetate films. En: Journal of Controlled Release. Septiembre, 2003, vol, 91, no, 3, p.345–354.
24. ADEBOWALE, Kayode; AFOLABI, Adeniyi, OLU-OWOLABI, Iromidayo, Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. EN: Carbohydrate Polymers. Julio, 2006, vol. 65, no, 1, p.93-101.

25. ARAUJO DE VIZCARRONDO, Consuelo; RINCÓN, Alicia Mirela y PADILLA, Fanny. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera*. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición [online]. Junio, 2004, vol. 54, no. 2, p. 241-245.
26. BELLO PEREZ, Luis Arturo. *Et al.* Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (var. macho). En: Agrociencia. Marzo-Abril, 2002, vol. 36, no. 2, p. 169-180.
27. MONTES, Everaldo. *Et al.* Evaluación de las propiedades modificadas por vía enzimática del almidón de ñame (*D. trifida*) utilizando α -amilasa (Termamyl[®] 120 I, tipo I). En: Vitae. Mayo, 2008, vol. 15, no. 1, p. 51-60.
28. United States Patent. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. Inventor: EASTMAN, James. *Et al.* Patent 4465702. Fecha de solicitud: Noviembre, 1982.
29. LÓPEZ, Olivia; ZARITZKY, Noemí y GARCIA, María. Film forming capacity of chemically modified corn starches. En: Journal of Food Engineering. Septiembre, 2008, vol.73, no. 4, p.573-581.
30. USP 36, 2013, capitulo, <1334>, p. 285.
31. KAPLAN, L.I y WOLFF, Jan. Compression characteristic in tableting. En: Drug and Cosmetic Industry. 1961, vol. 88, 594.p.
32. SODHI SINGH, Navdeep y SINGH, Narpinder. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. En: Journal of Food Engineering. Septiembre, 2005, vol. 70, no. 1, p.117-127.
33. BAENA, Yolima. Estudio Fisicoquímico de la liberación del Diclofenaco a partir de complejos polielectrolito fármaco. Tesis de doctorado en ciencias Farmacéuticas. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias Bogotá D.C, 2011, 281.p.
34. NAVIA, Diana Paola; VILLADA, Héctor Samuel y TORRES, Gerardo Andrés. Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopia óptica de alta resolución –MOAR-. En: Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Julio, 2010, vol.8, no. 2, p.79- 84.
35. USP 32. Diclofenac Sodium Delayed-Release Tablets , capitulo <699>,2009, p.308

36. BARRERA, Víctor. *Et al.* Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito, Ecuador.: Centro internacional de la Papa Copyright, 2004, 176.p. ISBN-92-9060-231-7.
37. MENEGOLA, Julia; STEPPE, Martin y SCHAPOVAL, Elfrides. Dissolution test for citalopram in tablets and comparison of in vitro dissolution profiles. En: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. Septiembre, 2007, vol. 67, no 2. p.524-530.
38. Fang, J.M. *et al.* The preparation and characterisation of a series of chemically modified potato starches. En: Carbohydrate Polymers. Febrero, 2002, vol. 47, no, 3. p.245-252.
39. Guerra Della Valle, Denisse. *Et al.* Efecto del tiempo de reacción en la acetilación de almidón de plátano. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química. Noviembre, 2008, vol. 7, no.3, p-283-291.
40. HAN, Fei. *Et al.* Synthesis, characterization and functional properties of low substituted acetylated corn starch. En: International Journal of Biological Macromolecules. Mayo, 2012, vol. 50, no 4, p.1026-1034.
41. Pharmacopeial Forum: 2012, vol.4, no. 30, p.1334.
42. OLAYIDE, Lawal. Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. En: Carbohydrate Research. Noviembre, 2004, vol. 339, no. 16, p.2673-2682.
43. HOOVER, Rathajotji y JANAKA NAMAL, Senanayake. Composition and physicochemical properties of oat starches. En: Food Research International. Enero, 1996, vol. 29, no 1, p. 15-26.
44. KHALIL DIOP, Cherif Ibrahima. *Et al.* Effects of acetic acid/acetic anhydride ratios on the properties of corn starch acetates. En: Food Chemistry. Junio, 2011, vol. 126, no. 4, p.1662-1669.
45. GARCIA TEJEDA, Yunia Verónica. *Et al.* Oxidación De Almidón Nativo De Plátano Para Su Uso Potencial En La Fabricación De Materiales De Empaque Biodegradable. En: Revista Iberoamericana De Polímeros. Diciembre, 2011, vol. 2, no. 3, p.3.

46. MULHBACHER, Jerome; ISPAS SZABO, Pompilia y MATEESCU, Mircela Alexandru. Cross-linked high amylose starch derivatives for drug release: II. Swelling properties and mechanistic study. En: International journal of pharmaceutics. Julio, 2004, vol. 278, no. 2, p.231- 238.
47. TORRUCO UCO, Juan y BETANCUR ANCONA, Davis. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. En: Food Chemistry. Abril, 2007, vol.101, no. 4, p.1319-1326.
48. BULEON, Alain. *Et al.* Starch granules: Structure and biosynthesis En: International Journal of Biological macromolecules. Agosto, 1998, vol. 23, no. 2, p. 85-112.
49. BARAN DAS, Amit. *Et al.* Effect of acetylation and dual modification on physico-chemical, rheological and morphological characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*). En: Carbohydrate Polymers. Mayo, 2010, vol. 80, no 3, p. 725-732.
50. WANG, Shujun; SHARP, Peter y COPELAND, Les. Structural and functional properties of starches from field peas. En: Food Chemistry. Junio, 2011, vol. 126, no. 4, p.1546-1552.
51. HAN, Jung Ah y BEMILLER, James. Preparation and physical characteristics of slowly digesting modified food starches. En: Carbohydrate Polymers. Febrero, 2007, vol. 83, no. 3, p.366-374.
52. CHUNG WAI, Chiu Y SOLAREK, Daniel. Modification of Starches. En: Starch. 3 ed. Starch. 2009. p. 629-655.
53. M. Nutan, M. S. Soliman, E. I. Taha, M. A. Khan, Optimization and characterization of controlled release multi-particulate beads coated with starch acetate, International Journal of Pharmaceutics. Vol. 294 2005. P. 89
54. AGUILAR, Antonio. *Et al.* BIOFARMACIA Y FARMACOCINETICA. En: EL SEVIER. 2008, 275 p. ISBN: 978-84-8086-286-8.
55. BROWN, Angus. A step by step guide to non-linear regression analysis of experimental data using a Microsoft Excel spreadsheet. En: Computer methods and Programs in Biomedicine. Junio, 2001, vol. 65, no. 3, p.191-200.

ANEXO A: PODER DE HINCHAMIENTO A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Tabla A-1. Poder de hinchamiento (PH) Almidón de Maíz.

PH	Almidón Nativo	Desv.	Maíz Nivel I	Desv.	Maíz Nivel II	Desv.	Maíz Nivel III	Desv.
a 25°C	1,86	0,0314	2,31	0,0123	2,53	0,0082	2,84	0,0009
a 30°C	2,00	0,0478	2,48	0,0120	2,62	0,0005	2,93	0,0050
a 35°C	2,15	0,0022	2,53	0,0017	2,73	0,0010	3,40	0,0240
a 40°C	2,35	0,0055	2,57	0,0000	2,86	0,0054	5,46	0,0159
a 45°C	2,45	0,0004	2,59	0,0155	3,15	0,0010	6,00	0,0450
a 50°C	2,56	0,0084	2,65	0,0159	3,38	0,0125	6,12	0,0111
a 55°C	2,78	0,0030	3,14	0,0658	4,04	0,0441	8,06	0,0008
a 60°C	2,85	0,0121	5,49	0,0174	7,75	0,2812	11,97	0,0119
a 65°C	4,63	0,0585	10,56	0,0133	12,53	0,3843	15,11	0,2735
a 70°C	9,46	0,0554	13,18	0,0101	15,17	0,0192	17,96	0,0065

Tabla A-2. Poder de hinchamiento (PH) Almidón de Arracacha

PH	Almidón Nativo	Desv.	Arracacha Nivel I	Desv.	Arracacha Nivel II	Desv.	Arracacha Nivel III	Desv.
a 25°C	2,12	0,0049	3,40	0,0031	3,56	0,0033	4,67	0,0016
a 30°C	2,48	0,0058	3,49	0,0055	4,03	0,0097	4,87	0,0015
a 35°C	2,51	0,0045	3,75	0,0032	4,33	0,0060	5,03	0,0030
a 40°C	2,55	0,0031	3,91	0,0029	6,04	0,0276	6,85	0,0004
a 45°C	2,69	0,0011	7,26	0,0078	16,26	0,0749	15,00	0,0071
a 50°C	2,81	0,0072	19,59	0,6720	20,50	0,0429	20,26	0,1284
a 55°C	8,27	0,0035	24,25	0,8761	22,46	0,0431	22,87	0,0113
a 60°C	12,26	0,0555	27,37	0,8996	25,85	0,0054	24,90	0,0111
a 65°C	19,50	0,4501	30,62	0,5504	27,44	0,0474	26,60	0,0031
a 70°C	21,67	0,4470	33,21	0,0470	30,11	0,0070	30,57	0,0045

ANEXO B: PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Tabla B-1. Porcentaje de sólidos solubles Almidón de Maíz.

Porcentaje de sólidos solubles	Almidón Nativo	Desv.	Maíz Nivel I	Desv.	Maíz Nivel II	Desv.	Maíz Nivel III	Desv.
a 25°C	0,56	0,0058	0,70	0,0009	0,76	0,0026	0,86	0,0057
a 30°C	0,61	0,0098	0,76	0,0096	0,80	0,0064	0,89	0,0070
a 35°C	0,66	0,0064	0,77	0,0062	0,83	0,0076	1,04	0,0091
a 40°C	0,71	0,0090	0,77	0,0116	0,86	0,0145	1,64	0,0247
a 45°C	0,74	0,0093	0,78	0,0051	0,95	0,0122	1,81	0,0226
a 50°C	0,77	0,0012	0,80	0,0009	1,02	0,0088	1,85	0,0090
a 55°C	0,85	0,0137	0,97	0,0347	1,24	0,0321	2,47	0,0372
a 60°C	0,86	0,0047	1,66	0,0072	2,35	0,0825	3,63	0,0043
a 65°C	1,39	0,0041	3,17	0,0454	3,76	0,1740	4,54	0,0707
a 70°C	4,48	0,0150	6,24	0,0527	7,19	0,0753	8,51	0,0784

Tabla B-2. Porcentaje de sólidos solubles Almidón de Arracacha.

Porcentaje de sólidos solubles	Almidón Nativo	Desv.	Arracacha Nivel I	Desv.	Arracacha Nivel II	Desv.	Arracacha Nivel III	Desv.
a 25°C	0,12	0,004	0,20	0,002	1,18	0,011	4,24	0,005
a 30°C	0,22	0,005	0,30	0,006	1,86	0,028	4,73	0,010
a 35°C	0,47	0,002	0,70	0,006	2,02	0,055	5,25	0,016
a 40°C	0,62	0,003	0,96	0,004	2,53	0,049	6,20	0,079
a 45°C	0,64	0,005	1,72	0,004	6,48	0,030	8,66	0,136
a 50°C	0,84	0,007	5,81	0,082	7,47	0,012	9,52	0,021
a 55°C	2,43	0,019	7,08	0,004	9,00	0,219	10,75	0,145
a 60°C	3,57	0,020	8,00	0,148	9,63	0,095	11,55	0,054
a 65°C	5,73	0,009	8,99	0,178	11,19	0,067	12,32	0,284
a 70°C	7,89	0,003	12,02	0,016	13,21	0,200	16,10	0,248

ANEXO C: ABSORCION DE AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS.**Tabla C-1.** Absorción de agua Almidón de Maíz.

Absorción de agua g agua/g almidón	Almidón Nativo	Desv.	Maíz Nivel I	Desv.	Maíz Nivel II	Desv.	Maíz Nivel III	Desv.
a 25°C	1,21	0,0249	1,50	0,0135	1,64	0,0114	1,85	0,0068
a 30°C	1,32	0,0229	1,64	0,0188	1,74	0,0118	1,94	0,0128
a 35°C	1,40	0,0051	1,65	0,0031	1,78	0,0053	2,22	0,0058
a 40°C	1,52	0,0082	1,66	0,0051	1,85	0,0021	3,54	0,0107
a 45°C	1,60	0,0064	1,69	0,0171	2,06	0,0078	3,91	0,0162
a 50°C	1,65	0,0010	1,71	0,0057	2,18	0,0140	3,99	0,0105
a 55°C	1,81	0,0015	2,04	0,0389	2,63	0,0237	5,24	0,0099
a 60°C	1,87	0,0043	3,61	0,0044	5,10	0,1948	7,87	0,0154
a 65°C	3,00	0,0330	6,85	0,0026	8,13	0,2627	9,80	0,0161
a 70°C	6,84	0,0641	9,53	0,1379	10,96	0,1809	12,98	0,1978

Tabla C-2. Absorción de agua Almidón de Arracacha.

