

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**  
**DE LOS RECURSOS NATURALES**

*Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero en  
Biotecnología de los Recursos Naturales*

**TRABAJO EXPERIMENTAL:**

**DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE DOS MÉTODOS**  
**DISTINTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE LA OCA**  
**(*Oxalis tuberosa* Molina) VARIEDAD AMARILLA**

**AUTOR:**

ANGEL GABRIEL MOGROVEJO ÁLVAREZ

**TUTOR:**

VICENTE HERNÁN AVILÉS LANDIVAR, Mg.

Cuenca - Ecuador

2019

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Angel Gabriel Mogrovejo Álvarez con documento de identificación N° 0105271753, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE DOS MÉTODOS DISTINTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE LA OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) VARIEDAD AMARILLA**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero en Biotecnología de los Recursos Naturales*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor, me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega el trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2019.



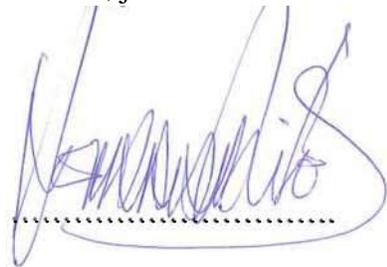
Angel Gabriel Mogrovejo Álvarez

C.I.: 0105271753

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE DOS MÉTODOS DISTINTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE LA OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) VARIEDAD AMARILLA**, realizado por Angel Gabriel Mogrovejo Álvarez; obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2019.



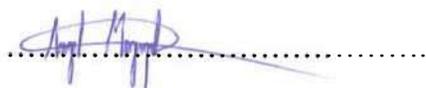
Vicente Hernán Avilés Landívar, Mg.

C.I.: 0101401040

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Angel Gabriel Mogrovejo Álvarez con documento de identificación N° 0105271753, autor del trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE DOS MÉTODOS DISTINTOS EN LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE LA OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) VARIEDAD AMARILLA**, certifico que el contenido total de este *Trabajo Experimental* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio de 2019.



Angel Gabriel Mogrovejo Álvarez

C.I.: 0105271753

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico primeramente a Dios quien me ha permitido llegar a este punto tan importante de mi vida.

A mi madre que ha estado a mi lado dándome su apoyo, consejos, amor incondicional compartiendo triunfos y tristezas a lo largo de vida, y dedicando todo lo que está a su alcance para verme formado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por ser quien ha guiado mi vida, brindándome vida, salud, fortaleza.

Al mi profesor tutor de tesis, Mg. Vicente Hernán Avilés Landívar, por haber aceptado dirigir el presente trabajo de investigación, por su apoyo, asesoría y amistad brindada.

A mi madre por apoyarme en cada momento y gracias a ella estoy por culminar mi carrera universitaria.

A mis profesores, amigos y familiares que han brindado su apoyo y ánimo para persistir hasta poder alcanzar esta etapa tan importante de mi vida.

## INDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
Capítulo 1 .....	1
1.    Introducción.....	1
1.1    Antecedentes.....	2
1.2    El problema de investigación.....	3
1.3    Objetivos.....	4
Capítulo 2.....	6
2.    Marco teórico.....	6
2.1    Antecedentes de la investigación.....	6

2.2	Bases teóricas.....	7
2.3	Definiciones de términos básicos.....	15
3.	Marco metodológico.....	16
3.1	Nivel de investigación.....	16
3.2	Diseño de investigación .....	16
3.3	Variables .....	16
3.4	Población y muestra.....	16
3.5	Técnicas e instrumentos de investigación.....	16
3.6	Técnicas de procesamiento de datos .....	17
Capítulo 3	.....	18
4.	Materiales y Métodos .....	18
4.1	Fase de obtención de almidón.....	18
4.2	Fase de rendimiento y caracterización del almidón.....	21
4.3	Fase de comparación de resultados.....	31
Capítulo 4	.....	32
5.	Resultados.....	32
5.1	Rendimiento.....	32
5.2	Tamaño de la partícula.....	33
5.3	Forma del almidón.....	36
5.4	Determinación del % cenizas.....	36

5.5	Determinación de pH .....	38
5.6	Determinación de temperatura de gelatinización.....	39
5.7	Prueba de yodo.....	41
5.8	Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH).	44
5.9	FTIR.....	49
6.	Discusión .....	51
Capítulo 5	.....	53
7.	Conclusiones y Recomendaciones.....	53
7.1	Conclusiones .....	53
7.2	Recomendaciones .....	54
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS	.....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de almidón utilizado por tipo de fábrica .....	1
Figura 2. Tipos de almidones.....	7
Figura 3. Regiones básicas de un espectro de infrarrojo.....	15
Figura 4. Diagrama de flujo de la extracción de almidón.....	18
Figura 5. Proceso de obtención de almidón método seco.....	19
Figura 6. Diagrama de flujo de la extracción de almidón.....	20
Figura 7. Proceso de obtención de almidón método húmedo .....	21
Figura 8. Proceso de tamización.....	22
Figura 9. Proceso de observación en el microscopio.....	23
Figura 10. Proceso de determinación de cenizas.....	25
Figura 11. Proceso de determinación de pH.....	26
Figura 12. Proceso de determinación de temperatura de gelatinización.....	27
Figura 13. Proceso de prueba de yodo.....	28
Figura 14. Proceso de determinación de IAA, ISA y PH.....	30
Figura 15. Proceso de análisis del equipo FTIR.....	31
Figura 16. Rendimiento obtenido de los métodos húmedo y seco.....	32
Figura 17. Comparación de F calculada y F crítica del rendimiento.....	32
Figura 18. Prueba de Tukey sobre el rendimiento.....	33
<i>Figura 19. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del tamaño de la partícula del tamiz de 200.....</i>	<i>34</i>
Figura 20. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del tamaño de la partícula del tamiz de 325.....	35

Figura 21. Prueba de Tukey sobre el Tamiz de 200.....	35
Figura 22. Prueba de Tukey sobre el Tamiz de 325.....	35
Figura 23. Forma de almidón del método seco.....	36
Figura 24. Forma de almidón del método húmedo.....	36
Figura 25. Porcentaje de cenizas de las muestras de almidón.....	36
Figura 26. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del % de cenizas.	37
Figura 27. Prueba de Tukey sobre del % de cenizas.....	37
Figura 28. pH obtenido de las muestras tratadas.....	38
Figura 29. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del pH. ....	39
Figura 30. Prueba Tukey del pH. ....	39
Figura 31. Temperaturas de Gelatinización de almidones conocidos.....	40
Figura 32. Temperatura obtenida para la gelatinización de las muestras tratadas. ....	40
Figura 33. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre la temperatura de gelatinización.....	41
Figura 34. Prueba Tukey para las temperaturas de gelatinización de las muestras. ....	41
Figura 35. Tiempo de decoloración de azul a transparente por parte de las muestras. ....	42
Figura 36. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del tiempo de decoloración del color del almidón-yodo (azul). ....	42
Figura 37. Prueba Tukey para tiempo de decoloración del color del almidón-yodo (azul).....	43
Figura 38. Recuperación de coloración de azul por parte de las muestras. ....	43
Figura 39. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos para recuperación de coloración de azul por parte de las muestras.....	44

Figura 40. Prueba Tukey para los datos obtenidos para la recuperación de coloración de azul por parte de las muestras. ....	44
Figura 41. Índice de absorción de agua de las muestras tratadas. ....	45
Figura 42. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre el IAA. ....	45
Figura 43. Prueba Tukey para los datos obtenidos sobre el IAA. ....	46
Figura 44. Índice de solubilidad en agua de las muestras tratadas. ....	46
Figura 45. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre ISA. ....	47
Figura 46. Prueba Tukey de los datos obtenidos sobre ISA. ....	47
Figura 47. Poder de Hinchamiento de las muestras tratadas. ....	48
Figura 48. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre PH. ....	48
Figura 49. Prueba Tukey para los datos obtenidos sobre PH. ....	49
Figura 50. Espectro FTIR del almidón de oca obtenido por el método húmedo. ....	50
Figura 51. Espectro FTIR del almidón de oca obtenido por el método seco. ....	50

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de usar el almidón como materia prima.....	8
Tabla 2. Características de la amilosa y amilopectina. ....	9
Tabla 3. Términos recomendados sobre las partículas en forma de polvo. ....	11
Tabla 4. Forma de los gránulos de almidón. ....	11
Tabla 5. Tamices usados para la identificación del tamaño de almidón. ....	22
Tabla 6. Datos obtenidos en la identificación del tamaño de almidón del método seco.....	34
Tabla 7. Datos obtenidos en la identificación del tamaño de almidón del método húmedo....	34
Tabla 8. Cuadro comparativo de pH del maíz y yuca .....	38

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos de la tamización del granulo.....	62
Anexo B. Análisis ANOVA y Tukey para el Tamaño de la partícula obtenido del almidón de oca con MINITAB. ....	64
Anexo C. Rendimiento obtenido de la oca.....	67
Anexo D. Análisis ANOVA y Tukey para el Rendimiento obtenido del almidón de oca con MINITAB.....	69
Anexo E. Determinación del porcentaje (%) de cenizas.....	71
Anexo F. Análisis ANOVA y Tukey para el % de cenizas del almidón obtenido de la oca con MINITAB.....	73
Anexo G. Determinación de pH.....	75
Anexo H. Análisis ANOVA y Tukey para el pH del almidón obtenido de la oca .....	77
Anexo I. Determinación de temperatura de gelatinización.....	79
Anexo J. Análisis ANOVA y Tukey para la temperatura de gelatinización del almidón de oca con MINITAB.....	81
Anexo K. Prueba de yodo. ....	83
Anexo L. Análisis ANOVA y Tukey para la prueba de yodo del almidón obtenido de la oca con MINITAB.....	86
Anexo M. Índice de absorción, Índice de solubilidad, Poder de hinchamiento .....	89
Anexo N. Análisis ANOVA y Tukey para el Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH) del almidón de oca.....	95
Anexo O. Espectros corridos en FTIR, espectrofotómetro Nicolet iS10.....	99

## RESUMEN

En la actualidad el almidón es considerado como una materia prima atractiva debido a sus características fisicoquímicas; sin embargo, estas dependen de los métodos de extracción (Guadrón, 2013). Por ello, mediante este estudio se buscó determinar la influencia del método seco y del húmedo en el rendimiento de almidón obtenido a partir de la oca (*Oxalis tuberosa* Molina). El estudio concluyó que el rendimiento más alto de almidón se obtuvo por el método seco con 8.16 %, mientras que el método húmedo solo registró un 5.99 %. Además, las características fisicoquímicas del almidón obtenido por ambos métodos se mantuvieron en los rangos de los datos registrados en la bibliografía revisada. Respecto a la comparación estadística realizada con ANOVA y Tukey, los resultados de los dos métodos presentaron diferencia significativa en el rendimiento, el tamaño de las partículas, el porcentaje de ceniza, el pH, la temperatura de gelatinización y la prueba de yodo (tiempo de recuperación del color del almidón). Por el contrario, la decoloración del color característico del almidón-yodo (azul), el IAA, el ISA y PH no presentaron diferencia significativa.

**Palabras clave:** almidón, rendimiento, características fisicoquímicas, ANOVA, Tukey.

## ABSTRACT

Currently, starch is considered an attractive raw material due to its physicochemical characteristics; However, these dependencies on the extraction methods (Guadrón, 2013). Therefore, through this study the influence of the dry and wet method on the yield of starch obtained from oca (*Oxalis tuberosa* Molina) has been determined. The study concluded that the highest starch yield was obtained by the dry method with 8.16%, while the wet method was only published 5.99%. In addition, the physicochemical characteristics of starch obtained by both methods were maintained in the ranges of the data recorded in the reviewed literature. Regarding the statistical comparison made with ANOVA and Tukey, the results of the two methods of differentiating in performance, particle size, percentage of ash, pH, gelatinization temperature and iodine test (recovery time the color of starch). On the contrary, the discoloration of the characteristic color of starch-iodine (blue), IAA, ISA and PH.

**Key words:** starch, yield, physicochemical characteristics, ANOVA, Tukey.

## Capítulo 1

### 1. Introducción

En los últimos cinco años un problema que se ha generado en nuestro entorno es el decaimiento del consumo de vegetales, tal es el caso de la oca que fue reportado desde el año 2012 (ELproductor.com, 2012), de manera que surge la necesidad de incentivar productos a partir de este, siendo el almidón una de las mejores opciones, debido a que es considerado como una materia prima llamativa por sus características fisicoquímicas, que permite su aplicación en diferentes ámbitos industriales como lo es la producción de alimentos donde cumple un rol como espesante (sopas), formador de gel (gomas), estabilizador coloidal (salsas), entre otras cosas (Guadrón, 2013).

El uso del almidón a escala industrial es muy variado con el tipo de productos manufacturados y fábricas que lo producen, encontrando que los fabricantes de envases, papel, textiles, farmacéuticos y complejos de alimentos utilizan un volumen de almidón alto a bajo, véase Figura 1, siendo la suma total de almidones utilizados alrededor de 2.900 ton (Temesgen, 2018).

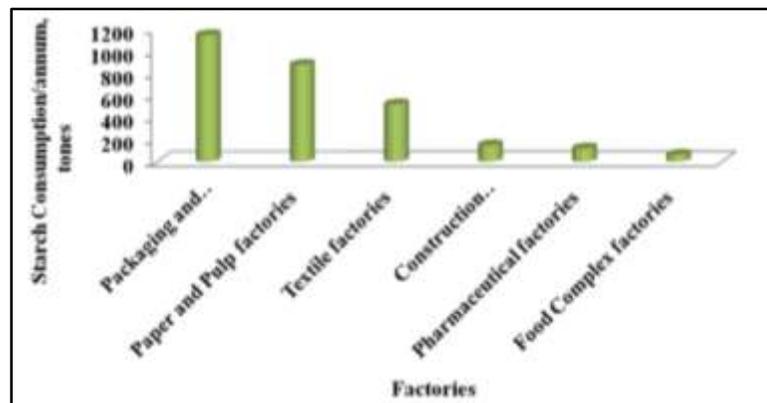


Figura 1. Volumen de almidón utilizado por tipo de fábrica

Fuente: Temesgen (2018)

La calidad del almidón puede verse afectada por el método de obtención (Medina et al., 2010), por lo que la presente investigación tienen como propósito establecer la influencia que tienen el

método seco y el método húmedo en la obtención del almidón de oca. En concreto el presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar cuál es el método más eficiente para la obtención de almidón de oca.

### **1.1 Antecedentes**

Arzapalo, Huamán, Quispe y Espinoza (como se citó en Carrasco & Vásquez, 2018) señala al almidón como un polisacárido más utilizado como ingrediente esencial en la industria alimentaria, por su versatilidad y costo bajo.

Según Guadrón (2013) el almidón representa una de las principales fuentes de energía, además es utilizado en diversas industrias y obtenido de distintas especies vegetales o de almidones degradados químicamente.

A la oca se lo considera como uno de los alimentos más antiguos de los andes y de los más apetecidos por las comunidades andinas por su contenido proteico, carbohidratos, hierro y otros beneficios en la salud (Bazante & Belén, 2015).

Según Huang et al., (como se citó en Arévalo, 2017) debido a que el almidón es un ingrediente funcional en la industria alimenticia, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que existe una demanda insatisfecha, a pesar que de acuerdo con la FAO (2015) se tiene una producción de alrededor de 428 millones de ton/año con una variación del 0,9%.

Por lo anterior se ha considerado el uso de la oca como fuente vegetal para la extracción de almidón. La obtención del almidón se puede realizar mediante método húmedo o método seco, en base a ello se busca determinar cómo influyen estos métodos tanto en el rendimiento como en las características fisicoquímicas del almidón extraído.

## **1.2 El problema de investigación.**

### ***1.2.1 Planteamiento del problema.***

En la actualidad la producción de almidón ha tomado mucha importancia siendo obtenidos por métodos de extracción rápidos y eficientes, convirtiéndose en una de las agroindustrias más importantes a nivel mundial, debido a que permite el uso de cereales, tubérculos, raíces y leguminosas como fuentes de almidón. El almidón con mayor producción es el de maíz seguido del almidón de yuca, mientras que los producidos con un porcentaje aceptable son procedentes de batata, trigo y papa (Guadrón, 2013).

Sin embargo, el uso de los almidones al no solo extenderse a la industria alimentaria sino a otras industrias hacen que la demanda de almidones aumente por lo que surge la necesidad de investigar no solo nuevas fuentes sino de buscar el método de obtención que ayude a generar un producto (almidón), de calidad que pueda competir con los ya conocidos.

Existe una gran influencia en cuanto al método que se emplea para la obtención del almidón, de manera que la eficacia del método se expresa en la calidad del almidón extraído. A lo contrario de lo anterior el método de obtención puede representar una carga financiera, considerando que la producción de almidón representan más de 800 ton al año con un margen de ganancia entre un 40 a 57% sobre el precio de venta (Rodríguez, Ariza, & Afanador, 2014).

El almidón de oca tiene el potencial de ser utilizado como materia prima dentro de varias industrias. En base a esto, la presente investigación busca determinar la influencia que puede tener el método de obtención del almidón mediante la valoración de su rendimiento.

### ***1.2.2 Formulación del problema***

¿Cómo influye el método seco y el método húmedo en la obtención de almidón a partir de la oca?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

- Determinar la influencia de dos métodos distintos en la obtención del almidón utilizando los procesos húmedo y seco para la valoración de su rendimiento.

### ***1.3.2 Objetivo específico***

- Determinar el rendimiento de almidón obtenido mediante el método húmedo y el método seco para establecer la producción más eficiente.
- Caracterizar las muestras de almidón obtenidas por estos dos métodos mediante pruebas de laboratorio para la valoración de sus propiedades fisicoquímicas.
- Determinar las diferencias de los procesos mediante la comparación de los resultados obtenidos para establecer la posible similitud en la influencia de estos dos métodos.

### ***1.3.3 Hipótesis***

Ho: No existirá ninguna diferencia en el rendimiento de los métodos empleados en la obtención del almidón, es probable que la influencia de los dos métodos sea similar.

### ***1.3.4 Justificación de la investigación***

El método, ya sea húmedo o seco, que se emplea en la obtención del almidón puede establecer la calidad del mismo, por lo que la determinación de la influencia del método de obtención concurre en comprobar si existe una diferencia significativa en cuanto al producto final (almidón) de los métodos empleados para la extracción del mismo.

De acuerdo con Arévalo (2017), la producción de almidón de oca en países como el nuestro puede cubrir la demanda de esta materia prima usada en varias industrias, así como también aprovechar productos que han decaído en cuanto a su consumo como es el caso de la oca.

Esto es debido a su renovabilidad, bajo costo, disponibilidad y biodegradabilidad que este ofrece usando materias primas como cereales, tubérculos y raíces para su obtención (Riaño & Guarnizo, 2017).

### ***1.3.5 Limitaciones***

Las limitaciones consideradas en el laboratorio son:

- El uso de los laboratorios se ve impedido por prácticas de docentes y otros egresados.
- Disponibilidad de acceso a los equipos.
- Poca factibilidad para controlar los efectos provocados dentro del laboratorio por terceros.

## Capítulo 2

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Cajamarca & Esther (2010) realizaron la evaluación nutricional de ocas frescas, endulzadas y deshidratadas. En este estudio se determinó la concentración de almidón presente en las distintas muestras obtenidas de los diferentes tratamientos aplicados. Los resultados indicaron que la oca deshidratada presenta mayor contenido de almidón en comparación con los otros procesos. De esta manera se puede corroborar que los métodos empleados en el procesamiento de la oca influyen en las características finales de los productos obtenidos a partir de este tubérculo.

En el estudio de Caiza (2011) se utilizó la oca como materia prima para la elaboración de helado, galleta y confite. Posteriormente, se determinó su potencial nutritivo obteniendo como resultados: 34.44% humedad, 4.6% proteína, 4.1% ceniza, 2.9% fibra, 1.02% extracto etéreo, 47.74% extracto libre no nitrogenado.

López (2017) presentó un trabajo en el cual se considera que una de las características fisicoquímicas del almidón de camote, oca y arracacha., el comportamiento de la partícula en el espectro [FTIR], por lo que dentro de sus resultados ha puesto en manifiesto que los espectros FTIR de todas las muestras de almidón muestran el mismo comportamiento espectral.

En el 2015 se realiza una evaluación de variedades de *Oxalis tuberosa* Molina, el cual demostró que en cuanto a la caracterización de humedad, proteína y fibra la oca amarilla y blanca no presenta diferencia, sin embargo la variedad amarilla presenta un alto nivel de cenizas, que la variedad blanca (Martinez, 2015)

Arévalo (2017) evaluó "las propiedades fisicoquímicas del almidón de oca, el cual presentó un contenido de amilosa de 28.32%, temperaturas de gelatinización de  $52.85 \pm 0.38$  para  $T_o$ ,  $57.09 \pm$

0.17 para  $T_p$  y  $63.05 \pm 0.27$  para  $T_c$  y superficialmente sus gránulos son lisos, sin grietas y con formas ovaladas y poligonales " (p.1).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Almidón

De acuerdo a Riaño y Guarnizo (2017), en la actualidad la importancia del almidón es mayor ya sea como el principal componente dietario del ser humano o como materia prima utilizado por diferentes productos e industrias, siendo algunos ejemplos de estos el papel, farmacéuticos, adhesivos, alimentos, textiles, plásticos, etc.

El almidón es un compuesto formado por dos homopolímeros de diferentes estructuras y de alto peso molecular, los cuales son amilosa contenida en un 20% y soluble en agua, y amilopectina contenida en un 80% e insoluble en agua. De forma general, el almidón se presenta como un polvo blanco hidrofílico (Riaño & Guarnizo, 2017), (Alcoser & Gabriela, 2017).

El tamaño de la partícula del almidón puede variar entre 0.5 a 100  $\mu\text{m}$ , además se presentan en distintas formas como alargadas, esféricas, aplanadas con surco longitudinal, helicoidales, poliédricos y polimórficos (Riaño & Guarnizo, 2017).

En cuanto a los tipos de almidones se muestra un resumen de ellos en la Figura 2.

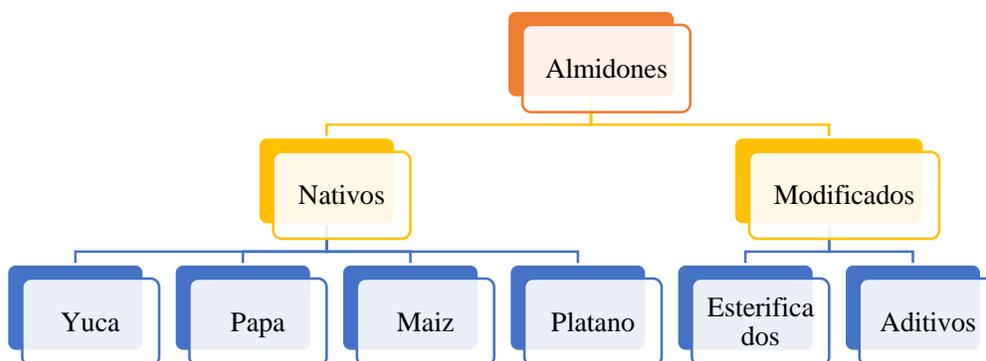


Figura 2. Tipos de almidones.

Fuente: Guadrón (2013).

El mayor problema de la falta de uso del almidón de oca es principalmente la falta de información sobre sus diversas aplicaciones (Véase Tabla 1). Hoy en día el almidón es más aprovechado como antiadherente o adhesivo; sin embargo, la función que más ha denotado es como partidario de una alternativa para plásticos biodegradables (Tecla, 2015).