Absorción de agua g agua/g almidón	Almidón Nativo	Desv.	Arracacha Nivel I	Desv.	Arracacha Nivel II	Desv.	Arracacha Nivel III	Desv.
a 25°C	1,54	0,008	2,46	0,011	3,34	0,023	3,69	0,021
a 30°C	1,68	0,014	2,38	0,007	3,37	0,072	3,88	0,022
a 35°C	1,80	0,059	2,75	0,002	3,43	0,016	4,17	0,155
a 40°C	1,79	0,009	2,75	0,017	5,04	0,039	5,84	0,045
a 45°C	1,91	0,029	5,22	0,050	13,20	0,048	14,01	0,059
a 50°C	2,57	0,035	18,09	0,029	19,67	0,358	19,06	0,490
a 55°C	7,81	0,073	22,75	0,177	22,36	0,013	21,81	0,197
a 60°C	11,32	0,069	25,38	0,506	24,62	0,325	23,84	0,206
a 65°C	18,90	0,047	29,62	0,560	25,88	0,750	25,39	0,402
a 70°C	20,98	0,418	32,61	0,515	28,74	0,517	29,04	0,012

ANEXO D: DATOS PRIMARIOS DE VISCOSIDAD APARENTE.**Tabla D-1.** Viscosidad Aparente de Almidón de Maíz nativo y modificado en suspensión al 5%.

Almidón	Viscosidad (cP) Vel. 2.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 4.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 10.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 20.0 Cm ⁻¹	Desv.
Maíz Nativo	19100	1272,8	22400	1697,1	33309	989,9	35552	1393,0
Nivel I	11550	1343,5	9294,5	430,6	16350	1343,5	23550	2135,5
Nivel II	5550	212,1	3160	212,1	5903,5	140,7	8526	678,8
Nivel III	3310	155,6	1460	56,6	1201	142,8	4750	353,6

Tabla D-2. Viscosidad Aparente de Almidón de Arracacha nativo y modificado en suspensión al 5%.

Almidón	Viscosidad (cP) Vel. 2.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 4.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 10.0 Cm ⁻¹	Desv.	Viscosidad (cP) Vel. 20.0 Cm ⁻¹	Desv.
Maíz Nativo	66500	2121,3	38050	4242,6	18600	1272,8	13010	1145,5
Nivel I	86000	4242,6	49100	1414,2	22150	1626,3	15000	989,9
Nivel II	60000	1414,2	31800	2121,3	14450	1484,9	8605	572,8
Nivel III	47300	2121,3	26000	4242,6	13705	982,9	8470	183,8

ANEXO E: CLARIDAD DE PASTAS DE ALMIDÓN**Tabla E-1.** Porcentaje de transmitancia en función del tiempo para el almidón de Arracacha a temperatura de 25°C.

Almidón Arracacha	Porcentaje de Transmitancia 0Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 24 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 48 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 72 Horas.	Desv.
Nativo	24,59	0,5009	33,61	0,1439	5,04	0,2786	23,40	0,4905
Nivel I	33,27	0,1516	32,63	0,0344	7,04	2,6200	3,99	1,0718
Nivel II	6,96	0,1973	9,45	0,2295	3,67	0,7581	16,45	3,2214
Nivel III	0,10	0,0179	0,08	0,0195	0,10	0,0308	0,07	0,0188

Tabla E-2. Porcentaje de transmitancia en función del tiempo para el almidón de Arracacha a temperatura de 4°C.

Almidón Arracacha	Porcentaje de Transmitancia 0Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 24 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 48 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 72 Horas.	Desv.
Nativo	20,67	1,5221	22,87	1,1437	4,11	0,3451	18,15	0,8864
Nivel I	24,90	1,3115	25,73	0,8238	5,67	1,4026	2,48	0,6296
Nivel II	5,79	0,1992	7,18	0,1572	2,85	0,6777	12,80	0,6178
Nivel III	0,13	0,0566	0,14	0,0641	0,11	0,0155	0,18	0,0700

Tabla E-3. Porcentaje de transmitancia en función del tiempo para el almidón de Maíz a Temperatura de 25°C

Almidón Arracacha	Porcentaje de Transmitancia 0Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 24 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 48 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 72 Horas.	Desv.
Nativo	0,06	0,0077	0,07	0,0131	0,02	0,0098	3,13	0,9036
Nivel I	0,30	0,011	0,45	0,012	50,71	53,419	2,97	0,194

		7		0		1		1
Nivel II	0,45	0,0161	0,18	0,0141	30,37	12,0240	3,23	0,5632
Nivel III	0,60	0,0035	0,67	0,0213	0,47	0,0475	4,82	0,5222

Tabla E-4. Porcentaje de transmitancia en función del tiempo para el almidón de Maíz a Temperatura de 4°C

Almidón Arracacha	Porcentaje de Transmitancia 0 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 24 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 48 Horas.	Desv.	Porcentaje de Transmitancia 72 Horas.	Desv.
Nativo	0,06	0,0077	0,05	0,0262	0,02	0,0040	0,07	0,0110
Nivel I	0,30	0,0117	0,13	0,0905	0,13	0,0978	0,18	0,0838
Nivel II	0,45	0,0161	0,06	0,0381	0,10	0,0319	0,15	0,0790
Nivel III	0,60	0,0035	0,07	0,0379	0,16	0,0334	0,08	0,0437

ANEXO F. DETERMINACION DE SINERESIS, pH y ESTABILIDAD AL CONGELAMIENTO DESCONGELAMIENTO.

Tabla F-1. Cantidad de agua liberada Almidón de Arracacha Nativo y Modificados.

Almidón	Porcent aje Agua (%) 24 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 48 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 72 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 96 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 168 horas	Desv.
Nativo	4,67	0,6903	3,70	0,0100	2,57	0,0329	2,82	0,2183	2,67	0,0279
Nivel I	7,90	0,3240	5,55	0,0645	1,66	0,0487	2,24	0,0694	1,08	0,0996
Nivel II	1,79	0,5033	0,00	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,0000
Nivel III	8,24	1,2454	6,14	0,2139	4,17	0,0722	2,36	0,0567	1,64	0,0066

Tabla F-2. Cantidad de agua liberada Almidón de Maíz Nativo y Modificados.

Almidón	Porcent aje Agua (%) 24 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 48 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 72 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 96 horas	Desv.	Porcent aje Agua (%) 168 horas	Desv.
Nativo	33,54	3,3345	5,68	1,3792	4,67	0,8973	3,45	0,0981	4,34	0,2202
Nivel I	32,23	3,3345	3,84	1,3792	1,79	0,8973	0,68	0,0981	1,89	0,2202
Nivel II	16,13	3,6700	4,01	0,0928	4,59	1,1714	2,43	2,2045	4,20	2,0311
Nivel III	13,22	0,9868	6,67	0,9241	4,12	1,5018	3,36	1,3071	3,23	1,2057

Tabla F-3. Datos de pH para almidón de Arracacha y Maíz nativos y modificados.

Almidón	pH	Desv.
Arracacha Nativo	6,76	0,2733
Arracacha Nivel I	6,66	0,1460
Arracacha Nivel II	6,66	0,1553
Arracacha Nivel III	6,72	0,1860

Maíz Nativo	6,29	0,1645
Maíz Nivel I	6,00	0,5848
Maíz Nivel II	5,87	0,0371
Maíz Nivel III	5,67	0,2028

Tabla F-4. Datos primarios para congelamiento descongelamiento de los almidones de Arracacha y Maíz nativos y modificados.

Almidón de Maíz	Replicas	Peso de muestra (g).	Peso del tubo (g)	Peso tubo después del trato (g)	(%) agua liberada	(%) Promedio
Nivel I	1	3381,9	5646,0	7751,50	37,74	36,74
	2	3057,6	5617,6	7582,30	35,74	
Nivel II	1	3103,2	5579,2	7577,90	35,59	36,59
	2	3614,7	5628,2	7884,00	37,59	
Nivel III	1	3060,3	5676,3	7857,00	28,74	27,94
	2	3060,3	5617,8	7847,50	27,14	
Nativo	1	3777,3	5679,1	7750,0	45,17	44,77
	2	3801,4	5634,9	7750,03	44,36	
Almidón de Arracacha	Replica	peso de muestra	peso del tubo	Peso tubo después del trato	% agua liberado	Promedio
Nativo	1	17412,3	5641,0	14000,10	51,99	47,53
	2	17375,9	5610,1	15502,90	43,07	
Nivel I	1	17510,1	5841,0	23351,10	0,00	0,00
	2	17575,5	5710,1	23285,60	0,00	
Nivel II	1	17812,8	5931,0	23743,80	0,00	0,00
	2	17975,3	5680,1	23655,40	0,00	
Nivel III	1	17292,1	5921,0	23213,10	0,00	0,00
	2	17675,1	5982,1	23657,20	0,00	

ANEXO G: DETERMINACION DE CAPACIDAD DE SORCION Y CONTENIDO DE HUMEDAD.
Tabla G-1. Capacidad de sorción de almidones de Arracacha Nativos y modificados.

Tiempo (min)	Arracacha Nativo (ml agua)	Desv.	Arracacha Nivel I (ml agua)	Desv.	Arracacha Nivel II (ml agua)	Desv.	Arracacha Nivel III (ml agua)	Desv.
1	0,23	0,0071	0,16	0,0354	0,12	0,0071	0,08	0,0071
3	0,36	0,0071	0,36	0,0071	0,17	0,0141	0,12	0,0071
5	0,38	0,0212	0,45	0,0000	0,22	0,0000	0,14	0,0071
10	0,38	0,0212	0,52	0,0141	0,29	0,0000	0,18	0,0212
15	0,38	0,0283	0,54	0,0141	0,34	0,0141	0,20	0,0141
30	0,38	0,0283	0,55	0,0283	0,43	0,0354	0,28	0,0212
45	0,39	0,0212	0,57	0,0283	0,54	0,0212	0,32	0,0283
60	0,39	0,0283	0,58	0,0212	0,62	0,0495	0,36	0,0424

Tabla G-2. Capacidad de sorción de almidón de Maíz Nativo y modificados.

Tiempo (min)	Maíz Nativo (ml agua)	Desv.	Maíz Nivel I (ml agua)	Desv.	Maíz Nivel II (ml agua)	Desv.	Maíz Nivel III (ml agua)	Desv.
1	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
3	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
5	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
10	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
15	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
30	0,18	0,0071	0,18	0,0071	0,20	0,0071	0,25	0,0071
45	0,18	0,0071	0,19	0,0071	0,21	0,0071	0,25	0,0071
60	0,18	0,0071	0,19	0,0071	0,21	0,0071	0,26	0,0071

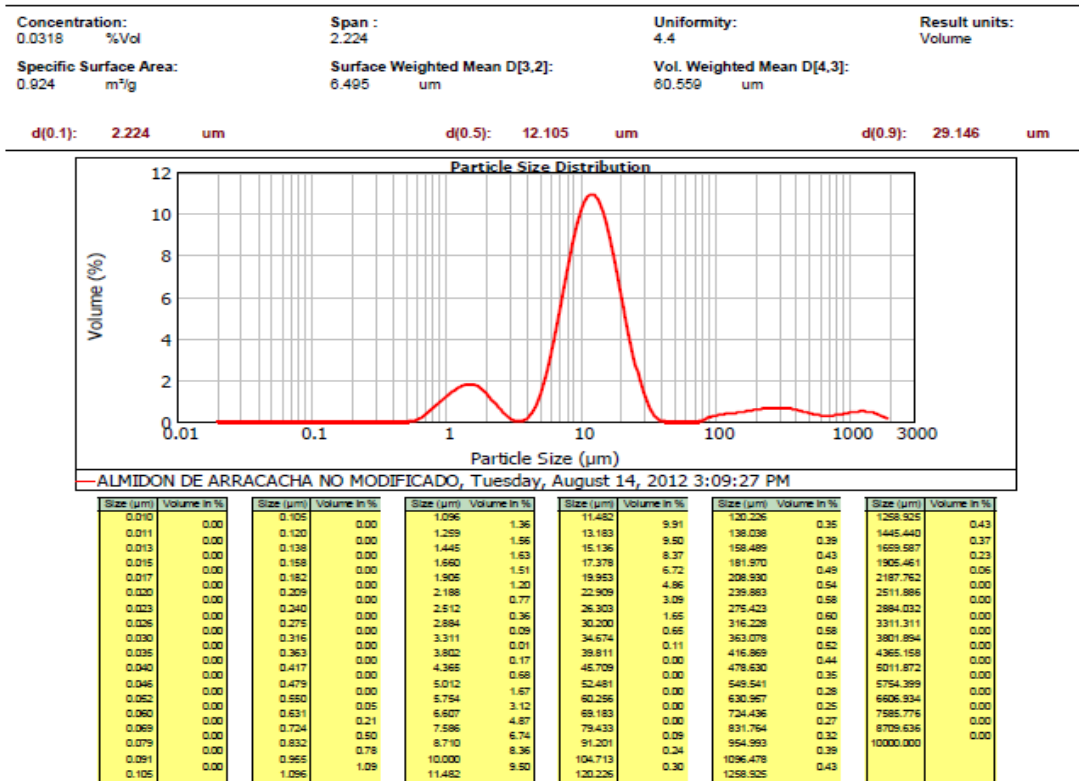
Tabla G-3. Contenido de humedad de Almidón de Arracacha y Maíz nativo y modificados.