Tabla 1. *Ventajas y desventajas de usar el almidón como materia prima.*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Segundo biopolímero más abundante.</li> <li>▪ Buenas propiedades mecánicas.</li> <li>▪ Sellable e imprimible sin tratamiento superficial.</li> <li>▪ Barrera a gases como el CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>; así como aromas (semejante al PET y al nylon).</li> <li>▪ Intrínsecamente antiestático.</li> <li>▪ Hidrosoluble.</li> <li>▪ Versátil, ya que se puede modificar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Material muy sensible a la humedad</li> <li>▪ Elevada densidad.</li> <li>▪ Procesado complicado por extrusión.</li> <li>▪ Fragilidad.</li> </ul>

*Fuente: Adaptado de Tecla (2015, p.19)*

### ***2.2.2 Amilosa y Amilopectina***

Jenkins (Alcázar-Alay & Meireles, 2015) señala que la amilosa y la amilopectina pueden organizarse en una estructura semicristalina que forma una matriz de gránulos de almidón con material amorfo (amilosa) y cristalina (amilopectina).

Guadrón, (2013) indica que la amilosa determina las características de gelatinización del almidón y la amilopectina su viscosidad. Más características de estos dos compuestos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Características de la amilosa y amilopectina.*

<b>Amilosa</b>	<b>Amilopectina</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Constituida por cadenas largas no ramificadas en forma de hélice.</li> <li>▪ Compuesta de aproximadamente de 200 a 20000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos <math>\alpha</math>-1,4.</li> <li>▪ Muchas moléculas de amilosa tienen ramificaciones <math>\alpha</math>-D-1,6, aproximadamente entre 0.3% y 0.5% del total de los enlaces.</li> <li>▪ Su estructura es helicoidal no ramificada, responsable del color azul que adquiere con el yodo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Componente más ramificado del almidón.</li> <li>▪ Constituida por aproximadamente 12 unidades de glucosa que aparecen en promedio cada 20 a 25 unidades de glucopiranosas.</li> <li>▪ Formándose a través de residuos de cadenas <math>\alpha</math>-D-glucopiranosas unidos principalmente por enlaces (1,4), pero con el 5-6 % de enlaces (1,6) en las ramificaciones.</li> <li>▪ Estas cadenas son responsables de coloración roja en presencia de yodo.</li> </ul>

*Fuente:* Adaptado de Riaño & Guarnizo (2017, p.27) y Guadrón (2013, p.36).

### **2.2.3 Oca (*Oxalis tuberosa* Molina)**

De acuerdo con Cárdenas (Palate, 2012) la primera descripción botánica fue realizada por el jesuita Giovanni Molina en 1810, donde se describe como una planta compacta y perenne, que alcanza una altura de 20 y 30 cm<sup>-1</sup>, con tallos cilíndricos que varía desde color amarillo y verde a morado-rojo. Su apariencia se asemeja a una zanahoria corta y arrugada, firme, de carne blanca y siendo la mayoría de las variedades de un sabor ligeramente ácido.

Además, Caiza (2011) indica que: "la oca es el tubérculo más cultivado después de la papa siendo muy parecido a este, creciendo principalmente en los Andes de Perú, Ecuador y Bolivia a 2.800 y 4.000 msnm. Se clasifica en blanca, vicunda, amarilla y mareña" (p.7).

Según León, Villacorta y Pagador (Alcoser & Gabriela, 2017) actualmente el cultivo de oca constituye una amplia posibilidad para la alimentación, la agroindustria y el comercio internacional a pesar de ser muy poco conocida, por la es capaz de representar una significativa fuente de recursos agrícolas.

De acuerdo a Brito et al., (Alcoser & Gabriela, 2017) el cultivo de oca se extiende en nuestro país principalmente en la Sierra Ecuatoriana entre 2000 y 4000 msnm. En cuanto a producción existe una disminución al comparar los años 2001 y 1994 con 1861 toneladas y 3487 toneladas respectivamente.

#### ***2.2.4 Rendimiento***

Acorde a Betancur-Ancona et al., Espín et al. y Hurtado (como se citó en Hermosa, 2013), el rendimiento depende del método usado para su extracción, del tamaño del tubérculo, del tamaño de los gránulos y se expresa en porcentaje como el cociente multiplicado por 100.

#### ***2.2.5 Tamaño de la partícula***

De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (como se citó en Guadrón, 2013) el tamaño del almidón varía de acuerdo a la industria donde se usa. En el caso de la industria de alimentos se indica que el almidón debería pasar un tamiz de 75  $\mu\text{m}$ .

Algunos términos recomendados sobre las partículas en forma de polvo por la Farmacopea Británica se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. *Términos recomendados sobre las partículas en forma de polvo.*

<b>Tamaño de partícula</b>	<b>Pasan la Malla</b>	<b>No más del 40% pasan la malla</b>
Gruesos	10	44
Moderadamente gruesos	22	60
Moderadamente finos	44	85
Finos	85	
Muy finos	120	

*Fuente:* Rico (como se citó en Guadrón, 2013, p.56).

### **2.2.6 Forma del almidón**

Tanto el tamaño y la forma del almidón son capaces de ser reconocidos mediante sus gránulos, debido a que estos aspectos están relacionados a su fuente de obtención (Hermosa, 2013; Guadrón, 2013). Como se evidencia en la Tabla 4, la forma del gránulo del almidón varía según la materia prima utilizada para extraerlo.

Tabla 4. *Forma de los gránulos de almidón.*

<b>Tubérculo</b>	<b>Forma</b>
Oca	Ovoidal
Meloco	Ovoidal
Mashua	Esférica
Miso	Esférica
Zanahoria blanca	Esférica
Papa	Ovoidal

*Fuente:* Adaptado de Espín et al. (como se citó en Hermosa, 2013, p.17)

### ***2.2.7 Porcentaje (%) de cenizas.***

Lucero (como se citó en Cajamarca & Esther, 2010) señala que la determinación de cenizas permite expresar el porcentaje de minerales que se encuentran presentes en un producto. Además da a conocer características de la calidad comercial del producto al revelar la presencia de adulterantes.

Según CEMPRE (como se citó en Cano, 2016) durante la incineración existen dos tipos diferente de cenizas: ceniza de fondo y ceniza suspendida. La primera constituye del 70 al 90% de la ceniza producida y la segunda es un material ligero que queda suspendido en el gas de combustión pendida.

### ***2.2.8 Determinación de pH***

Cajamarca y Palate (como se citó en Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017) señalan que el pH es indicador sobre el estado general del producto puesto que interviene en varios procesos que dan estabilidad y evitan la proliferación de microorganismos. A partir de esto, se deduce que si el almidón de oca presenta un pH bajo, las posibilidades de contaminación por microorganismos son menores.

Al pH se lo puede establecer colorimétricamente, con el uso de indicadores adecuados. Sin embargo, la utilización de un método eléctrico como el pH-metro, otorga una mayor exactitud (Vargas, Martínez, & Velezmoro, 2016).

### ***2.2.9 Temperatura de Gelatinización***

Una característica física del almidón es su temperatura de gelatinización y su mecanismo de acción sobre las moléculas de almidón se detalla a continuación.

Los gránulos del almidón no son solubles en agua fría; sin embargo, pueden ser reversiblemente absorbidos en agua e hincharse ligeramente... Al aumentar la temperatura,

las moléculas de almidón vibran en mayor vigorosidad, rompiendo enlaces intermoleculares y permitiendo el atrapamiento de las moléculas de agua con acción de puentes de hidrógeno. La penetración del agua y la separación de grandes segmentos de las cadenas de almidón ocurren en forma al azar, disminuyendo así las regiones cristalinas en número y tamaño. (Guadrón, 2013, p.183)

#### ***2.2.10 Capacidad de hinchamiento***

Aguilera (como se citó en Bernabé Meza & Cancho Mallma, 2017) señala que “la capacidad de hinchamiento está relacionada con la amilopectina y a pequeñas cantidades de carbohidratos, principalmente de almidón y a las uniones del agua con las proteínas solubles...y linealmente aumenta con el calor de gelatinización y descende con el contenido de amilosa” (p.10).

#### ***2.2.11 Complejo iodo-almidón***

La reacción entre el yodo y el almidón se basa en la reacción que tiene la amilosa al otorgar el color azul de manera que permite detectar al almidón (Quimitube, 2014).

El almidón está compuesto por amilosa y amilopectina, la primera tiene enlaces en forma de hélices más largas permitiendo que las moléculas de yodo se junten y den un color azul oscuro, siendo lo contrario en la amilopectina que por su estructura más corta no permite la unión dando una coloración anaranjada o amarilla (Aguilar, Carrillo, Díaz, Parreño, & Vallejo, 2014).

Por lo que se puede decir que la coloración que permite la detección del almidón es otorgada por la amilosa (Quimitube, 2014).

### ***2.2.12 Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH).***

De acuerdo con Aristizábal, Mejía y Sánchez (como se citó en Guadrón, 2013) el IAA, el ISA y el PH se miden según la capacidad que presenta el gránulo del almidón para absorber agua y exudar fracciones del mismo frente a cambios de temperatura.

Leach et al., (como se citó en Hermosa, 2013) estudiaron el PH e ISA de los almidones de diversas especies vegetales, hallando que el PH e ISA dependen de la especie vegetal del que proviene el almidón debido a sus enlaces de hidrogeno.

### ***2.2.13 FTIR (Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier)***

Se puede decir que este proceso funciona mediante los movimientos y enlaces covalentes que contiene cada uno de los compuestos químicos generando una luz, misma que no es visible para nosotros, pero si para el equipo. El momento que el infrarrojo actúa a través de un diamante y la luz pasa por el mismo genera unos interferogramas, es decir se producen señales que da el equipo para poder ver la composición del compuesto de interés, y estos interferogramas pasan al equipo y se forman espectros, mismos que actúan mediante una medición de números de ondas en relación con la absorbancia (Torres Becerril, Carmona García, & Aguirre Cruz, 2015), (Arévalo, 2017).

En la Figura 3 se puede apreciar las regiones básicas del espectrofómetro que permiten identificar el espectro de las partículas.

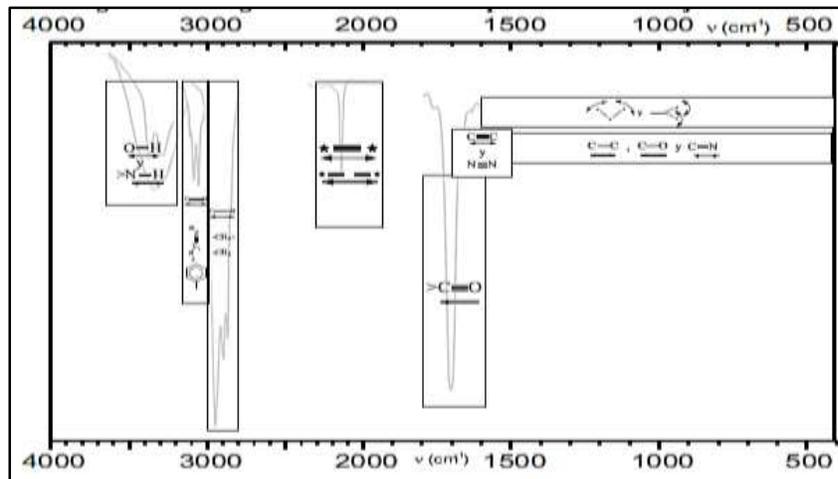


Figura 3. Regiones básicas de un espectro de infrarrojo.

Fuente: Callejas Francisco (2015)

## 2.3 Definiciones de términos básicos

### 2.3.1 Método seco

Se basa en la obtención del almidón a partir del secado material vegetal que es sometido a operaciones pequeñas que se llevan a cabo para la obtención del producto final (Cobana, 2012).

### 2.3.2 Método húmedo

Este método necesita la reducción del tamaño del material de interés usando un medio líquido, que va a facilitar la eliminación de componentes que son relativamente más grandes (Valderrama, 1997).

### 2.3.3 FTIR

(«FTIR Spectroscopy Basics | Thermo Fisher Scientific» EC», s. f.) y Arévalo (2017), se produce cuando la radiación de infrarrojos alcanza una muestra, parte de la radiación es absorbida por la muestra y la transmite.

### **3. Marco metodológico**

#### **3.1 Nivel de investigación**

Se utiliza un tipo de investigación explicativa puesto que se busca determinar una relación causa-efecto entre el método de extracción del almidón a partir de oca y su rendimiento obtenido.

#### **3.2 Diseño de investigación**

El diseño a seguir es de tipo experimental, ya que los almidones son obtenidos mediante dos tratamientos diferentes (método húmedo y método seco).

#### **3.3 Variables**

El presente trabajo tiene variables cuantitativas de tipo continua, ya que se necesita expresar los resultados en valores numéricos fraccionados o decimales.

Según su función en una relación causal se considera como:

Independientes: Proceso empleado para la obtención de almidón.

Dependientes: Rendimiento del almidón obtenido.

Intervinientes: Variedad de oca usada.

Extrañas: Zona geográfica donde se ha dado el material de cultivo es decir la oca.

#### **3.4 Población y muestra**

La población que se utiliza fue accesible. La muestra fue tomada de un mercado en Cañar, donde se compraron 20 kilogramos de oca, de los cuales se utilizaron diez kilogramos para cada método.

#### **3.5 Técnicas e instrumentos de investigación**

Para el presente trabajo se utilizó un diseño de investigación documental para conformar el marco teórico, usando técnicas de análisis documental y empleando como principal instrumento

la computadora en donde se almacenó la información digital recolectada a partir de bases de datos como Scopus, Scielo, y Google Académico.

En cuanto a la parte experimental, se empleó un diseño de investigación de campo usando técnicas de observación no estructurada. Los principales instrumentos utilizados fueron un diario de campo y una cámara fotográfica donde se registraron todos los resultados obtenidos.

### **3.6 Técnicas de procesamiento de datos**

Los datos obtenidos en el presente trabajo se compararon bajo un Diseño Completamente al Azar y posteriormente se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey.

## Capítulo 3

### 4. Materiales y Métodos

#### 4.1 Fase de obtención de almidón

##### 4.1.1 Método seco

Se usa como base el procedimiento usado por Carrasco & Vásquez (2018) presentado en las Figuras 4 y 5.

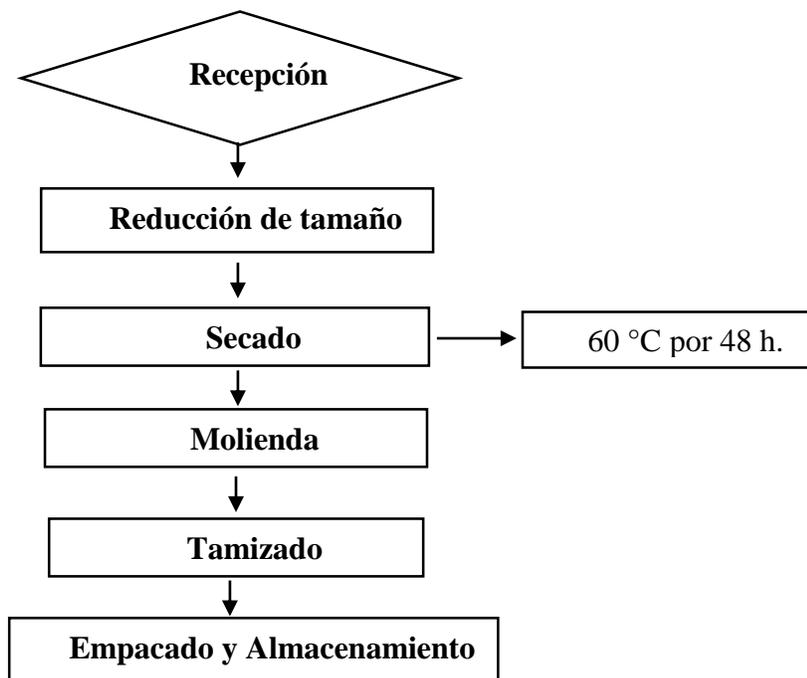
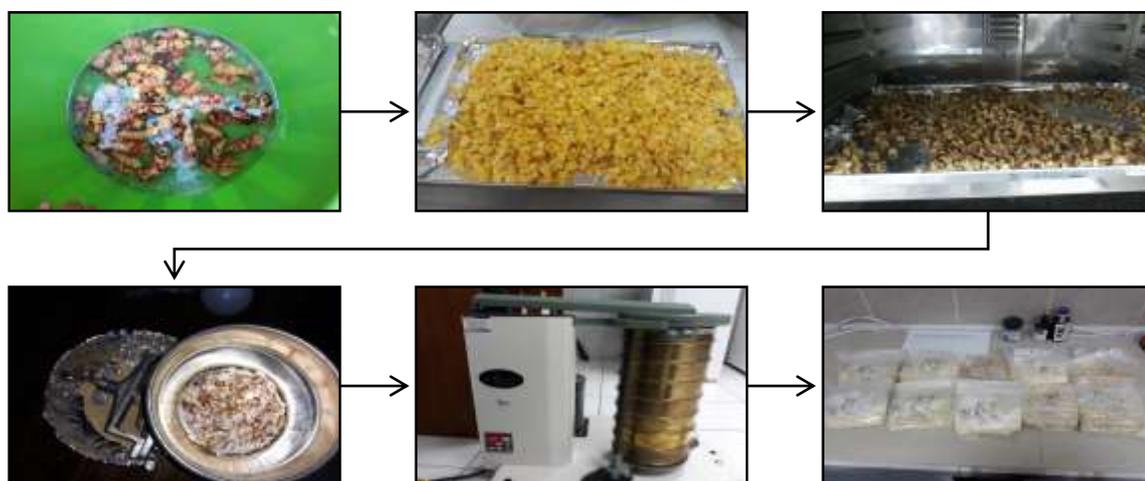


Figura 4. Diagrama de flujo de la extracción de almidón.

Fuente: Adaptado de Carrasco & Vásquez (2018)

- **Recepción de la materia prima:** Para la investigación se utilizó la oca fresca y de buena calidad. Posteriormente, se procedió a la selección y limpieza de la muestra con agua hirviendo y cepillo.
- **Reducción del tamaño:** se realiza un rebanado a la muestra ya preparada con un cuchillo para facilitar el secado.

- **Secado:** Se procede a secar a 60 °C por un tiempo de 48 horas o hasta que el fruto este completamente seco.
- **Molienda:** Una vez secado la muestra, esta se somete a trituración mediante un molino para obtener la harina, este proceso debe hacerse por 3 horas para evitar que la muestra tome humedad.
- **Tamizado:** Se llevó a cabo haciendo pasar los tamices por malla de 30 U.S., 60 U.S., 80 U.S., 100 U.S., 200 U.S., y 325 U.S.
- **Empacado y Almacenado:** El almidón extraído es empacado en fundas con sello hermético y se almacenan en un lugar seco donde no exista humedad.

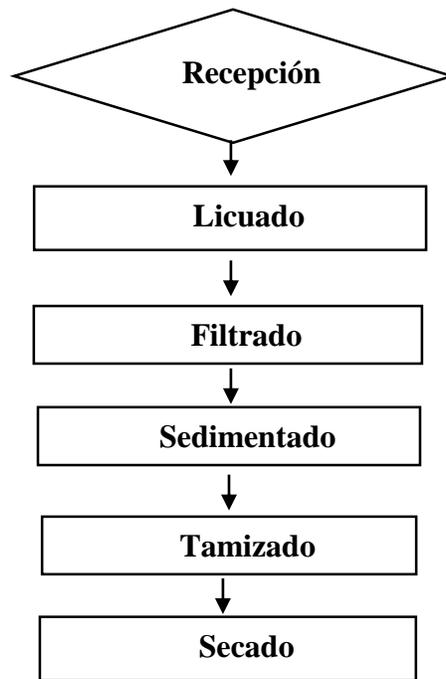


*Figura 5.* Proceso de obtención de almidón método seco.

*Fuente:* Autor.

#### **4.1.2 Método húmedo**

Se usa como base el procedimiento usado por Hermosa (2013), presentado en las Figuras 6 y 7.

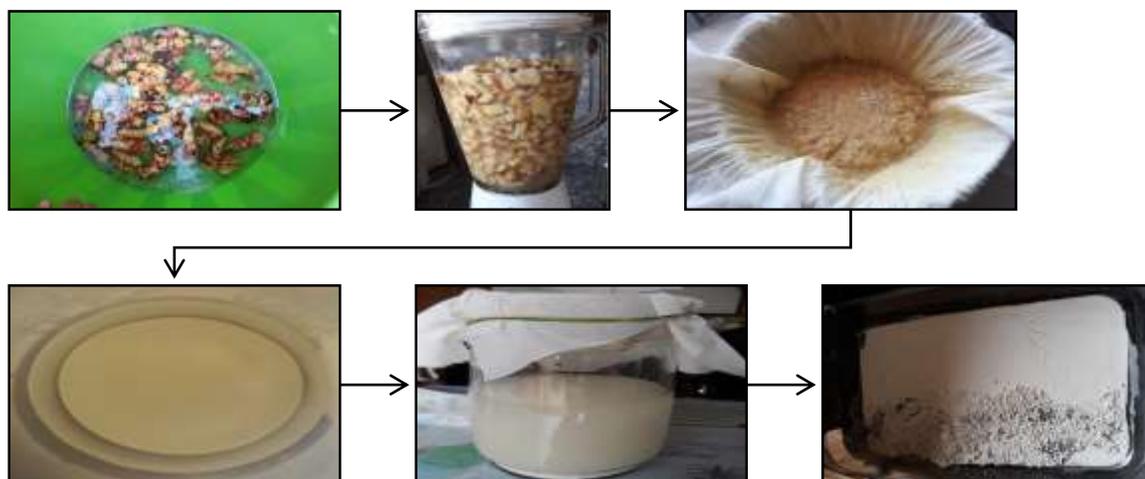


*Figura 6.* Diagrama de flujo de la extracción de almidón.

*Fuente:* Autor

- **Recepción:** Al igual que en el proceso anterior se realiza la obtención de la oca, para dar paso a la selección y limpieza de la muestra con agua y un cepillo eliminando las impurezas de forma manual con abundante agua.
- **Licuado:** En esta operación se realiza un rebanado a la muestra para luego ser reducido a mayor medida por una licuadora añadiendo agua para facilitar la operación.
- **Filtrado:** Se tamiza la mezcla mediante un filtro de tela (lienzo), se añade abundante agua exprimiendo para remover y diluir el almidón.
- **Sedimentación:** Durante tres horas se deja reposar el filtrado, posteriormente se enjuaga el precipitado y se deja sedimentar nuevamente.
- **Tamización:** el almidón lavado se tamiza por segunda vez eliminando los últimos restos de la fibra. Se deja sedimentar por 3 horas para luego eliminar el sobrenadante.

- **Secado:** luego se lleva a la estufa a 30 °C por dos días. Posteriormente se muele y se almacena en fundas ziploc.



*Figura 7. Proceso de obtención de almidón método húmedo*

*Fuente: Autor.*

## 4.2 Fase de rendimiento y caracterización del almidón

### 4.2.1 Rendimiento

Se determina el rendimiento usando el cálculo ( expresado en %) utilizado por Hanco (como se citó en Hermosa, 2013) donde:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de almidon}}{\text{Peso de materia prima}} \times 100$$

### 4.2.2 Caracterización

#### 4.2.2.1. Identificación del tamaño de la partícula

- Instrumentos de laboratorio:
  - Tamices de 100 U.S., 200 U.S., y 325 U.S.
- Equipo:
  - Agitador Magnético

- Balanza analítica.
- Equipo de Tamizaje.
  - Reactivos:
    - Almidón de oca (M.H.)
    - Almidón de oca (M.S.)
  - Proceso:
    - Para identificar el tamaño de la partícula se desarrolla una determinación experimental utilizada por Guadrón (2013), considerando un rango de 45 a 75  $\mu\text{m}$  (Véase Tabla 5 y Figura 8).