Almidón	Contenido de Humedad	Desv.
Arracacha Nativo	9,78	0,2955
Arracacha Nivel I	10,40	0,1002
Arracacha Nivel II	10,27	0,1553
Arracacha Nivel III	10,27	0,4194
Maíz Nativo	8,04	0,6230
Maíz Nivel I	7,81	0,3099

Maíz Nivel II	6,47	1,9588
Maíz Nivel III	10,20	0,1961

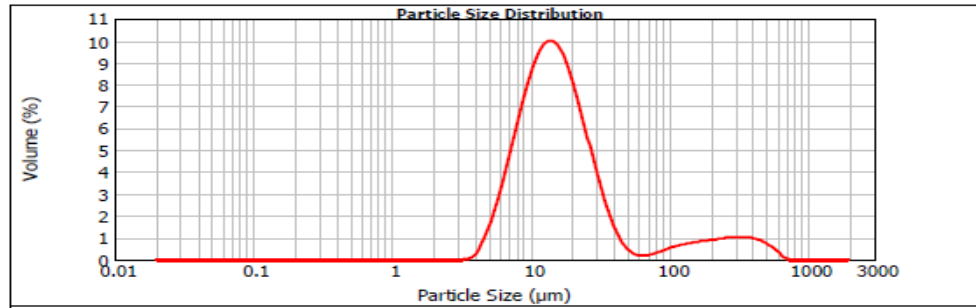
ANEXO H: TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTICULA.

1. Frecuencia de distribución de almidón de Arracacha Nativo



2. Frecuencia de distribución almidón de Arracacha Nivel I

Concentration: 0.0556 %Vol	Span : 6.082	Uniformity: 2.2	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.431 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 13.925 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 44.022 um	
d(0.1): 7.509 um	d(0.5): 15.364 um	d(0.9): 100.947 um	

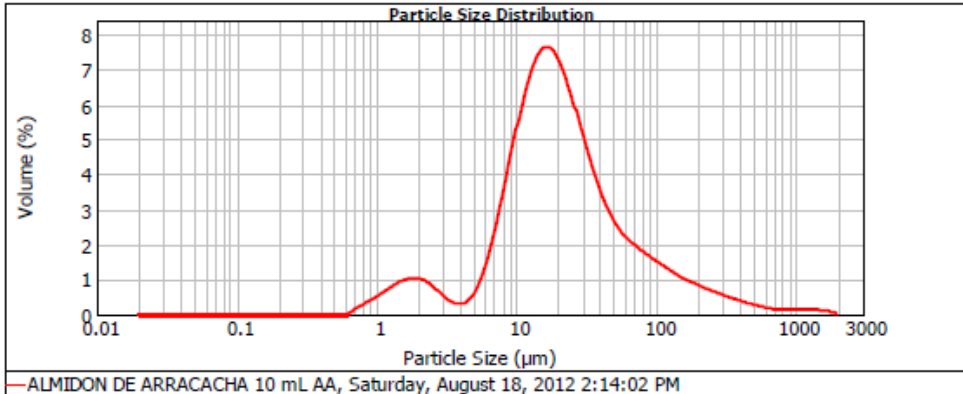


ALMIDON DE ARRACACHA 5 mL AA, Saturday, August 18, 2012 8:52:00 AM

Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	8.80	120.326	0.64	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	9.04	138.038	0.70	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	8.78	158.489	0.75	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	8.04	181.970	0.80	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	6.94	208.930	0.85	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	5.59	239.883	0.89	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	4.19	275.423	0.93	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	2.89	316.228	0.94	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.04	34.674	1.81	363.078	0.90	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.27	39.911	1.00	416.869	0.81	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.95	45.709	0.49	478.630	0.61	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	1.81	52.481	0.23	549.541	0.39	5794.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	2.98	60.256	0.16	630.957	0.21	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	4.31	69.183	0.21	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	5.71	79.433	0.32	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	7.01	91.201	0.44	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	8.10	104.713	0.55	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	8.10	120.226	0.55	1258.925	0.00		

3. Frecuencia de distribución almidón de Arracacha Nivel II

Concentration: 0.0495 %Vol	Span : 4.759	Uniformity: 2.08	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.598 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3.2]: 10.072 um	Vol. Weighted Mean D[4.3]: 50.811 um	
d(0.1): 6.408 um	d(0.5): 19.240 um	d(0.9): 97.970 um	



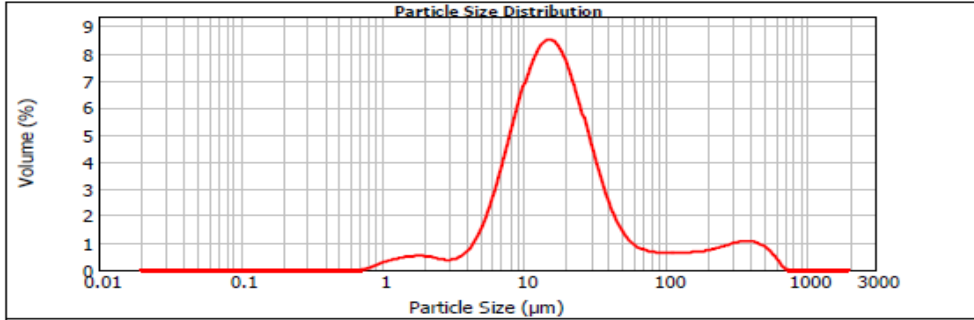
—ALMIDON DE ARRACACHA 10 mL AA, Saturday, August 18, 2012 2:14:02 PM

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.62	11.482	6.10	120.226	1.12	1258.925	0.13
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.76	13.183	6.68	138.038	0.99	1445.440	0.10
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.88	15.136	6.91	158.489	0.87	1659.587	0.07
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.94	17.378	6.79	181.970	0.77	1905.461	0.02
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.92	19.953	6.37	208.930	0.68	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.82	22.909	5.72	239.883	0.60	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.64	26.303	4.96	275.423	0.52	2884.032	0.00
0.025	0.00	0.275	0.00	2.884	0.45	30.200	4.30	316.228	0.44	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.31	34.674	3.50	363.078	0.37	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.27	39.811	2.93	416.869	0.30	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.22	45.709	2.48	478.630	0.24	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.42	52.481	2.15	549.541	0.19	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	1.38	60.256	1.91	630.967	0.15	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.10	6.607	2.20	69.183	1.72	724.436	0.13	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.22	7.586	3.19	79.433	1.56	831.754	0.13	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.35	8.710	4.24	91.201	1.41	954.993	0.13	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.965	0.48	10.000	5.26	104.713	1.26	1096.478	0.13		
0.105	0.00	1.096	0.48	11.482	6.10	120.226	1.26	1258.925	0.13		

4. Frecuencia de distribución almidón de Arracacha Nivel III

Concentration: 0.0470 %Vol	Span : 5.289	Uniformity: 2.21	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.529 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 11.336 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 46.282 um	

d(0.1): 6.567 um d(0.5): 16.438 um d(0.9): 93.513 um

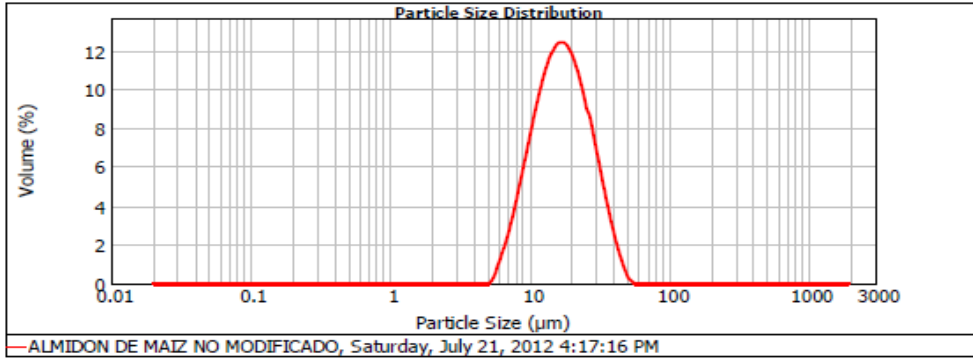


ALMIDON DE ARRACACHA 15 mL AA, Tuesday, August 14, 2012 3:25:54 PM

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.33	11.482	7.27	120.226	0.58	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.40	13.183	7.56	138.038	0.59	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.45	15.136	7.57	158.489	0.51	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.47	17.378	7.31	181.970	0.65	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.46	19.953	6.62	208.930	0.71	2187.752	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.41	22.909	5.68	239.883	0.79	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.35	26.303	4.65	275.423	0.88	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.34	30.200	3.62	316.228	0.96	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.43	34.674	2.69	363.078	0.97	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.67	39.811	1.93	416.969	0.91	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	1.10	45.709	1.36	478.630	0.74	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	1.73	52.481	0.98	549.541	0.46	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	2.56	60.258	0.75	630.957	0.10	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	3.56	69.183	0.54	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	3.53	79.433	0.59	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.04	8.710	4.59	91.201	0.59	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.13	10.000	5.63	104.713	0.58	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.26	11.482	6.57	120.226	0.58	1258.925	0.00		

5. Frecuencia de distribución almidón de Maíz Nativo.

Concentration: 0.0605 %Vol	Span : 1.258	Uniformity: 0.386	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.392 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 15.316 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 18.703 um	
d(0.1): 9.293 um	d(0.5): 16.990 um	d(0.9): 30.664 um	

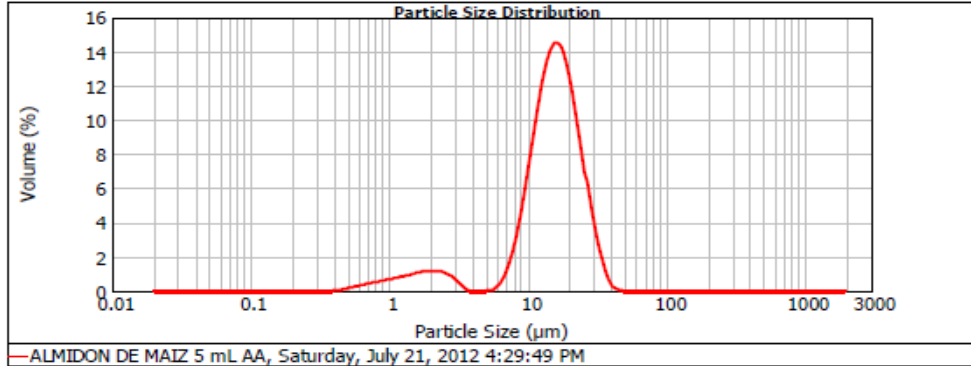


—ALMIDON DE MAIZ NO MODIFICADO, Saturday, July 21, 2012 4:17:16 PM

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	9.26	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	10.53	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	11.18	158.489	0.00	1629.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	11.12	181.570	0.00	1805.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	10.33	208.590	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	8.92	239.883	0.00	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	7.11	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	5.14	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	3.27	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	1.70	416.969	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.94	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.12	52.481	0.01	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	1.14	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	2.33	69.183	0.00	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	3.95	79.433	0.00	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	5.73	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	7.60	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482		120.226	0.00	1258.925	0.00		

6. Frecuencia de distribución almidón de Maíz Nivel I

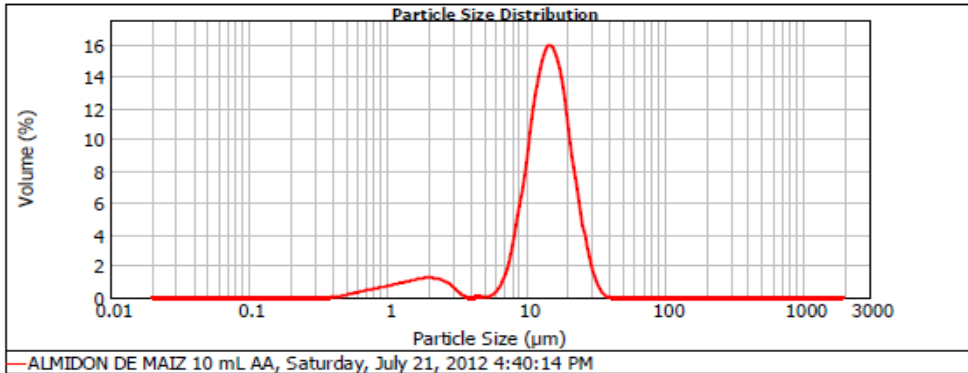
Concentration: 0.0371 %Vol	Span : 1.195	Uniformity: 0.375	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.785 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 7.845 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 15.700 um	
d(0.1): 6.833 um	d(0.5): 15.379 um	d(0.9): 25.215 um	