Tabla 5. *Tamices usados para la identificación del tamaño de almidón.*

<b>Tamaño</b>	<b>75</b>	<b>45</b>
<b>Malla</b>	200	325

Fuente: Guadrón (2013)



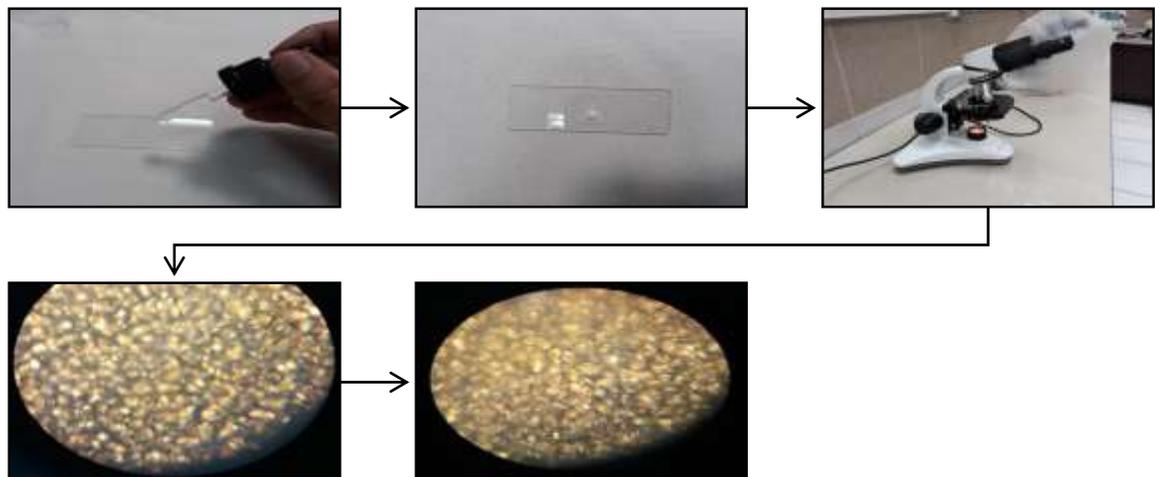
Figura 8. Proceso de tamización.

Fuente: Autor.

#### 4.2.2.2. *Forma del almidón*

- Instrumentos de laboratorio:
  - Gotero

- Porta objetos.
- Cubre objetos.
- Equipo:
  - Microscopio.
  - Balanza analítica.
- Reactivos:
  - Agua destilada
  - Almidón de oca (M.H.)
  - Almidón de oca (M.S.)
- Proceso:
  - La forma del almidón de oca se determinó en base a los trabajos de Rodríguez et al., (2014) y Munsibay & Rojas (2012): se coloca una gota de agua destilada en un portaobjetos dentro de la cual se agrega la muestra de almidón y se la observa con el aumento 40X (Véase Figura 9).



*Figura 9.* Proceso de observación en el microscopio.

*Fuente:* Autor.

#### 4.2.2.3. Cenizas

- Instrumentos de laboratorio:
  - Crisoles de porcelana.
  - Pinzas para crisol.
  - Espátula.
- Equipo:
  - Balanza analítica.
  - Desecador.
  - Mufla.
- Reactivos:
  - Almidón de oca (M.H.)
  - Almidón de oca (M.S.)
- Proceso:
  - Se emplea el proceso establecido por la AOAC, 2000 (como se citó en FAO, 2015) en el cual se pesa 1 g de almidón en un crisol de porcelana, se lo incinera en la mufla a 500°C por tres horas y media, luego se deja enfriar (Véase Figura 10) y se calcula las cenizas usando la ecuación dada por la AOAC, 2000 (como se citó en FAO, 2015, p.91):

$$Cenizas(\%) = \frac{Peso\ de\ las\ cenizas(g) \times 100}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)}$$



*Figura 10.* Proceso de determinación de cenizas.

*Fuente:* Autor.

#### 4.2.2.4. pH

- Instrumentos de laboratorio:

- Vasos de precipitado de 100 mL.
- Varilla de vidrio.
- Espátula.

- Equipo:

- Balanza analítica.
- pH metro.

- Reactivos:

- Buffer.
- Agua destilada.
- Almidón de oca (M.H.)
- Almidón de oca (M.S.)

- Proceso:
  - Se mide usando la técnica empleada por Adeleke y Odedeji (como se citó en Arévalo, 2017), en base a esta técnica se tomó 10 g de muestra de almidón, se homogenizó en 50 mL de agua destilada y se midió el pH con un potenciómetro previamente estandarizado con soluciones tampón (pH 4,0 y 7,0) (Véase Figura 11).



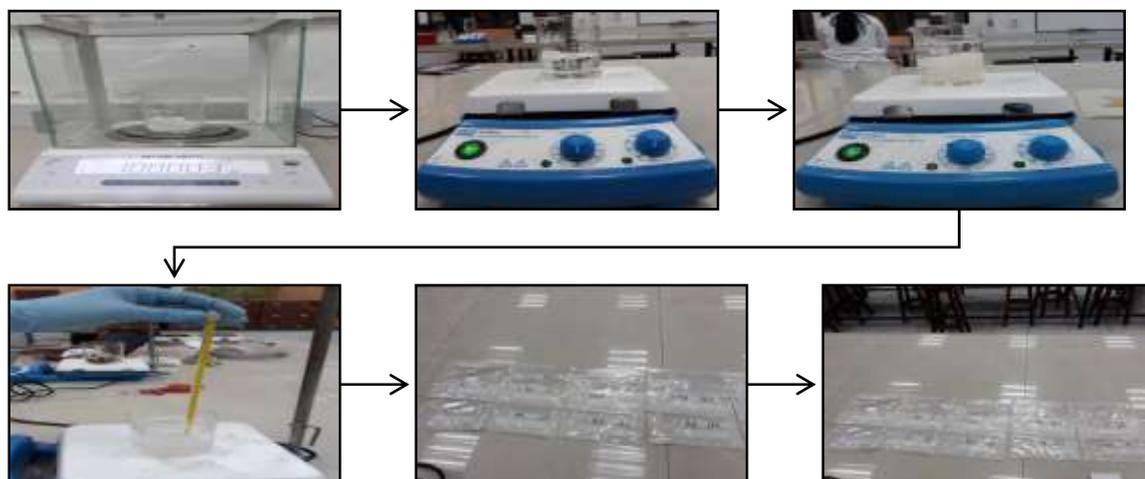
*Figura 11.* Proceso de determinación de pH.

*Fuente:* Autor.

#### 4.2.2.5. *Temperatura de gelatinización*

- Instrumentos de laboratorio:
  - Vasos de precipitados de 250, 100 y 50 mL
  - Pinzas.
  - Termómetro.
  - Varilla de vidrio.
  - Espátula.
- Equipo:
  - Balanza analítica.
  - Agitador magnético.
- Reactivos:
  - Agua destilada

- Almidón de oca (M.H.)
- Almidón de oca (M.S.)
- Proceso:
  - El método empleado es de Grace (como se citó en FAO, 2015), se disolvió en agua destilada una muestra de 10 g de almidón y se aforó hasta los 100 mL. Se tomó 50 mL de la solución preparada y se calentó a baño María agitando hasta formar una pasta y alcanzar una temperatura estable por varios segundos (Véase Figura 12).



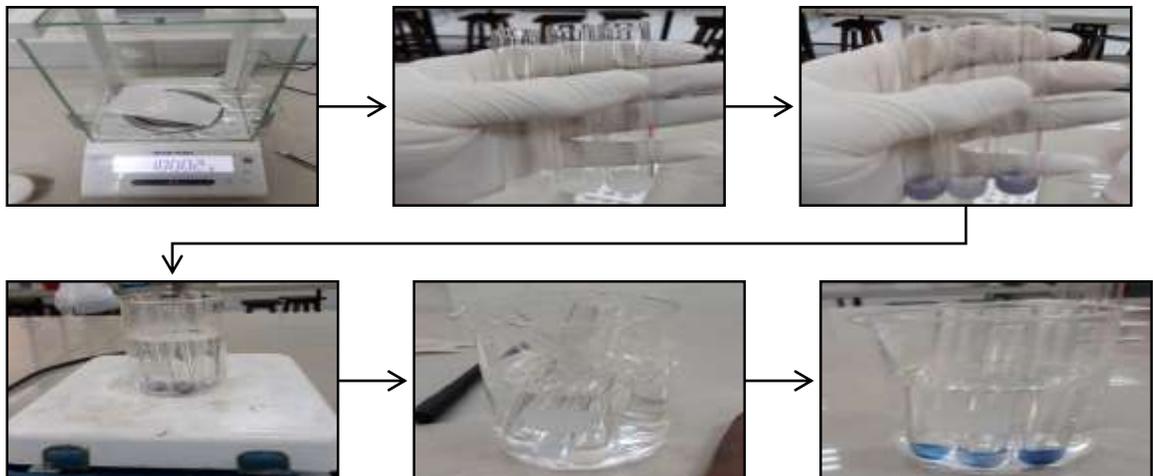
*Figura 12.* Proceso de determinación de temperatura de gelatinización.

*Fuente:* Autor.

#### 4.2.2.6. Prueba de yodo

- Instrumentos de laboratorio:
  - Tubos de ensayo.
  - Vasos de precipitación de 100 y 250 mL.
  - Pipeta de 5 mL.
- Equipo:
  - Balanza analítica.

- Agitador Magnético
- Reactivos:
  - Lugol.
  - Almidón de oca (M.H.)
  - Almidón de oca (M.S.)
  - Agua destilada.
- Proceso:
  - Se realiza el método empleado por Aguiet et al., (2014) y Jhoana Parreño, (2014): Se colocó 1 mL de almidón y 1 mL de agua en tubos de ensayo diferentes, posteriormente se agregó dos gotas de solución de yodo-lugol a cada uno y se observó el resultado. El tubo con la muestra de almidón y solución de yodo adquirió un color azul oscuro, el cual fue expuesto al calor para que se decolore, luego se enfrió para que recupere el color azul y de esta manera se registró el tiempo que tardó en regresar a su coloración anterior (Véase Figura 13).



*Figura 13.* Proceso de prueba de yodo.

*Fuente:* Autor.

4.2.2.7. *Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH).*

▪ Instrumentos de laboratorio:

Vaso de precipitado.

Probeta.

Tubos falcón.

Crisoles.

Espátula.

▪ Equipo:

Balanza analítica.

Baño María.

Centrifugadora.

Estufa

▪ Reactivos:

Agua destilada

Almidón de oca (M.H.)

Almidón de oca (M.S.)

▪ Proceso:

Se determinó con el método usado por Anderson et al., (como se citó en Hermosa, 2013): se agregó 1.25 g de almidón y 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C en tubos Falcon previamente pesados. Se calentó en baño María a 60 °C por 30 minutos y se centrifugó a 3750 RPM por 30 minutos. Se decantó el sobrenadante y se colocó en un vaso

de precipitado. Finalmente, se pesó el tubo Falcon con el gel, se colocó en una estufa a secar al sobrenadante durante 18 horas a 70 °C (Véase Figura 14).

Los cálculos se desarrollan mediante las siguientes ecuaciones:

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra}}$$

:

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}(g) \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

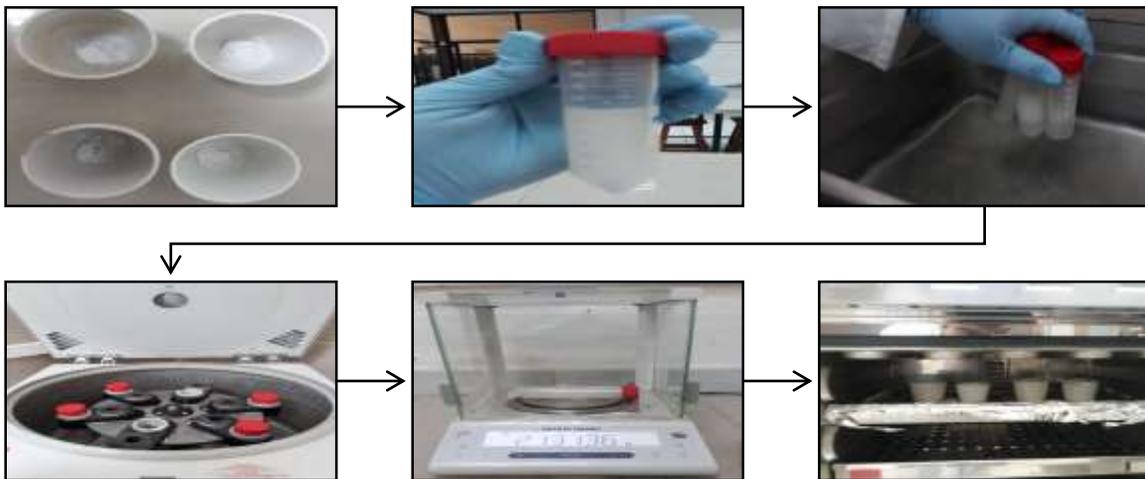


Figura 14. Proceso de determinación de IAA, ISA y PH.

Fuente: Autor.

#### 4.2.2.8. FTIR

- Instrumentos de laboratorio:

Espátula.

- Equipo:

FTIR, espectrofotómetro Nicolet iS10

- Reactivos:

Almidón de oca (M.H.)

Almidón de oca (M.S.)

- Proceso:

Los espectros FTIR de los almidones obtenidos se realizó mediante el uso de un espectrofotómetro Nicolet iS10. Los números de ondas que puede medir este equipo es de 400 a 4000, y cada uno de los picos que mide es característico de cada grupo funcional (Figura 15).



*Figura 15.* Proceso de análisis del equipo FTIR.

*Fuente:* Autor.

### **4.3 Fase de comparación de resultados**

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó en el programa Minitab 16, tal como se puede apreciar en los Anexo B, Anexo D, Anexo F, Anexo H, Anexo J, Anexo L, Anexo N.

## Capítulo 4

### 5. Resultados

#### 5.1 Rendimiento

El rendimiento obtenido por el método seco es 8.16%, mientras que por el método húmedo es 5.99%, con una diferencia del 2.17% (véase Figura 16 y Anexo 6).



Figura 16. Rendimiento obtenido de los métodos húmedo y seco.

Fuente: Autor.

La prueba ANOVA, indica que entre los dos tratamientos existe una diferencia significativa en cuanto al rendimiento obtenido del almidón de oca debido a las diferencias que presentan los métodos empleados para la obtención del almidón. Esto se da principalmente por que la F calculada es mayor a la F crítica por lo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza y alternativa ( $H_a$ ) se acepta, siendo la  $H_0$  la que nos señala que la media de los tratamientos son iguales y  $H_a$  indica que la media de los tratamientos, son diferente (véase Figura 17 y Anexo D).

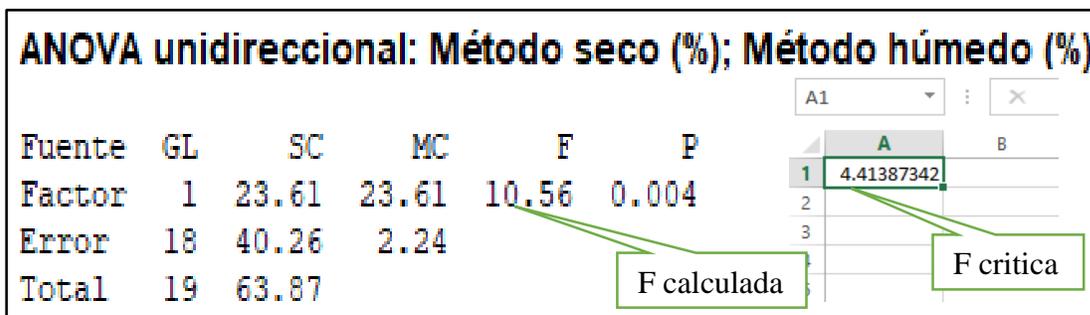


Figura 17. Comparación de F calculada y F crítica del rendimiento.

Fuente: Autor.

La comparación de Tukey (véase la Figura 18 y Anexo D), señala que la media obtenida por el método seco es de 8.16%. Esta media es superior a la que se obtuvo en el método húmedo de 5.99%, por lo que no comparten una misma letra mostrando que no hay una diferencia significativa.

Agrupar información utilizando el método de Tukey			
	N	Media	Agrupación
Método seco (%)	10	8.166	A
Método húmedo (%)	10	5.993	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 18. Prueba de Tukey sobre el rendimiento.

Fuente: Autor.

## 5.2 Tamaño de la partícula.

La FAO (2015) recomienda el uso de un tamiz con malla 100 en base a esto se obtuvieron los resultados presentados en las Tabla 6 y Tabla 7. Por lo que los métodos empleados para la obtención del almidón presentan un tamaño de partícula que está entre 75-45  $\mu\text{m}$ , siendo sólo el método seco el que presenta partículas más finas de almidón, ya que estas no solo pasaron por los tamices propuestos en esta investigación de 200 y 325, sino que también traspasó hasta la base indicando una posibilidad de uso en las industrias ya señaladas en el punto 2.2.5.

De manera que en el método seco se empleó el tamiz N° 200 y se obtuvo 29.31% de almidón, el N° 325 obteniendo 37.12% de almidón y la base con 25.30% de almidón. Por otro lado, en el método húmedo se usaron los tamices N° 200 y N°325 obteniendo 67.23% y 32.77% de almidón, respectivamente (véase Anexo A).

Tabla 6. Datos obtenidos en la identificación del tamaño de almidón del método seco.

N° Tamiz	μm	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)	M7 (g)	M8 (g)	M9 (g)	M10 (g)
200	75	11.46	14.99	15.13	12.85	13.38	23.66	16.07	46.76	12.79	21.44
325	45	55.9	47.09	19.76	51.08	27.37	56.33	13.63	41.3	10.91	39.98
Base	-	8.26	12.29	28.04	12.19	25.05	4.13	51.63	4.85	40.02	20.4

Fuente: Autor.

Tabla 7. Datos obtenidos en la identificación del tamaño de almidón del método húmedo.

N° Tamiz	μm	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)	M7 (g)	M8 (g)	M9 (g)	M10 (g)
200	75	59.89	37.32	20.32	44.56	36.37	60.27	35.35	35.67	39.22	39.58
325	45	13.57	24.97	4.65	0.71	9.05	34.24	19.38	31.5	27.23	25.45
Base	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autor.

La prueba ANOVA y Tukey, indica una diferencia significativa en las pruebas realizadas tanto de los tamices de números 200 y 325. Esto se puede apreciar porque la F calculada es mayor a la F crítica, por lo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza y la alternativa ( $H_a$ ) se acepta, indicando que la media de los tratamientos son diferentes (véase Figura 19 y 20 y Anexo A).

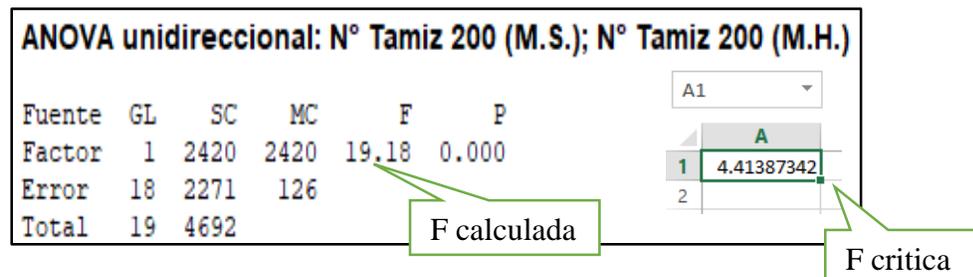


Figura 19. Comparación de F calculada y F crítica de los datos partícula del tamiz de 200.

Fuente: Autor.

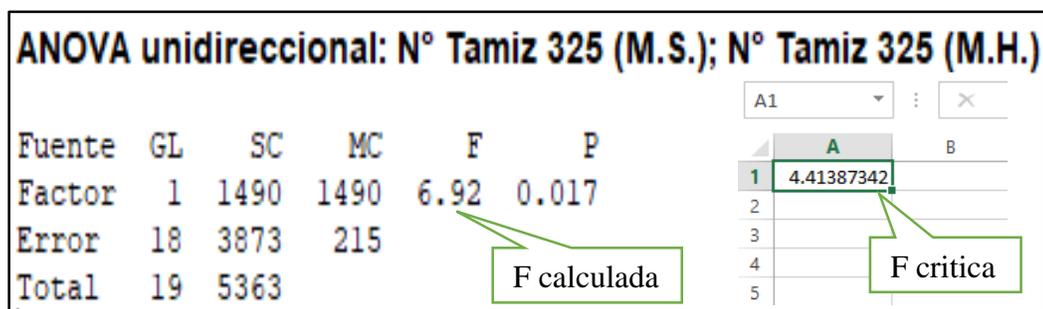


Figura 20. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del tamaño de la partícula del tamiz de 325.

Fuente: Autor.

En la comparación de Tukey (véase Figura 21 y Anexo B) se expone que la media obtenida por el método seco es de 40.86%, siendo superior a la media del método húmedo que es de 18.85%, siendo que no pueden ser agrupados con una misma letra. Esto confirma que hay una diferencia significativa. Siendo el mismo caso que muestra la Figura 22 y Anexo B, donde la media del método seco es de 36.34% y el método húmedo es de 19.07%.

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
N° Tamiz 200 (M.H.)	10	40.86	A
N° Tamiz 200 (M.S.)	10	18.85	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 21. Prueba de Tukey sobre el Tamiz de 200.

Fuente: Autor.

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
N° Tamiz 325 (M.S.)	10	36.34	A
N° Tamiz 325 (M.H.)	10	19.07	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 22. Prueba de Tukey sobre el Tamiz de 325.

Fuente: Autor.

### 5.3 Forma del almidón.

Se observa en el microscopio las mismas formas de gránulo para las diez muestras de cada método empleado para su obtención (véase Figuras 23 y 24).

El almidón de oca obtenido por el método seco como por el método húmedo presentan una forma ovoide con algunos de forma redondea.



Figura 23. Forma de almidón del método seco.

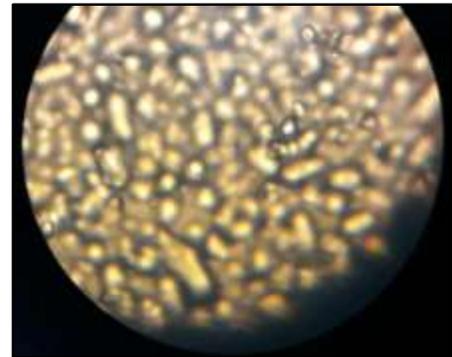


Figura 24. Forma de almidón del método húmedo.

Fuente: Autor.

Fuente: Autor.

### 5.4 Determinación del % cenizas.

El porcentaje de cenizas en el almidón de oca obtenido por el método húmedo fue menor al del método seco (Véase Figura 25). Esta diferencia podría deberse a que las muestras del método seco perdieron una cierta cantidad de agua, presentando mayor concentración.

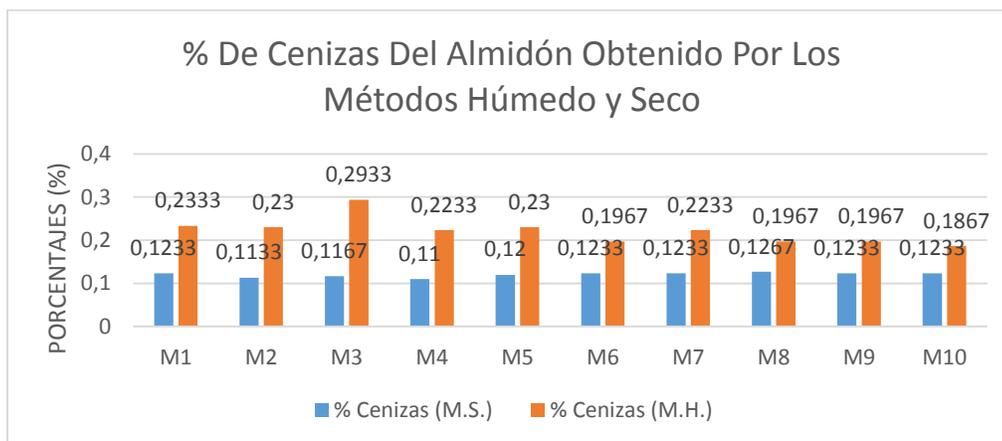


Figura 25. Porcentaje de cenizas de las muestras de almidón.