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.71	11.482	10.27	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.91	13.183	12.36	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.93	15.136	13.15	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	1.03	17.378	12.42	181.970	0.00	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.06	19.953	10.37	208.930	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.04	22.909	7.55	239.883	0.00	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.85	26.303	4.69	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.85	30.200	2.37	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.53	34.674	0.91	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.08	39.811	0.13	416.969	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.07	5.012	0.02	52.481	0.00	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.16	5.754	0.02	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.26	6.607	0.30	68.183	0.00	724.436	0.00	7585.775	0.00
0.069	0.00	0.724	0.36	7.586	1.09	78.433	0.00	831.754	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.45	8.710	2.59	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.54	10.000	4.80	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.62	11.482	7.56	120.226	0.00	1258.925	0.00		

7. Frecuencia de distribución almidón de Maíz Nivel II.

Concentration: 0.0336 %Vol	Span : 1.139	Uniformity: 0.346	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.822 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 7.297 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 14.375 um	
d(0.1): 6.206 um	d(0.5): 14.306 um	d(0.9): 22.499 um	

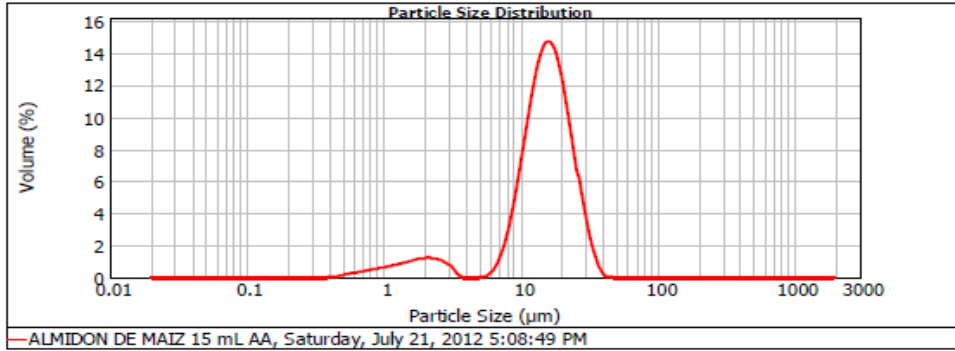


— ALMIDON DE MAIZ 10 mL AA, Saturday, July 21, 2012 4:40:14 PM

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.106	0.00	1.096	0.76	11.482	12.31	120.226	0.00	1298.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.87	13.183	14.20	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.98	15.136	14.14	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	1.08	17.378	12.30	181.970	0.00	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.08	19.953	8.61	208.930	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.13	22.909	5.96	239.883	0.00	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	1.06	26.303	2.51	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.85	30.200	0.96	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.51	34.674	0.11	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.08	39.811	0.00	416.869	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.06	5.012	0.00	52.481	0.00	548.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.15	5.754	0.04	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.26	6.607	0.36	69.183	0.00	724.436	0.00	7585.775	0.00
0.069	0.00	0.724	0.36	7.586	1.21	79.433	0.00	831.754	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.46	8.710	3.08	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.56	10.000	5.75	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.65	11.482	9.14	120.226	0.00	1298.925	0.00		

8. Frecuencia de distribución almidón de Maíz Nivel III.

Concentration: 0.0312 %Vol	Span : 1.172	Uniformity: 0.369	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.769 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 7.803 um	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 15.543 um	
d(0.1): 6.892 um	d(0.5): 15.275 um	d(0.9): 24.800 um	



— ALMIDON DE MAIZ 15 mL AA, Saturday, July 21, 2012 5:08:49 PM

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.100	0.00	1.096	0.67	11.482	10.47	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.79	13.183	12.59	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.91	15.136	13.36	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	1.02	17.378	10.35	181.970	0.00	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.08	19.953	7.39	208.930	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.06	22.909	4.44	239.883	0.00	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.92	26.303	2.12	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.64	30.200	0.63	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.11	34.674	0.05	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.05	416.869	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.05	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.13	5.012	0.02	52.481	0.00	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.23	5.754	0.31	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.32	6.607	1.10	69.183	0.00	724.436	0.00	7585.775	0.00
0.069	0.00	0.724	0.41	7.586	2.52	79.433	0.00	831.754	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.49	8.710	4.87	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.58	10.000	7.69	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.67	11.482	10.47	120.226	0.00	1258.925	0.00		

ANEXO I: RESULTADOS DE LOS PERFILES DE DISOLUCIÓN.**1. Ecuaciones para el cálculo de porcentaje Liberado de Diclofenaco sódico en los perfiles de disolución.****Concentración del estándar de Diclofenaco sódico**

$$\text{Concentracionestandar mg/mL} = \frac{(\text{mgdeSTD})}{(100\text{mL})} \times \frac{(3\text{mL})}{(100\text{mL})} \times (\text{Purezaestandar})$$

Concentración en mg/mL de los vasos de disolución.

$$\text{Conc. Vaso mg/mL} = \frac{(\text{Abs. muestra})}{(\text{Abs. estandar})} \times \text{Concentracionestandar mg/mL} \times \frac{25\text{mL}}{5\text{mL}}$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado al primer tiempo de muestreo

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(\text{Conc. Vaso mg/mL}) \times (\text{Vol. Medio})]}{[\text{Dosificacion}]} \times 100$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado a partir del segundo muestreo

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(\text{Conc. Vaso mg/mL}) \times (\text{Vol. Medio}) + (\text{Conc. Vaso mg/mL} \times (\text{Vol. Muestrado 1erTiempo}))]}{[\text{Dosificacion}]} \times 100$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado a partir del tercer muestreo

$$\text{Donde } A = \text{Conc. Vaso mg/mL} \times (\text{Vol. Muestrado 1erTiempo})$$

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(\text{Conc. Vaso mg/mL}) \times (\text{Vol. Medio}) + A + (\text{Conc. Vaso mg/mL} \times (\text{Vol. Muestrado 2doTiempo}))]}{[\text{Dosificacion}]} \times 100$$

Los porcentajes liberados de Diclofenaco sódico para los siguientes tiempos de muestreo se tienen en cuenta la cantidad en mg de Diclofenaco sódico extraídos en los volúmenes de muestreo.

Tabla I- 1. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel III en las condiciones de partida.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(% promedio)	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,3584	0,3681	0,3257	0,0563	0,0579	0,0512	51	52	46	50	3,2	6,5
2	0,5178	0,5039	0,4856	0,0814	0,0792	0,0763	74	72	69	72	2,5	3,5
3	0,6465	0,6676	0,6675	0,1016	0,1049	0,1049	92	95	94	94	1,5	1,6
4	0,7524	0,7154	0,7161	0,1183	0,1124	0,1125	108	103	101	104	3,6	3,5
5	0,7468	0,7596	0,7788	0,1174	0,1194	0,1224	108	110	110	109	1,2	1,1
6	0,7829	0,7645	0,7639	0,1231	0,1202	0,1201	114	112	108	111	3,1	2,7
7	0,7610	0,7569	0,7570	0,1196	0,1190	0,1190	112	111	107	110	2,6	2,4
8	0,7257	0,7367	0,7583	0,1141	0,1158	0,1192	108	109	107	108	1,0	0,9
10	0,7578	0,7174	0,7811	0,1191	0,1128	0,1228	113	107	110	110	3,0	2,7
12	0,7407	0,7507	0,7574	0,1164	0,1180	0,1190	111	113	107	110	3,1	2,8

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,64540
Peso del estándar	68,10
Porcentaje de pureza del estándar (%)	99,30
Concentración estándar (mg/mL)	0,02030
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Concentración del estándar de Diclofenaco sódico

$$\text{Concentraci\onestandar mg/mL} = \frac{(68,10)}{(100\text{mL})} \times \frac{(3\text{mL})}{(100\text{mL})} \times (99,30/100)$$

$$\text{Concentraci\onestandar mg/mL} = 0,02030$$

Concentración en mg/mL del vaso 1 del perfil de disolución para almidón de maíz nivel III condiciones de partida.

$$\text{Conc. Vaso mg/mL} = \frac{(0,35841)}{(0,64540)} \times 0,02030 \text{ mg/mL} \times \frac{25\text{mL}}{5\text{mL}}$$

$$\text{Conc. Vaso mg/mL} = 0,05633$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado al primer tiempo de muestreo

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(0,05633 \text{ mg/mL}) \times (900\text{mL})]}{100 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% \text{ Liberado} = 51$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado a partir del segundo muestreo

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(0,08138 \text{ mg/mL}) \times (900\text{mL}) + (0,05633 \text{ mg/mL} \times (7\text{mL}))]}{[100 \text{ mg}]} \times 100$$

$$\% \text{ Liberado} = 74$$

Porcentaje de Diclofenaco sódico liberado a partir del tercer muestreo

Donde A = Conc. Vaso mg/mL × (Vol. Muestrado 1er Tiempo)

Donde A = (0,05633 mg/mL × 7mL)

A = (0,39431mg)

$$\% \text{ Liberado} = \frac{[(0,10160 \text{ mg/mL}) \times (900\text{mL}) + 0,39431\text{mg} + (0,08133 \text{ mg/mL} \times (7\text{mL}))]}{[100 \text{ mg}]} \times 100$$

$$\% \text{ Liberado} = 92$$

Tabla I-2. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel III en las condiciones de partida.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(% promedio)	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,0654	0,0677	0,0698	0,0103	0,0106	0,0110	9	10	10	10	0,6	6,0
2	0,1214	0,1182	0,1111	0,0191	0,0186	0,0175	17	17	16	17	0,6	3,5
3	0,1295	0,1499	0,1427	0,0203	0,0236	0,0224	18	21	20	20	1,5	7,8
4	0,1684	0,1861	0,1717	0,0265	0,0293	0,0270	24	27	26	26	1,5	6,0
5	0,1822	0,2185	0,2032	0,0286	0,0343	0,0319	26	31	29	29	2,5	8,8
6	0,2072	0,2187	0,2263	0,0326	0,0344	0,0356	30	32	33	32	1,5	4,8
7	0,2260	0,2537	0,2504	0,0355	0,0399	0,0393	33	37	36	35	2,1	5,9
8	0,2536	0,2784	0,2744	0,0399	0,0438	0,0431	37	41	40	39	2,1	5,3
10	0,2936	0,3275	0,3183	0,0461	0,0515	0,0500	43	48	47	46	2,6	5,8
12	0,3383	0,3477	0,3539	0,0532	0,0547	0,0556	50	51	52	51	1,0	2,0

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,64540
Peso del estándar	68,10
Pureza del estándar	99,30
Concentración estándar (mg/mL)	0,02030
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I- 3. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz nativo en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(%) promedio	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,7124	0,7717	0,6996	0,1098	0,1190	0,1079	99	101	97	99	2,0	2,0
2	0,7032	0,7159	0,7057	0,1084	0,1104	0,1088	98	100	99	99	1,0	1,0
4	0,7243	0,7226	0,7255	0,1117	0,1114	0,1119	102	102	102	102	0,0	0,0
5	0,7336	0,7483	0,7132	0,1131	0,1154	0,1100	104	106	101	104	2,5	2,4
6	0,7168	0,7296	0,6991	0,1105	0,1125	0,1078	103	104	100	102	2,1	2,0
7	0,7173	0,7043	0,6919	0,1106	0,1086	0,1067	103	102	100	102	1,5	1,5
9	0,7609	0,7831	0,7831	0,1173	0,1207	0,1207	110	113	113	112	1,7	1,5
12	0,6815	0,7459	0,7035	0,1051	0,1150	0,1085	100	109	103	104	4,6	4,4
14	0,7399	0,7329	0,6819	0,1141	0,1130	0,1051	109	108	101	106	4,4	4,1
16	0,7456	0,7332	0,7662	0,1150	0,1131	0,1181	110	109	113	111	2,1	1,9

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6588
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,02032
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-4. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel I en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(%) promedio	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,7024	0,7170	0,6996	0,1083	0,1106	0,1079	97	100	97	98	1,7	1,8
2	0,7032	0,7159	0,7057	0,1084	0,1104	0,1088	98	100	99	99	1,0	1,0
4	0,7243	0,7226	0,7255	0,1117	0,1114	0,1119	102	102	102	102	0,0	0,0
5	0,7336	0,7183	0,7132	0,1131	0,1108	0,1100	104	102	101	102	1,5	1,5
7	0,7168	0,7296	0,6991	0,1105	0,1125	0,1078	103	104	100	102	2,1	2,0
9	0,7273	0,7043	0,6919	0,1121	0,1086	0,1067	105	102	100	102	2,5	2,5
10	0,7009	0,7331	0,6831	0,1081	0,1130	0,1053	102	106	99	102	3,5	3,4
12	0,6815	0,7259	0,7035	0,1051	0,1119	0,1085	100	106	103	103	3,0	2,9
14	0,7299	0,7329	0,6819	0,1125	0,1130	0,1051	107	108	101	105	3,8	3,6
16	0,7156	0,7332	0,7462	0,1103	0,1131	0,1151	106	109	110	108	2,1	1,9

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6588
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3

Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-5. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel II en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			Desv.	C.V	
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			(%) promedio
1	0,7653	0,7447	0,7501	0,1172	0,1141	0,1149	106	103	103	104	1,7	1,7
2	0,7598	0,7323	0,7472	0,1164	0,1122	0,1145	106	102	104	104	2,0	1,9
4	0,7522	0,7309	0,7394	0,1152	0,1120	0,1133	105	102	104	104	1,5	1,5
5	0,7654	0,7523	0,7818	0,1173	0,1152	0,1198	108	106	110	108	2,0	1,9
7	0,7515	0,7378	0,7677	0,1151	0,1130	0,1176	107	105	109	107	2,0	1,9
9	0,7819	0,7703	0,7755	0,1198	0,1180	0,1188	112	111	110	111	1,0	0,9
10	0,7874	0,7709	0,7760	0,1206	0,1181	0,1189	113	112	111	112	1,0	0,9
12	0,7921	0,7614	0,7672	0,1213	0,1166	0,1175	115	111	112	113	2,1	1,8
14	0,7581	0,7657	0,7586	0,1161	0,1173	0,1162	111	112	111	111	0,6	0,5
16	0,7778	0,7646	0,7676	0,1192	0,1171	0,1176	115	113	113	114	1,2	1,0

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6588
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-6. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Maíz Nivel III en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(%) promedio	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,7024	0,7170	0,6996	0,1083	0,1106	0,1079	97	100	97	98	1,7	1,8
2	0,7032	0,7159	0,7057	0,1084	0,1104	0,1088	98	100	99	99	1,0	1,0
4	0,7243	0,7226	0,7255	0,1117	0,1114	0,1119	102	102	102	102	0,0	0,0
5	0,7336	0,7183	0,7132	0,1131	0,1108	0,1100	104	102	101	102	1,5	1,5
7	0,7168	0,7296	0,6991	0,1105	0,1125	0,1078	103	104	100	102	2,1	2,0
9	0,6873	0,7043	0,6919	0,1060	0,1086	0,1067	99	102	100	100	1,5	1,5
10	0,7009	0,6831	0,6831	0,1081	0,1053	0,1053	102	99	99	100	1,7	1,7
12	0,6815	0,6959	0,6735	0,1051	0,1073	0,1038	100	102	99	100	1,5	1,5
14	0,6699	0,6829	0,6819	0,1033	0,1053	0,1051	99	101	101	100	1,2	1,2
16	0,6856	0,6732	0,6662	0,1057	0,1038	0,1027	102	100	99	100	1,5	1,5

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6588
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-7. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nativo en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(%) promedio	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,6460	0,6436	0,6433	0,0996	0,0992	0,0992	90	89	89	89	0,6	0,6
2	0,6718	0,6720	0,6720	0,1036	0,1036	0,1036	94	94	94	94	0,0	0,0
4	0,7483	0,7050	0,6868	0,1154	0,1087	0,1059	105	99	97	100	4,2	4,1
5	0,6793	0,6820	0,7386	0,1047	0,1052	0,1139	97	97	105	100	4,6	4,6
7	0,7263	0,6811	0,6814	0,1120	0,1050	0,1051	104	97	98	100	3,8	3,8
9	0,6956	0,6826	0,6755	0,1073	0,1053	0,1042	100	98	97	98	1,5	1,6
10	0,6828	0,6549	0,6545	0,1053	0,1010	0,1009	99	95	95	96	2,3	2,4
12	0,7116	0,6523	0,6888	0,1097	0,1006	0,1062	104	96	101	100	4,0	4,0
14	0,6513	0,6497	0,6432	0,1004	0,1002	0,0992	96	96	95	96	0,6	0,6
16	0,6686	0,6598	0,6515	0,1031	0,1017	0,1005	99	98	97	98	1,0	1,0

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6588
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-8. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel I en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(% promedio)	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,1637	0,1675	0,1708	0,0252	0,0257	0,0262	23	23	24	23	0,6	2,5
2	0,2288	0,2356	0,2210	0,0351	0,0362	0,0340	32	33	31	32	1,0	3,1
4	0,3303	0,3431	0,3145	0,0507	0,0527	0,0483	46	48	44	46	2,0	4,3
5	0,3688	0,3875	0,3627	0,0567	0,0595	0,0557	52	54	51	52	1,5	2,9
6	0,4150	0,4323	0,4142	0,0638	0,0664	0,0636	59	61	58	59	1,5	2,6
7	0,4592	0,4658	0,4402	0,0706	0,0716	0,0676	65	66	62	64	2,1	3,2
9	0,5421	0,5188	0,5192	0,0833	0,0797	0,0798	77	74	74	75	1,7	2,3
12	0,6137	0,6389	0,6019	0,0943	0,0982	0,0925	88	91	86	88	2,5	2,8
14	0,6668	0,6729	0,6585	0,1024	0,1034	0,1012	96	96	94	95	1,2	1,2
16	0,7483	0,7189	0,7206	0,1150	0,1105	0,1107	108	104	104	105	2,3	2,2

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6612
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-9. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel II en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			(% promedio)	Desv.	C.V
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			
1	0,1191	0,1229	0,1168	0,0183	0,0189	0,0179	16	17	16	16	0,6	3,5
2	0,1861	0,1855	0,1796	0,0286	0,0285	0,0276	26	26	25	26	0,6	2,2
4	0,2843	0,2683	0,2837	0,0437	0,0412	0,0436	40	37	40	39	1,7	4,4

5	0,3282	0,3114	0,3178	0,0504	0,0478	0,0488	46	44	45	45	1,0	2,2
6	0,3586	0,3537	0,3633	0,0551	0,0543	0,0558	51	50	51	51	0,6	1,1
7	0,4150	0,3874	0,4148	0,0638	0,0595	0,0637	59	55	59	58	2,3	4,0
9	0,4686	0,4505	0,4756	0,0720	0,0692	0,0731	67	64	68	66	2,1	3,1
12	0,5359	0,5213	0,5696	0,0823	0,0801	0,0875	76	74	81	77	3,6	4,7
14	0,6237	0,5739	0,6244	0,0958	0,0882	0,0959	89	82	89	87	4,0	4,7
16	0,6630	0,6892	0,6749	0,1019	0,1059	0,1037	95	99	97	97	2,0	2,1

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6612
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

Tabla I-10. Porcentaje de liberación de Diclofenaco sódico a partir de Almidón de Arracacha Nivel III en las condiciones de finales.

Tiempo (Horas)	Absorbancia UV			Concentración (mg/mL)			Porcentaje Liberado (%)			Desv.	C.V	
	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.	Vaso 1.	Vaso 2.	Vaso 3.			(%) promedio
1	0,1158	0,1064	0,1097	0,0177	0,0163	0,0168	16	15	15	15	0,6	3,8
2	0,1569	0,1600	0,1508	0,0240	0,0245	0,0231	22	21	22	22	0,6	2,7
4	0,2881	0,2885	0,2820	0,0441	0,0442	0,0432	40	40	39	40	0,6	1,5
5	0,3313	0,3115	0,3277	0,0508	0,0477	0,0502	46	44	46	45	1,2	2,5
6	0,3397	0,3285	0,3144	0,0520	0,0503	0,0482	48	46	44	46	2,0	4,3
7	0,3957	0,3870	0,3735	0,0606	0,0593	0,0572	56	55	53	55	1,5	2,8
9	0,4401	0,4512	0,4451	0,0674	0,0691	0,0682	62	64	63	63	1,0	1,6
12	0,5445	0,5321	0,4993	0,0834	0,0815	0,0765	77	76	71	75	3,2	4,3
14	0,6321	0,6223	0,6491	0,0968	0,0953	0,0994	90	89	92	90	1,5	1,7
16	0,7023	0,7123	0,7234	0,1076	0,1091	0,1108	100	102	103	102	1,5	1,5

Absorbancia de la Solución estándar de Diclofenaco sódico	0,6612
Peso del estándar	68,2
Pureza del estándar	99,3
Concentración estándar (mg/mL)	0,0203
Volumen de Medio (mL)	900
Volumen de Muestreo (mL)	7
Dosificación (mg/tableta)	100

ANEXO J. RESULTADOS DE DENSIDAD APARENTE, APISONADA, ÍNDICE DE HAUSNER Y CARR.

Tabla J-1. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de Arracacha nativo

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del solido sin apisonar (mL)	Volumen del solido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Indice de Hausner	Indice de Carr
2,4981	30,5221	4,5	3,2	0,5551	0,7708	1,8014	1,2974	1,3885	27,9778
2,8463	30,8703	4,5	3,2	0,6325	0,8806	1,5810	1,1356	1,3922	28,1690
2,3745	30,3985	4,5	3,1	0,5277	0,7704	1,8952	1,2981	1,4600	31,5068
2,4903	30,5143	4,5	3,2	0,5534	0,7712	1,8070	1,2967	1,3936	28,2417
2,5601	30,5841	4,5	2,9	0,5689	0,8721	1,7578	1,1467	1,5330	34,7667
2,5155	30,5395	4,5	3,2	0,5590	0,7804	1,7889	1,2814	1,3960	28,3682
2,6154	30,6394	4,5	3,3	0,5812	0,7943	1,7206	1,2590	1,3667	26,8287
2,5610	30,5850	4,5	2,9	0,5691	0,8812	1,7572	1,1348	1,5484	35,4176
2,5853	30,6093	4,5	3,3	0,5745	0,7764	1,7406	1,2880	1,3514	26,0046
2,5101	30,5341	4,5	3,3	0,5578	0,7721	1,7928	1,2952	1,3842	27,7555

Tabla J-2. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel I.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del solido sin apisonar (mL)	Volumen del solido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Indice de Hausner	Indice de Carr
2,2044	30,2284	4,4	2,3	0,5010	0,9543	1,9960	1,0479	1,9048	47,5000
1,9639	29,9879	4,5	2,4	0,4364	0,8209	2,2914	1,2182	1,8810	46,8354
2,0192	30,0432	4,4	2,5	0,4589	0,8126	2,1791	1,2306	1,7708	43,5279
2,3045	30,3285	4,5	2,4	0,5121	0,9621	1,9527	1,0393	1,8788	46,7751
1,9200	29,9440	4,3	2,4	0,4465	0,8104	2,2396	1,2340	1,8149	44,9016
2,0095	30,0335	4,4	2,4	0,4567	0,8423	2,1896	1,1872	1,8443	45,7803
2,4063	30,4303	4,6	2,5	0,5231	0,9634	1,9116	1,0379	1,8418	45,7041
2,0034	30,0274	4,5	2,5	0,4452	0,8091	2,2461	1,2359	1,8174	44,9753
2,0047	30,0287	4,4	2,4	0,4556	0,8246	2,1949	1,2127	1,8099	44,7487
2,3505	30,3745	4,4	2,5	0,5342	0,9444	1,8719	1,0588	1,7679	43,4356

Tabla J-3. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel II.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del solido sin apisonar (mL)	Volumen del solido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Indice de Hausner	Indice de Carr
2,0503	30,0743	4,1	3,3	0,5001	0,6251	1,9997	1,5998	1,2500	20,0000
2,1003	30,1243	4,2	3,3	0,5001	0,6453	1,9997	1,5498	1,2903	22,5000
2,1240	30,1480	4,3	3,4	0,4940	0,6287	2,0245	1,5907	1,2727	21,4286
2,1323	30,1563	4,1	3,4	0,5201	0,6289	1,9228	1,5901	1,2092	17,3040
2,0084	30,0324	4,0	3,1	0,5021	0,6381	1,9916	1,5672	1,2709	21,3133
2,0996	30,1236	4,2	3,3	0,4999	0,6361	2,0004	1,5721	1,2725	21,4117
2,0524	30,0764	4,0	3,3	0,5131	0,6291	1,9489	1,5896	1,2261	18,4390
2,1447	30,1687	4,1	3,3	0,5231	0,6434	1,9117	1,5542	1,2300	18,6988
2,0427	30,0667	4,1	3,3	0,4982	0,6256	2,0072	1,5985	1,2557	20,3629
2,1379	30,1619	4,1	3,4	0,5215	0,6347	1,9177	1,5755	1,2172	17,8444