Fuente: Autor.

En la Figura 26, se puede apreciar que F calculada posee un valor muy superior a la F crítica, aceptando la hipótesis alternativa ( $H_a$ ). Esto indica que la media de los tratamientos es diferente, de manera que existe una diferencia altamente significativa en cuanto al porcentaje de cenizas de estos dos tratamientos, véase Anexo F.

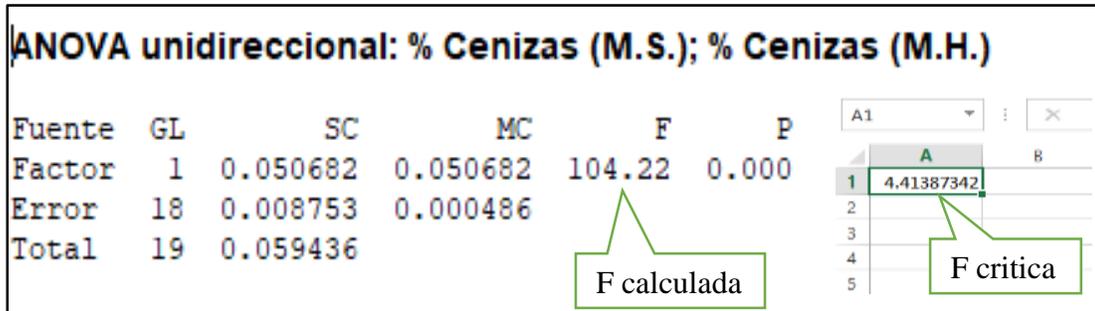


Figura 26. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del % de cenizas.

Fuente: Autor.

La comparación de Tukey, señala que la media obtenida por el método seco es de 0.221%, mientras que el método húmedo es de 0.12032%, de manera que no comparten una misma letra tal como se puede ver en la Figura 27 y Anexo F, existe una diferencia significativa.

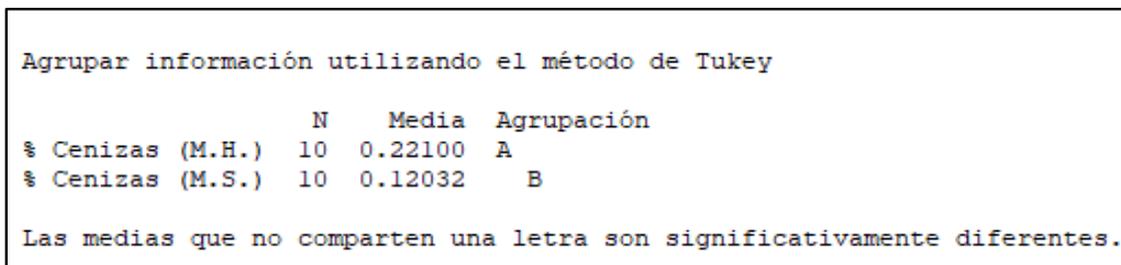


Figura 27. Prueba de Tukey sobre del % de cenizas.

Fuente: Autor.

## 5.5 Determinación de pH

De acuerdo a los datos mostrados en la Figura 28, el pH obtenido por el método húmedo es más bajo que el obtenido por el método seco. Los valores de pH obtenidos por los dos métodos concuerdan con los del almidón de yuca y maíz expuestos en la Tabla 8.

Tabla 8. Cuadro comparativo de pH del maíz y yuca

Almidón	pH
Maíz	5.0 - 7.0
Yuca	6.0 - 6.5

*Fuente:* Guadrón (2013).

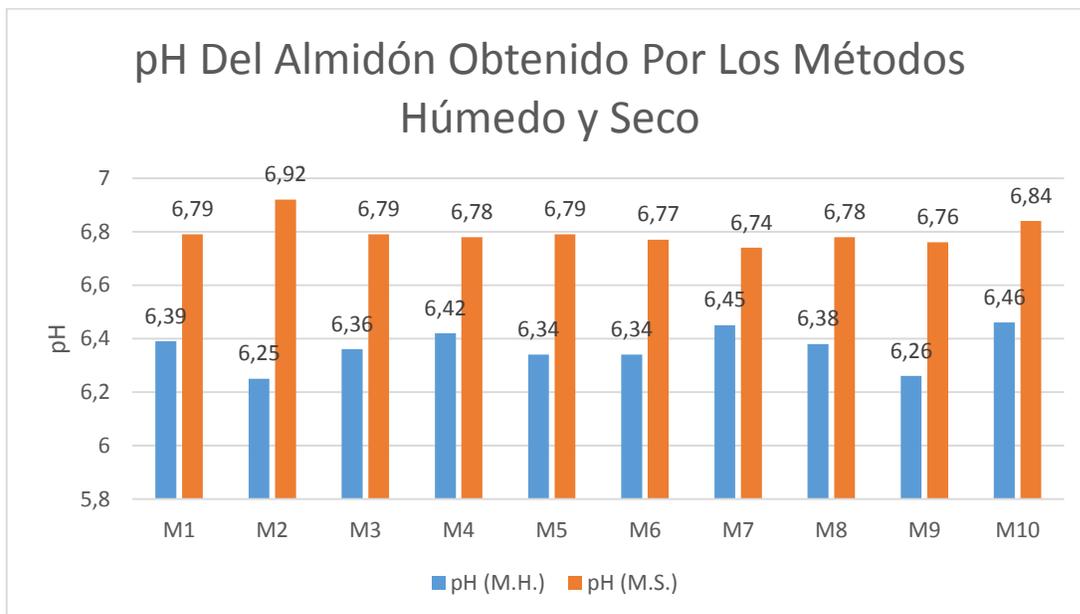


Figura 28. pH obtenido de las muestras tratadas.

*Fuente:* Autor.

En la Figura 29, se comprueba que la F calculada es mayor a la F crítica de manera que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza y la alternativa ( $H_a$ ) se acepta, indicado que la media de los tratamientos son diferentes, véase Anexo H.

**ANOVA unidireccional: pH (M.H.); pH (M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.92881	0.92881	243.39	0.000
Error	18	0.06869	0.00382		
Total	19	0.99750			

4.41387342

F calculada

F critica

Figura 29. Comparación de F calculada y F critica de los datos obtenidos del pH.

Fuente: Autor.

La comparación de Tukey, indica que la media obtenida por el método seco es de 6.79600% y el del método húmedo es de 6.36500%, siendo superior la media del método seco señalando que estos valores no comparten una letra tal como se ve en la Figura 30 y Anexo H.

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
pH (M.S.)	10	6.79600	A
pH (M.H.)	10	6.36500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 30. Prueba Tukey del pH.

Fuente: Autor.

## 5.6 Determinación de temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización mediante los dos métodos de obtención dio valores ligeramente diferentes, tal como se puede apreciar en la Figura 32. Estos resultados están dentro del rango de otro tipo de almidones que se pueden ver la Figura 31.

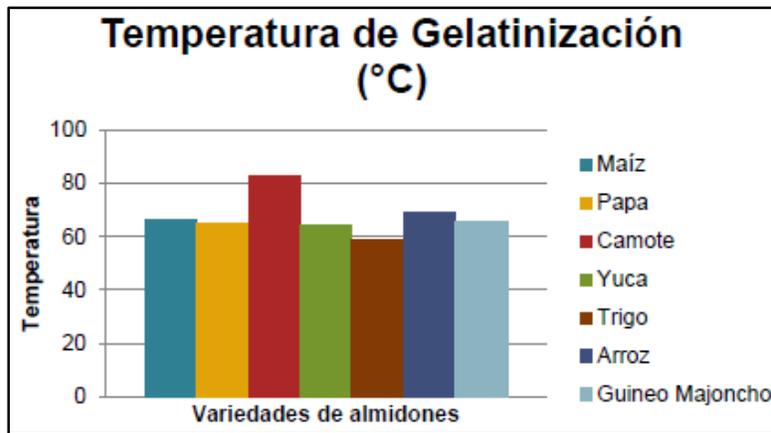


Figura 31. Temperaturas de Gelatinización de almidones conocidos.

Fuente: Guadrón (2013)

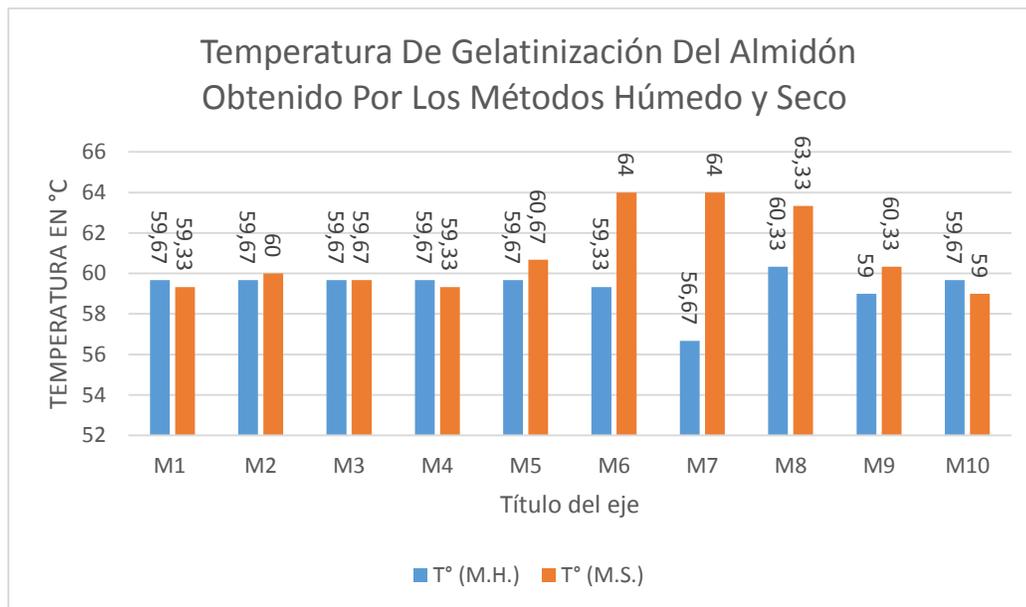


Figura 32. Temperatura obtenida para la gelatinización de las muestras tratadas.

Fuente: Autor.

En la Figura 33, se observa que la F calculada es ligeramente mayor a la F crítica de manera que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza y alternativa ( $H_a$ ) se acepta, ya que la media de los tratamientos es diferente, véase Anexo J.

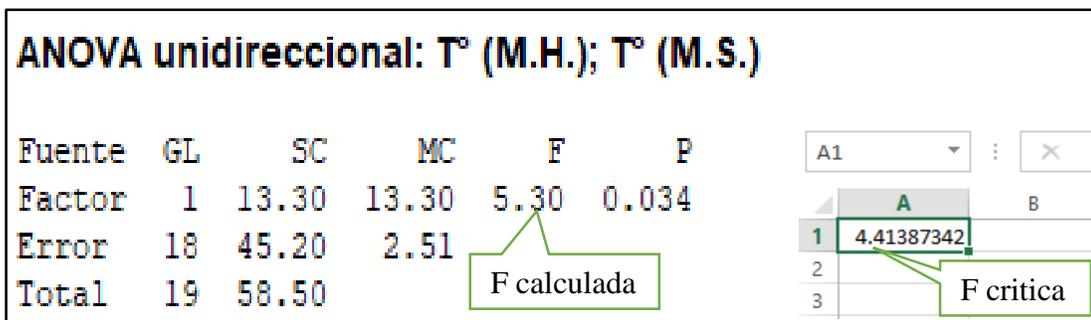


Figura 33. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre la temperatura de gelatinización.

Fuente: Autor.

La comparación realizada por Tukey, señala que la media obtenida por el método seco es de 60.966 °C, que es superior a la media del método húmedo de 59.335 °C, por lo que hay una diferencia significativa, véase la Figura 32 y Anexo J.