Tabla J-4. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Arracacha Nivel III.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del solido sin apisonar (mL)	Volumen del solido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Indice de Hausner	Indice de Carr
2,2545	30,2785	4,5	3,6	0,5010	0,6263	1,9960	1,5968	1,2500	20,0000
2,3076	30,3316	4,5	3,6	0,5128	0,6410	1,9501	1,5601	1,2500	20,0000
2,1935	30,2175	4,3	3,5	0,5101	0,6317	1,9604	1,5831	1,2383	19,2426
2,2541	30,2781	4,4	3,6	0,5123	0,6324	1,9520	1,5813	1,2345	18,9924
2,0924	30,1164	4,0	3,3	0,5231	0,6254	1,9117	1,5989	1,1956	16,3615
2,0484	30,0724	4,0	3,2	0,5121	0,6432	1,9527	1,5547	1,2560	20,3837
2,1694	30,1934	4,3	3,3	0,5045	0,6531	1,9822	1,5311	1,2946	22,7578
2,3675	30,3915	4,5	3,7	0,5261	0,6361	1,9008	1,5720	1,2091	17,2955
2,2638	30,2878	4,4	3,5	0,5145	0,6434	1,9436	1,5542	1,2505	20,0341
2,2419	30,2659	4,4	3,5	0,5095	0,6345	1,9627	1,5760	1,2453	19,6999

Tabla J-5. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz nativo.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del solido sin apisonar (mL)	Volumen del solido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Indice de Hausner	Indice de Carr
2,5233	30,5473	4,5	3,3	0,5607	0,7646	1,7834	1,3078	1,3636	26,6667
2,2817	30,3057	4,1	3,2	0,5565	0,7130	1,7969	1,4025	1,2813	21,9512
2,4762	30,5002	4,3	3,2	0,5759	0,7738	1,7365	1,2923	1,3438	25,5814
2,4093	30,4333	4,5	3,3	0,5354	0,7301	1,8678	1,3697	1,3636	26,6667
2,5247	30,5487	4,1	3,2	0,6158	0,7890	1,6240	1,2675	1,2813	21,9512
2,4762	30,5002	4,3	3,2	0,5759	0,7738	1,7365	1,2923	1,3438	25,5814
2,6233	30,6473	4,5	3,3	0,5830	0,7949	1,7154	1,2580	1,3636	26,6667
2,4047	30,4287	4,1	3,2	0,5865	0,7515	1,7050	1,3307	1,2813	21,9512
2,3861	30,4101	4,3	3,2	0,5549	0,7457	1,8021	1,3411	1,3438	25,5814

2,4761	30,5001	4,3	3,2	0,5758	0,7738	1,7366	1,2924	1,3438	25,5814
--------	---------	-----	-----	--------	--------	--------	--------	--------	---------

Tabla J-6. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel I.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del sólido sin apisonar (mL)	Volumen del sólido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Índice de Hausner	Índice de Carr
2,6231	30,6471	4,1	3,3	0,6398	0,7949	1,5630	1,2581	1,2424	19,5122
2,2842	30,3082	4,1	3,3	0,5571	0,6922	1,7949	1,4447	1,2424	19,5122
2,4782	30,5022	4,1	3,2	0,6044	0,7744	1,6544	1,2913	1,2813	21,9512
2,5182	30,5422	4,1	3,3	0,6142	0,7631	1,6281	1,3105	1,2424	19,5122
2,6774	30,7014	4,2	3,3	0,6375	0,8113	1,5687	1,2325	1,2727	21,4286
2,4792	30,5032	4,1	3,2	0,6047	0,7748	1,6538	1,2907	1,2813	21,9512
2,617	30,6410	4,1	3,3	0,6383	0,7930	1,5667	1,2610	1,2424	19,5122
2,1842	30,2082	4,2	3,3	0,5200	0,6619	1,9229	1,5109	1,2727	21,4286
2,6813	30,7053	4,1	3,2	0,6540	0,8379	1,5291	1,1935	1,2813	21,9512
2,0786	30,1026	4,1	3,2	0,5070	0,6496	1,9725	1,5395	1,2813	21,9512

Tabla J-7. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel II.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del sólido sin apisonar (mL)	Volumen del sólido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Índice de Hausner	Índice de Carr
2,2458	30,2698	4,1	3,0	0,5478	0,7486	1,8256	1,3358	1,3667	26,8293
2,1773	30,2013	4,0	3,1	0,5443	0,7024	1,8371	1,4238	1,2903	22,5000
2,0732	30,0972	4,0	3,0	0,5183	0,6911	1,9294	1,4470	1,3333	25,0000
2,4205	30,4445	4,1	3,0	0,5904	0,8068	1,6939	1,2394	1,3667	26,8293
2,1823	30,2063	4,0	2,7	0,5456	0,8083	1,8329	1,2372	1,4815	32,5000
2,0116	30,0356	4,0	2,7	0,5029	0,7450	1,9885	1,3422	1,4815	32,5000
2,0595	30,0835	4,0	2,9	0,5149	0,7102	1,9422	1,4081	1,3793	27,5000
2,0108	30,0348	4,0	2,7	0,5027	0,7447	1,9893	1,3427	1,4815	32,5000
2,2182	30,2422	4,1	3,0	0,5410	0,7394	1,8483	1,3524	1,3667	26,8293
2,2412	30,2652	4,0	2,8	0,5603	0,8004	1,7848	1,2493	1,4286	30,0000

Tabla J-8. Datos primarios de densidad aparente, apisonada, índice de Hausner y Carr de Almidón de almidón de Maíz Nivel III.

Peso muestra (g)	Probeta + muestra (g)	Volumen del sólido sin apisonar (mL)	Volumen del sólido apisonado Final (mL)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Apisonada (g/mL)	Voluminosidad aparente (mL/g)	Voluminosidad apisonada (mL/g)	Índice de Hausner	Índice de Carr
1,7192	29,7432	3,3	2,3	0,5210	0,7379	1,9195	1,3553	1,4163	29,3939
1,7360	29,7600	3,3	2,3	0,5261	0,7419	1,9009	1,3479	1,4103	29,0909
1,4363	29,4603	3,3	2,3	0,4352	0,6138	2,2976	1,6292	1,4103	29,0909
1,3260	29,3500	3,2	2,3	0,4144	0,5667	2,4133	1,7647	1,3675	26,8750
1,3160	29,3400	3,3	2,3	0,3988	0,5624	2,5076	1,7781	1,4103	29,0909
1,8960	29,9200	3,4	2,3	0,5576	0,8103	1,7932	1,2342	1,4530	31,1765
1,9265	29,9505	3,3	2,4	0,5838	0,8027	1,7130	1,2458	1,3750	27,2727
1,9680	29,9920	3,3	2,4	0,5964	0,8200	1,6768	1,2195	1,3750	27,2727
2,7270	30,7510	3,2	2,5	0,8522	1,0908	1,1735	0,9168	1,2800	21,8750
1,2369	29,2609	3,3	2,4	0,3748	0,5154	2,6680	1,9403	1,3750	27,2727

ANEXO K: TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

1. Claridad de pasta de almidón.

Tabla K-1. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en cero horas

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	3	73,7670	24,5890	0,2509			
Arracacha nivel I	3	99,8040	33,2680	0,0230			
Arracacha nivel II	3	20,8859	6,9620	0,0389			
Arracacha nivel III	3	0,3102	0,1034	0,0003			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	2118,389882	3	706,1299608	9019,889841	1,87761E-14	4,066180557	
Dentro de los grupos	0,626286993	8	0,078285874				
Total	2119,016169	11					

Tabla K-2. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 24 horas

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	3	100,818	33,606	0,020721			
Arracacha nivel I	3	97,876	32,62533333	0,001185333			
Arracacha nivel II	3	28,3463	9,448766667	0,052655303			
Arracacha nivel III	3	0,240592	0,080197333	0,00038087			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	2544,466714	3	848,1555712	45269,66631	2,96233E-17	4,066180557	
Dentro de los grupos	0,149885014	8	0,018735627				
Total	2544,616599	11					

Tabla K-3. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 48 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	3	15,1125	5,0375	0,07759921		
Arracacha nivel I	3	21,1178	7,039266667	6,864167543		
Arracacha nivel II	3	11,0122	3,670733333	0,574680823		
Arracacha nivel III	3	0,314656	0,104885333	0,000947464		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	76,76530621	3	25,5884354	13,61558639	0,001650332	4,066180557
Dentro de los grupos	15,03479008	8	1,87934876			
Total	91,80009629	11				

Tabla K-4. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 25°C, en 72 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	3	70,206	23,402	0,240573		
Arracacha nivel I	3	11,9737	3,991233333	1,148746503		
Arracacha nivel II	3	49,35	16,45	10,377193		
Arracacha nivel III	3	0,199534	0,066511333	0,000351576		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1056,522156	3	352,1740521	119,717216	5,49869E-07	4,066180557
Dentro de los grupos	23,53372816	8	2,94171602			
Total	1080,055884	11				

Tabla K-5. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 0 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	3	62,01	20,67	2,3167		
Arracacha nivel I	3	74,7	24,9	1,72		
Arracacha nivel II	3	17,37	5,79	0,0397		
Arracacha nivel III	3	0,40388	0,134626667	0,00320902		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1253,630941	3	417,8769805	409,722577	4,29161E-09	4,066180557
Dentro de los grupos	8,159218036	8	1,019902255			
Total	1261,790159	11				

Tabla K-6. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 24 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	3	68,62	22,87333333	1,30803333		
Arracacha nivel I	3	77,18	25,72666667	0,67863333		
Arracacha nivel II	3	21,54	7,18	0,0247		
Arracacha nivel III	3	0,407843	0,135947667	0,00411397		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1364,920009	3	454,9733365	902,957493	1,84787E-10	4,066180557
Dentro de los grupos	4,030961282	8	0,50387016			
Total	1368,950971	11				

Tabla K-7. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 48 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Arracacha nativo	3	12,33	4,11	0,1191
Arracacha nivel I	3	17,0182	5,672733333	1,96719641
Arracacha nivel II	3	8,55	2,85	0,4593
Arracacha nivel III	3	0,32692	0,108973333	0,00024156
ANÁLISIS DE VARIANZA				

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	49,85581939	3	16,61860646	26,1110198	0,000174587	4,066180557
Dentro de los grupos	5,091675951	8	0,636459494			
Total	54,94749534	11				

Tabla K-8. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de arracacha almacenados a 4°C, en 72 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	3	54,46	18,15333333	0,78563333		
Arracacha nivel I	3	7,45	2,483333333	0,39643333		
Arracacha nivel II	3	38,39	12,79666667	0,38173333		
Arracacha nivel III	3	0,54	0,18	0,0049		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	651,1004667	3	217,0334889	553,409801	1,29898E-09	4,066180557
Dentro de los grupos	3,1374	8	0,392175			
Total	654,2378667	11				

Tabla K-9. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 0 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	3	73,767	24,589	0,2509		
Maíz nivel I	3	99,804	33,268	0,022981		
Maíz nivel II	3	20,8859	6,961966667	0,038940893		
Maíz nivel III	3	0,310203	0,103401	0,000321603		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2118,389882	3	706,1299608	9019,889841	1,87761E-14	4,066180557
Dentro de los grupos	0,626286993	8	0,078285874			
Total	2119,016169	11				

Tabla K-10. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 24 horas.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz nativo	3	100,818	33,606	0,020721

Maíz nivel I	3	97,876	32,62533333	0,001185333			
Maíz nivel II	3	28,3463	9,448766667	0,052655303			
Maíz nivel III	3	0,240592	0,080197333	0,00038087			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	2544,466714	3	848,1555712	45269,66631	2,96233E-17	4,066180557	
Dentro de los grupos	0,149885014	8	0,018735627				
Total	2544,616599	11					

Tabla K-11. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 48 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Maíz nativo	3	15,1125	5,0375	0,07759921			
Maíz nivel I	3	21,1178	7,039266667	6,864167543			
Maíz nivel II	3	11,0122	3,670733333	0,574680823			
Maíz nivel III	3	0,314656	0,104885333	0,000947464			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	76,76530621	3	25,5884354	13,61558639	0,001650332	4,066180557	
Dentro de los grupos	15,03479008	8	1,87934876				
Total	91,80009629	11					

Tabla K-12. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 25°C, en 72 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Maíz nativo	3	70,206	23,402	0,240573			
Maíz nivel I	3	11,9737	3,991233333	1,148746503			
Maíz nivel II	3	49,35	16,45	10,377193			
Maíz nivel III	3	0,199534	0,066511333	0,000351576			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	1056,522156	3	352,1740521	119,717216	5,49869E-07	4,066180557	
Dentro de los grupos	23,53372816	8	2,94171602				
Total	1080,055884	11					

Tabla K-13. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 0 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	3	0,185088	0,061696	5,91685E-05			
Maíz nivel I	3	0,9086	0,302866667	0,000136154			
Maíz nivel II	3	1,36483	0,454943333	0,000258344			
Maíz nivel III	3	1,79818	0,599393333	1,25694E-05			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,475384768	3	0,158461589	1359,497477	3,61175E-11	4,066180557	
Dentro de los grupos	0,000932472	8	0,000116559				
Total	0,476317239	11					

Tabla K-14. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 24 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	3	0,21474	0,07158	0,000171764			
Maíz nivel I	3	1,36447	0,454823333	0,000143432			
Maíz nivel II	3	0,53453	0,178176667	0,000197897			
Maíz nivel III	3	2,02076	0,673586667	0,000452588			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,667854128	3	0,222618043	922,1185826	1,69946E-10	4,066180557	
Dentro de los grupos	0,001931362	8	0,00024142				
Total	0,66978549	11					

Tabla K-15. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 48 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz nativo	3	0,052572	0,017524	9,55086E-05
Maíz nivel I	3	152,132	50,71066667	2853,595009
Maíz nivel II	3	91,103	30,36766667	144,5772263
Maíz nivel III	3	1,41085	0,470283333	0,002257733

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	5492,188621	3	1830,72954	2,442458884	0,139033396	4,066180557	
Dentro de los grupos	5996,349178	8	749,5436472				
Total	11488,5378	11					

Tabla K-16. Análisis de varianza de un factor para claridad de pastas de los almidones de maíz almacenados a 4°C, en 72 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	3	9,3996	3,1332	0,81653868			
Maíz nivel I	3	8,8969	2,965633333	0,037678013			
Maíz nivel II	3	9,7016	3,233866667	0,317179643			
Maíz nivel III	3	14,452	4,817333333	0,272713853			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	6,661969609	3	2,220656536	6,150933777	0,017914386	4,066180557	
Dentro de los grupos	2,88822038	8	0,361027548				
Total	9,550189989	11					

2. Poder de hinchamiento, sólidos solubles y absorción de agua.

Tabla K-17. Análisis de varianza de un factor para el poder de hinchamiento de almidón de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	20	153,711612	7,685580596	54,400981			
Arracacha nivel I	20	313,672230	15,68361149	148,231362			
Arracacha nivel II	20	321,198218	16,05991092	107,629852			
Arracacha nivel III	20	323,244884	16,16224421	97,494682			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	1031,664480	3	343,888159	3,37346275	0,02267577	2,72494395	
Dentro de los grupos	7747,380066	76	101,939221				
Total	4388,138232	79					

Tabla K-18. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de sólidos solubles del almidón de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	10	22,52915	2,252915	7,196105583		
Arracacha nivel I	10	45,78180406	4,578180406	18,67200782		
Arracacha nivel II	10	64,57747863	6,457747863	18,8534371		
Arracacha nivel III	10	89,31385282	8,931385282	14,8990935		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	240,7287313	3	80,24291043	5,383565493	0,003637385	2,866265557
Dentro de los grupos	536,585796	36	14,905161			
Total	777,3145273	39				

Tabla K-19. Análisis de varianza de un factor para la absorción de agua del almidón de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	20	140,60888	7,030441951	57,15229429		
Arracacha nivel I	20	288,0286472	14,40143236	156,6490737		
Arracacha nivel II	20	299,3046392	14,96523196	109,262192		
Arracacha nivel III	20	301,459623	15,07298115	99,96660204		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	456,8882162	3	152,2960721	3,880098598	0,247204628	2,72494395
Dentro de los grupos	3807,271458	76	105,7575405			
Total	4264,159674	79				

Tabla K-20. Análisis de varianza de un factor para el poder de hinchamiento del almidón de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz nativo	20	68,18377227	3,309187227	5,273762741
Maíz nivel I	20	94,9731926	4,749731926	15,31049293
Maíz nivel II	20	113,52400175	5,676200175	21,27584653
Maíz nivel III	20	159,71410034	7,985710034	28,10351216
ANÁLISIS DE VARIANZA				

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad ad	Valor crítico para F
Entre grupos	115,528796	3	38,50959868	4,641692925	0,104698599	2,7249265557
Dentro de los grupos	629,6725292	76	17,49090359			

Tabla K-21. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de sólidos solubles del almidón de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	10	11,63858039	1,163858039	1,413188077		
Maíz nivel I	10	16,62643305	1,662643305	3,179003486		
Maíz nivel II	10	19,77124171	1,977124171	4,264259503		
Maíz nivel III	10	27,24472436	2,724472436	5,565282601		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad ad	Valor crítico para F
Entre grupos	12,82653648	3	4,275512159	1,18585248	0,328790324	2,866265557
Dentro de los grupos	129,795603	36	3,605433417			
Total	142,6221395	39				

Tabla K-22. Análisis de varianza de un factor para absorción de agua del almidón de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	10	22,23181557	2,223181557	2,881130135		
Maíz nivel I	10	31,88623323	3,188623323	7,716380591		
Maíz nivel II	10	38,06777041	3,806777041	10,61794795		
Maíz nivel III	10	53,33974609	5,333974609	13,93174977		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad ad	Valor crítico para F
Entre grupos	51,08466113	3	17,02822038	1,937931475	0,140896938	2,866265557
Dentro de los grupos	316,3248761	36	8,786802113			
Total	367,4095372	39				

2. Análisis de varianza de un factor para viscosidad almidones de arracacha y maíz en estudio.

Tabla K-23. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 2cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	133000	66500	4500000			
Arracacha nivel I	2	76100	38050	18000000			
Arracacha nivel II	2	37200	18600	1620000			
Arracacha nivel III	2	26020	13010	1312200			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	3500772400	3	1166924133	183,5349098	9,72988E-05	6,591382117	
Dentro de los grupos	25432200	4	6358050				
Total	3526204600	7					

Tabla K-24. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 4cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	172000	86000	18000000			
Arracacha nivel I	2	98200	49100	2000000			
Arracacha nivel II	2	44300	22150	2645000			
Arracacha nivel III	2	30000	15000	980000			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	6209833750	3	2069944583	350,4668078	2,68991E-05	6,591382117	
Dentro de los grupos	23625000	4	5906250				
Total	6233458750	7					

Tabla K-25. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 10cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	120000	60000	2000000			
Arracacha nivel I	2	63600	31800	4500000			
Arracacha nivel II	2	28900	14450	2205000			
Arracacha nivel III	2	17210	8605	328050			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	3192341538	3	1064113846	471,2091025	1,49138E-05	6,591382117	
Dentro de los grupos	9033050	4	2258262,5				
Total	3201374588	7					

Tabla K-26. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de arracacha, velocidad: 20cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	94600	47300	4500000			
Arracacha nivel I	2	52000	26000	18000000			
Arracacha nivel II	2	27410	13705	966050			
Arracacha nivel III	2	16940	8470	33800			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	1787978038	3	595992679,2	101,4462099	0,00031418	6,591382117	
Dentro de los grupos	23499850	4	5874962,5				
Total	1811477888	7					

Tabla K-27. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 2cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	2	38200	19100	1620000			
Maíz nivel I	2	44800	22400	2880000			
Maíz nivel II	2	66618	33309	980000			
Maíz nivel III	2	71104	35552	1940450			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	390233209,5	3	130077736,5	70,1185165	0,000648832	6,591382117	
Dentro de los grupos	7420450	4	1855112,5				
Total	397653659,5	7					

Tabla K-28. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 4cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	2	23100	11550	1805000			
Maíz nivel I	2	18589	9294,5	185440,5			
Maíz nivel II	2	32700	16350	1805000			
Maíz nivel III	2	47100	23550	4560200			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	238483320,4	3	79494440,13	38,0554621	0,002124092	6,591382117	

Dentro de los grupos	8355640,5	4	2088910,125
Total	246838960,9	7	

Tabla K-29. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 10cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	2	11100	5550	45000		
Maíz nivel I	2	6320	3160	45000		
Maíz nivel II	2	11807	5903,5	19800,5		
Maíz nivel III	2	17052	8526	460800		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	28945946,38	3	9648648,792	67,6385583	0,000696172	6,591382117
Dentro de los grupos	570600,5	4	142650,125			
Total	29516546,88	7				

Tabla K-30. Análisis de varianza de un factor, viscosidad almidones de maíz, velocidad: 20cm⁻¹.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	2	6620	3310	24200		
Maíz nivel I	2	2920	1460	3200		
Maíz nivel II	2	2402	1201	20402		
Maíz nivel III	2	9500	4750	125000		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	16715281,5	3	5571760,5	128,974445	0,000195637	6,591382117
Dentro de los grupos	172802	4	43200,5			
Total	16888083,5	7				

3. Análisis de varianza de un solo factor para estabilidad al congelamiento-descongelamiento de almidones de arracacha y maíz en estudio.

Tabla K-31. Análisis de varianza de un solo factor para estabilidad al congelamiento descongelamiento para almidones de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Arracacha nativo	2	95,05910198	47,52955099	39,84709827
Arracacha nivel I	2	0	0	0
Arracacha nivel II	2	0	0	0

Arracacha nivel III	2	0	0	0		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3388,587326	3	1129,529109	113,386335	0,000252298	6,591382117
Dentro de los grupos	39,84709827	4	9,961774567			
Total	3428,434424	7				

Tabla K-32. Análisis de varianza de un solo factor para estabilidad al congelamiento descongelamiento para almidones de maíz.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Maíz nativo	2	73,4858182	36,7429091	1,996755461		
Maíz nivel I	2	73,18600638	36,59300319	2,002846465		
Maíz nivel II	2	55,88341012	27,94170506	1,281841004		
Maíz nivel III	2	89,5329626	44,7664813	0,3325386		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	283,2925871	3	94,43086237	67,2826313	0,000703389	6,591382117
Dentro de los grupos	5,613981531	4	1,403495383			
Total	288,9065686	7				

4. Análisis de varianza de un solo factor para densidad aparente, densidad apisonada, voluminosidad aparente, voluminosidad apisonada, índice de Hausner e índice de Carr.

Tabla K-33. Análisis de varianza de un solo factor para densidad aparente de almidones de arracacha.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Arracacha nativo	10	5,679203315	0,567920331	0,000730323		
Arracacha nivel I	10	4,769775443	0,476977544	0,001332339		
Arracacha nivel II	10	5,072037381	0,507203738	0,000121511		
Arracacha nivel III	10	5,126029143	0,512602914	5,69387E-05		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,043072632	3	0,014357544	25,62575227	4,7573E-09	2,866265557
Dentro de los grupos	0,020170006	36	0,000560278			
Total	0,063242638	39				

Tabla K-34. Análisis de varianza de un solo factor para densidad apisonada de almidones de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	10	8,069397858	0,806939786	0,002457286			
Arracacha nivel I	10	8,744230671	0,874423067	0,005051351			
Arracacha nivel II	10	6,334938481	0,633493848	5,14222E-05			
Arracacha nivel III	10	6,367135846	0,636713585	7,34898E-05			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,445443749	3	0,14848125	77,80456629	8,4231E-16	2,866265557	
Dentro de los grupos	0,068701944	36	0,001908387				
Total	0,514145693	39					

Tabla K-35. Análisis de varianza de un solo factor para densidad aparente de almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	10	5,720358883	0,572035888	0,000476713			
Arracacha nivel I	10	5,976987224	0,597698722	0,002715697			
Arracacha nivel II	10	5,368121341	0,536812134	0,00075867			
Arracacha nivel III	10	5,260239862	0,526023986	0,019494616			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,032443044	3	0,010814348	1,845003474	0,156480414	2,866265557	
Dentro de los grupos	0,211011271	36	0,005861424				
Total	0,243454316	39					

Tabla K-36. Análisis de varianza de un solo factor para densidad apisonada de almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Arracacha nativo	10	7,610197917	0,761019792	0,000669076
Arracacha nivel I	10	7,553050189	0,755305019	0,004183408

Arracacha nivel II	10	7,496892861	0,749689286	0,001851366		
Arracacha nivel III	10	7,261737411	0,726173741	0,029377336		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,007021087	3	0,002340362	0,259455154	0,854095567	2,866265557
Dentro de los grupos	0,324730672	36	0,009020296			
Total	0,33175176	39				

Tabla K-37. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad aparente de almidones de arracacha.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Arracacha nativo	10	17,64237866	1,764237866	0,006435026		
Arracacha nivel I	10	21,07298973	2,107298973	0,024467854		
Arracacha nivel II	10	19,72425488	1,972425488	0,001806007		
Arracacha nivel III	10	19,5120627	1,95120627	0,000816437		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,597490593	3	0,199163531	23,76275678	1,17321E-08	2,866265557
Dentro de los grupos	0,301727917	36	0,008381331			
Total	0,899218511	39				

Tabla K-38. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad apisonada de almidones de arracacha.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Arracacha nativo	10	12,43281192	1,243281192	0,005318256		
Arracacha nivel I	10	11,50261867	1,150261867	0,008269762		
Arracacha nivel II	10	15,7872854	1,57872854	0,00031653		
Arracacha nivel III	10	15,70819834	1,570819834	0,000442748		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,472435797	3	0,490811932	136,8374755	9,73109E-20	2,866265557
Dentro de los grupos	0,129125662	36	0,003586824			
Total	1,601561459	39				

Tabla K-39. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad aparente de almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	10	17,50416282	1,750416282	0,004394203			
Maíz nivel I	10	16,85416498	1,685416498	0,02479735			
Maíz nivel II	10	18,67199335	1,867199335	0,008900235			
Maíz nivel III	10	20,06330109	2,006330109	0,210203632			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,596857645	3	0,198952548	3,205094134	0,034531639	2,866265557	
Dentro de los grupos	2,234658778	36	0,062073855				
Total	2,831516423	39					

Tabla K-40. Análisis de varianza de un solo factor para voluminosidad apisonada de almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	10	13,1541898	1,31541898	0,002074994			
Maíz nivel I	10	13,33254338	1,333254338	0,014572853			
Maíz nivel II	10	13,37813886	1,337813886	0,005794819			
Maíz nivel III	10	14,43178025	1,443178025	0,102657351			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,100869034	3	0,033623011	1,075076164	0,371873046	2,866265557	
Dentro de los grupos	1,125900145	36	0,031275004				
Total	1,226769179	39					

Tabla K-41. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Hausner de los almidones de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Arracacha nativo	10	14,21386128	1,421386128	0,004744653
Arracacha nivel I	10	18,3315326	1,83315326	0,002107408
Arracacha nivel II	10	12,49458386	1,249458386	0,000757813
Arracacha nivel III	10	12,42399021	1,242399021	0,000719923
ANÁLISIS DE VARIANZA				

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,302219536	3	0,767406512	368,5115446	4,58173E-27	2,866265557
Dentro de los grupos	0,074968165	36	0,002082449			
Total	2,377187701	39				

Tabla K-42. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Carr de los almidones de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	10	295,0366654	29,50366654	10,6814274		
Arracacha nivel I	10	454,1839197	45,41839197	1,867949346		
Arracacha nivel II	10	199,3026652	19,93026652	3,126249369		
Arracacha nivel III	10	194,7675724	19,47675724	3,027495646		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4420,715013	3	1473,571671	315,1498857	6,9361E-26	2,866265557
Dentro de los grupos	168,3280958	36	4,67578044			
Total	4589,043109	39				

Tabla K-43. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Hausner de los almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	10	13,93465909	1,393465909	0,000423715		
Maíz nivel I	10	13,62121212	1,362121212	0,000667024		
Maíz nivel II	10	14,28732366	1,428732366	0,005296957		
Maíz nivel III	10	18,25115953	1,825115953	0,006530918		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,411172745	3	0,470390915	145,6474891	3,46431E-20	2,866265557
Dentro de los grupos	0,116267524	36	0,003229653			
Total	1,527440269	39				

Tabla K-44. Análisis de varianza de un solo factor para el índice de Carr de los almidones de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	10	248,1792399	24,81792399	4,137676245			
Maíz nivel I	10	208,7108014	20,87108014	1,408296811			
Maíz nivel II	10	282,9878049	28,29878049	11,9410156			
Maíz nivel III	10	278,4113191	27,84113191	6,190990724			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	351,9888019	3	117,3296006	19,82088062	9,31942E-08	2,866265557	
Dentro de los grupos	213,1018144	36	5,919494845				
Total	565,0906163	39					

5. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidones de arracacha y maíz en estudio.

Tabla K-45. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 24 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	10,1116	5,0558	0,04780232			
Arracacha nivel I	2	15,8628	7,9314	0,20364962			
Arracacha nivel II	2	3,649	1,8245	0,5			
Arracacha nivel III	2	16,5953	8,29765	3,081899645			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	54,27500203	3	18,09166734	18,87817169	0,007978124	6,591382117	
Dentro de los grupos	3,833351585	4	0,958337896				
Total	58,10835362	7					

Tabla K-46. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 48 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Arracacha nativo	2	7,4116	3,7058	4,232E-05

Arracacha nivel I	2	11,1628	5,5814	0,0019096 2		
Arracacha nivel II	2	0	0	0		
Arracacha nivel III	2	12,407	6,2035	0,0650883 2		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	46,75589046	3	15,58529682	929,90670 49	3,84192E- 06	6,591382117
Dentro de los grupos	0,06704026	4	0,016760065			
Total	46,82293072	7				

Tabla K-47. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 72 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Arracacha nativo	2	5,1477	2,57385	0,0020161 25		
Arracacha nivel I	2	3,2802	1,6401	0,0031521 8		
Arracacha nivel II	2	0	0	0		
Arracacha nivel III	2	8,3679	4,18395	0,0089646 05		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	18,37777667	3	6,125925555	1733,8044 48	1,10688E- 06	6,591382117
Dentro de los grupos	0,01413291	4	0,003533227			
Total	18,39190958	7				

Tabla K-48. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 96 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Arracacha nativo	2	5,7743	2,88715	0,0691548 05		
Arracacha nivel I	2	4,4011	2,20055	1,2005E- 05		
Arracacha nivel II	2	0	0	0		
Arracacha nivel III	2	4,68	2,34	0,0038544 2		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9,721947205	3	3,240649068	177,51818 58	0,0001039 47	6,591382117

Dentro de los grupos	0,07302123	4	0,018255308
Total	9,794968435	7	

Tabla K-49. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de arracacha a 168 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	2	5,309	2,6545	0,0006125			
Arracacha nivel I	2	2,0674	1,0337	0,0076632			
Arracacha nivel II	2	0	0	0			
Arracacha nivel III	2	3,2683	1,63415	0,0000732			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	7,406999564	3	2,468999855	1182,906712	2,37594E-06	6,591382117	
Dentro de los grupos	0,008348925	4	0,002087231				
Total	7,415348489	7					

Tabla K-50. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 24 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	2	66,8	33,4	0,02			
Maíz nivel I	2	64,46126226	32,23063113	11,11903281			
Maíz nivel II	2	32,26522879	16,1326144	60,95824484			
Maíz nivel III	2	26,43482314	13,21741157	0,973834313			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	668,0069866	3	222,6689955	12,18916694	0,017618407	6,591382117	
Dentro de los grupos	73,07111197	4	18,26777799				
Total	741,0780986	7					

Tabla K-51. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 48 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz nativo	2	11,4	5,7	0
Maíz nivel I	2	7,672944992	3,836472496	1,902305201
Maíz nivel II	2	8,022635377	4,011317689	0,008612137

Maíz nivel III	2	13,3474386	6,673719302	0,8539817 07		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	11,22071731	3	3,740239102	5,4110317 11	0,0682578 85	6,591382117
Dentro de los grupos	2,764899045	4	0,691224761			
Total	13,98561635	7				

Tabla K-52. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 72 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Maíz nativo	2	9,5	4,75	0,005		
Maíz nivel I	2	3,577039152	1,788519576	0,8051986 16		
Maíz nivel II	2	9,176404862	4,588202431	1,3721710 55		
Maíz nivel III	2	8,240030078	4,120015039	2,2554628 03		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	11,34336021	3	3,781120071	3,4080782 38	0,1335449 48	6,591382117
Dentro de los grupos	4,437832475	4	1,109458119			
Total	15,78119269	7				

Tabla K-53. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 98 horas.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Maíz nativo	2	6,9	3,45	0,005		
Maíz nivel I	2	1,357763801	0,678881901	0,0096294 28		
Maíz nivel II	2	4,852446055	2,426223027	4,8600112 91		
Maíz nivel III	2	6,710565039	3,355282519	1,7085811 54		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9,907829519	3	3,30260984	2,0066829 91	0,2554578 91	6,591382117
Dentro de los grupos	6,583221873	4	1,645805468			
Total	16,49105139	7				

Tabla K-54. Análisis de varianza de un solo factor para sinéresis de almidón de maíz 168 horas.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Maíz nativo	2	8,7	4,35	1,445		
Maíz nivel I	2	3,776863593	1,888431796	0,0484967		
Maíz nivel II	2	8,406269239	4,20313462	4,1252296 08		
Maíz nivel III	2	6,454908716	3,227454358	1,4537751 74		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7,721889366	3	2,573963122	1,4557582 65	0,3525144 27	6,591382117
Dentro de los grupos	7,072501482	4	1,76812537			
Total	14,79439085	7				

6. Análisis de varianza de un solo factor para sorción de almidón de arracacha y maíz en estudio.

Tabla K-55. Análisis de varianza de un solo factor para sorción de almidón de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Arracacha nativo	18	6,52	0,362222222	0,0028653 59		
Arracacha nivel I	18	8,6	0,477777778	0,0191124 18		
Arracacha nivel II	18	6,71	0,372777778	0,0357859 48		
Arracacha nivel III	18	4,07	0,226111111	0,0119898 69		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,575383333	3	0,191794444	10,998397 72	5,64111E- 06	2,739502326
Dentro de los grupos	1,185811111	68	0,017438399			
Total	1,761194444	71				

Tabla K-56. Análisis de varianza de un solo factor para sorción de almidón de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz nativo	18	3,15	0,175	2,64706E- 05
Maíz nivel I	18	3,23	0,179444444	4,08497E- 05
Maíz nivel II	18	3,57	0,198333333	0,00005
Maíz nivel III	18	4,46	0,247777778	4,18301E- 05

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,059993056	3	0,019997685	502,6112252	2,53273E-46	2,739502326	
Dentro de los grupos	0,002705556	68	3,97876E-05				
Total	0,062698611	71					

Tabla K-57. Análisis de varianza de un solo factor para solubilidad en agua fría de almidón de maíz.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Maíz nativo	3	0.024	0.008	0.000012			
Maíz nivel I	3	0.0482	0.016066667	1.20933E-05			
Maíz nivel II	3	0.1004	0.033466667	0.001965373			
Maíz nivel III	3	0.086	0.028666667	7.29733E-05			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0.00121897	3	0.000406323	0.788043935	0.533600257	4.066180551	
Dentro de los grupos	0.00412488	8	0.00051561				
Total	0.00534385	11					

Tabla K-58. Análisis de varianza de un solo factor para solubilidad en agua fría de almidón de arracacha.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Arracacha nativo	3	0.232	0.077333333	4.13333E-05			
Arracacha nivel I	3	0.2562	0.0854	0.00022828			
Arracacha nivel II	3	0.245	0.081666667	8.33333E-06			
Arracacha nivel III	3	0.24	0.08	0.000064			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0.000102627	3	3.42089E-05	0.400166368	0.756794549	4.066180551	
Dentro de los grupos	0.000683893	8	8.54867E-05				
Total	0.00078652	11					

ANEXO L: RESULTADOS DE SOLUBILIDAD DE ALMIDONES.**Tabla L-1.** Solubilidad de almidones de arracacha y maíz nativos y modificados.

Tipo de almidón	Replicas	Peso de Almidón (mg)	Peso de caja vacía (g)	Peso de caja después de secado (g)	Porcentaje de solubilidad (%)	Promedio solubilidad (%)	Desv. Solubilidad
Maíz nativo	1	504,000	47,7385	47,7387	0,0040	0,080	0,0035
	2	503,900	44,2791	44,2796	0,0100		
	3	502,700	49,4533	49,4538	0,0100		
Maíz nivel I	1	500,400	47,7890	47,7897	0,0134	0,016	0,0035
	2	500,600	45,2341	45,2351	0,0200		
	3	500,100	47,9344	47,9351	0,0148		
Maíz nivel II	1	500,300	47,5640	47,5682	0,0846	0,034	0,0443
	2	500,400	47,0040	47,0045	0,0100		
	3	500,100	45,6780	45,6783	0,0058		
Maíz nivel III	1	500,900	46,7830	46,7840	0,0190	0,030	0,0085
	2	500,420	47,5640	47,5656	0,0318		
	3	500,350	48,3420	48,3438	0,0352		
Arracacha nativo	1	502,341	40,6442	40,6477	0,0700	0,080	0,0064
	2	500,314	44,2310	44,2350	0,0800		
	3	501,231	41,5610	41,5651	0,0820		
Arracacha nivel I	1	501,234	41,3442	41,3477	0,0700	0,085	0,0151
	2	500,123	44,2301	44,2344	0,0860		
	3	500,123	48,4611	48,4661	0,1002		
Arracacha nivel II	1	500,214	42,6332	42,6375	0,0850	0,082	0,0029
	2	500,121	48,4511	48,4551	0,0800		
	3	502,231	43,6611	43,6651	0,0800		
Arracacha nivel III	1	504,349	46,7842	46,7886	0,0880	0,0800	0,0080
	2	500,389	45,2771	45,2811	0,0800		
	3	500,245	47,7815	47,7851	0,0720		