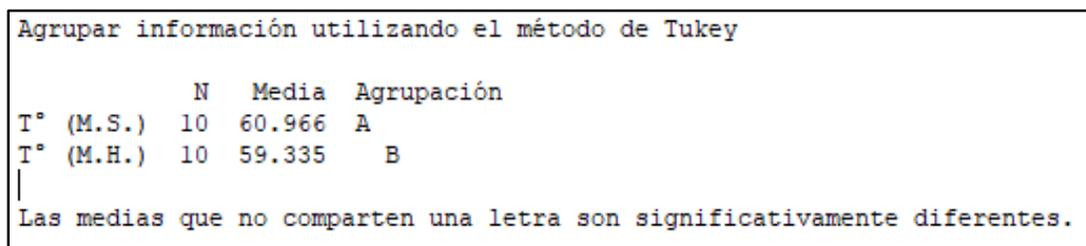


Figura 34. Prueba Tukey para las temperaturas de gelatinización de las muestras.

Fuente: Autor.

## 5.7 Prueba de yodo

En cuanto a la prueba de yodo se puede observar en la Figura 35, la decoloración en el método húmedo tiene un menor tiempo de respuesta en cuanto al tiempo del método seco. Esto puede deberse a que el colorido del almidón con el yodo (azul), obtenido por el método húmedo disminuye de mejor manera cuando la temperatura aumenta, de manera que la reaccionar es un poco mejor.

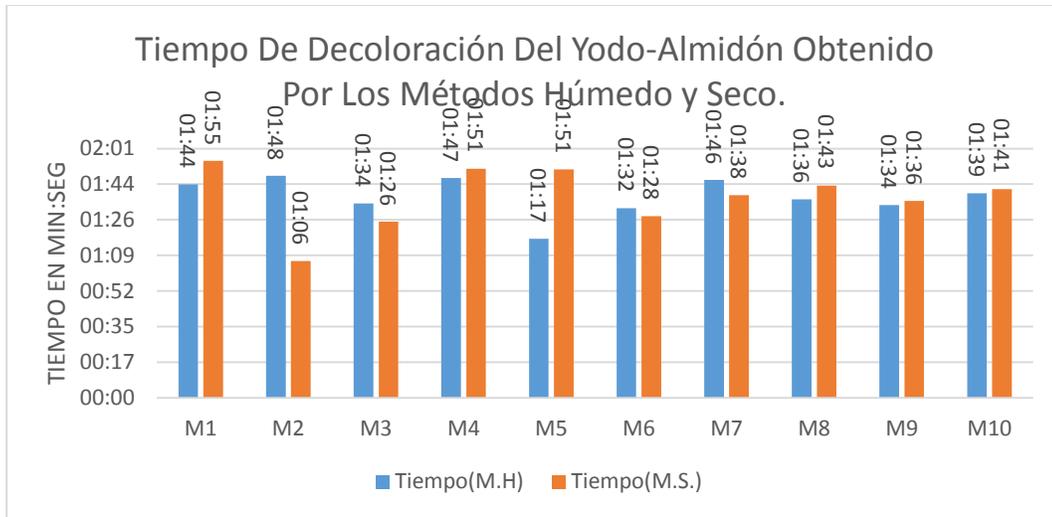


Figura 35. Tiempo de decoloración de azul a transparente por parte de las muestras.

Fuente: Autor.

A través de la Figura 36, se puede apreciar mediante la comparación de la F calculada y la F crítica, que F calculada es menor a la F crítica de manera que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se acepta y alternativa ( $H_a$ ) se rechaza, señalando que las medias de los tratamientos son iguales de manera que no existe una diferencia significativa, véase Anexo L.

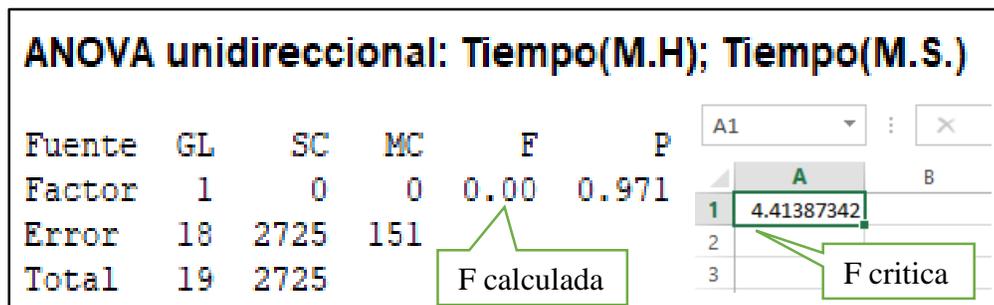


Figura 36. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos del tiempo de decoloración del color del almidón-yodo (azul).

Fuente: Autor.

Tukey, indica que la media obtenida por el método seco es de 97.50%, que es idéntica a la media que se obtuvo en el método húmedo de 97.50%, por lo que al ser idénticas se agrupan con la misma letra mostrando que no hay una diferencia significativa, véase la Figura 37 y Anexo L.

Agrupar información utilizando el método de Tukey			
	N	Media	Agrupación
Tiempo(M.H)	10	97.70	A
Tiempo(M.S.)	10	97.50	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 37. Prueba Tukey para tiempo de decoloración del color del almidón-yodo (azul).

Fuente: Autor.

En la Figura 38 se muestra que al realizar el enfriamiento de las muestras anteriormente señaladas, las que tuvieron un menor tiempo en la recuperación del color (azul) son las que se obtuvieron por el método húmedo. Sin embargo, cabe recalcar que en ambos casos no solo se recuperaron el color característico del yodo-almidón (azul), sino que este se intensifico. Indicando la formación y destrucción de complejos del almidón.

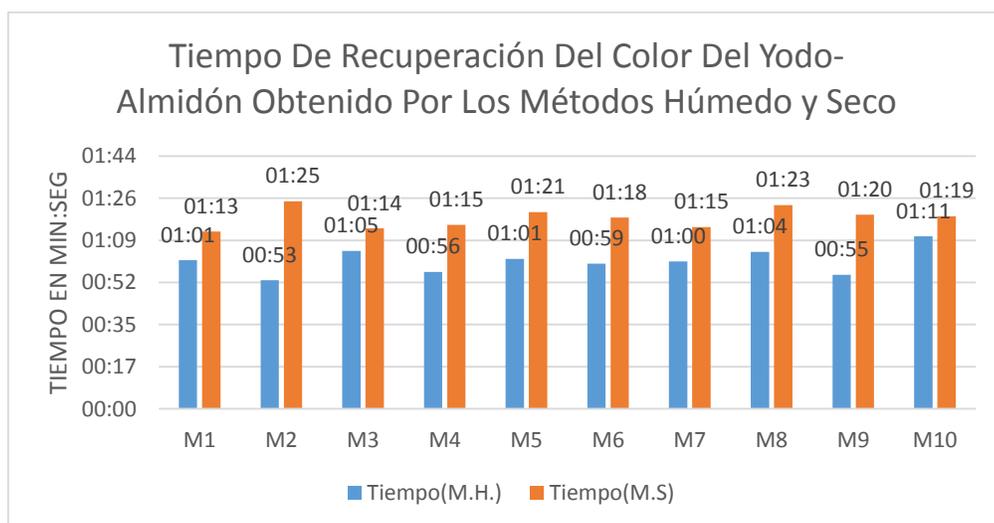


Figura 38. Recuperación de coloración de azul por parte de las muestras.

Fuente: Autor.

A través de la Figura 39, se muestra que la F calculada es mayor a la F crítica de manera que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, aceptando la  $H_a$  debido a que nos indicaría que la media de los tratamientos es diferente, véase también en el Anexo L.

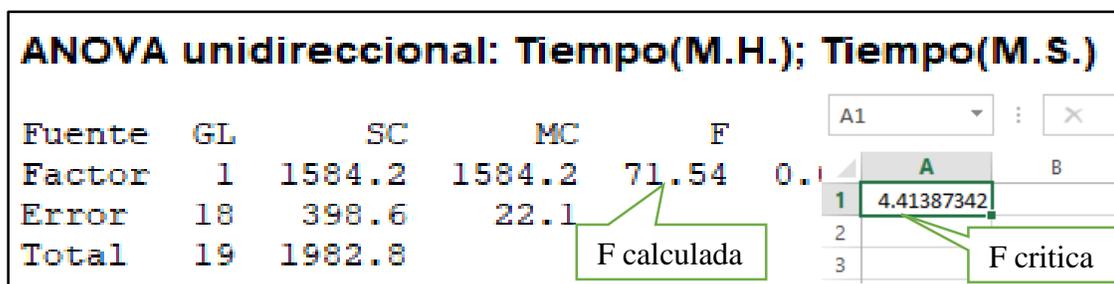


Figura 39. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos para recuperación de coloración de azul por parte de las muestras.

Fuente: Autor.

La comparación de Tukey, nos señala que la media obtenida por el método seco es de 78.300%, que es superior a la media del método húmedo que es de 60.500%, por lo que no se agrupan con la misma letra indicando que hay una diferencia significativa, véase la Figura 40 y Anexo L.

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
Tiempo(M.S.)	10	78.300	A
Tiempo(M.H.)	10	60.500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 40. Prueba Tukey para los datos obtenidos para la recuperación de coloración de azul por parte de las muestras.

Fuente: Autor.

### 5.8 Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH).

Los valores expuestos en la Figura 41, nos muestran que el IAA del almidón obtenido tanto por el método húmedo como por el seco son similares. Esto podría deberse a que el almidón, a pesar de que fue obtenido por diferentes métodos, este procede de la misma fuente (véase Anexo M).

Otro punto a notar es que los valores mostrados en la presente Figura 41, se encuentran dentro del rango de la yuca, que fue señalado por la FAO (2015), y está entre 0,82 y 15.52 g.

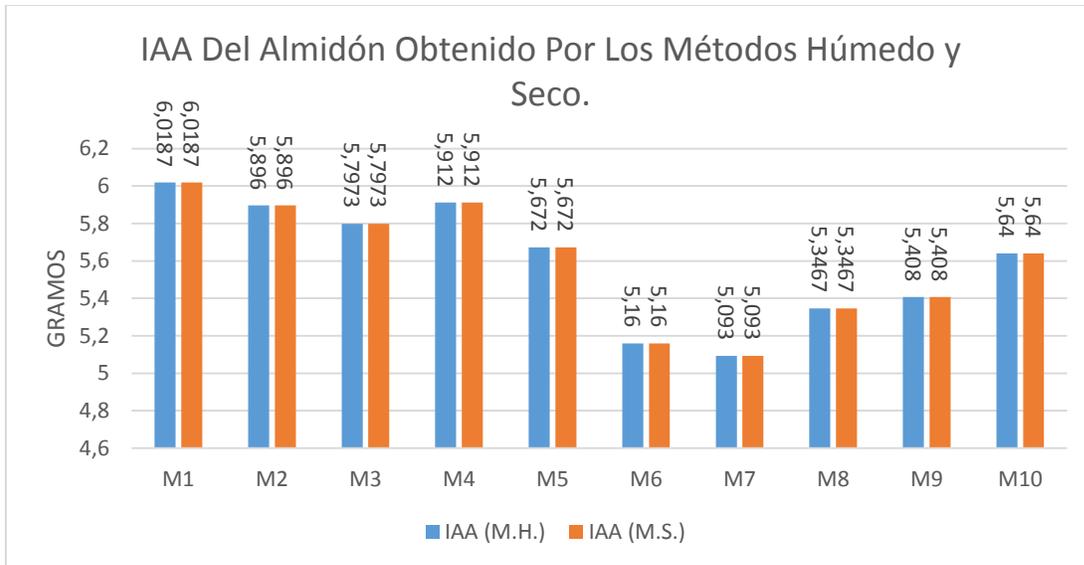


Figura 41. Índice de absorción de agua de las muestras tratadas.

Fuente: Autor.

A través de la Figura 42, se muestra que la F calculada es menor a la F crítica señalando que la hipótesis nula ( $H_0$ ) debe aceptarse. Esto se debe a que la media de los tratamientos son iguales, mientras que la  $H_a$  indicaría que las medias de los tratamientos son diferentes, véase Anexo N.

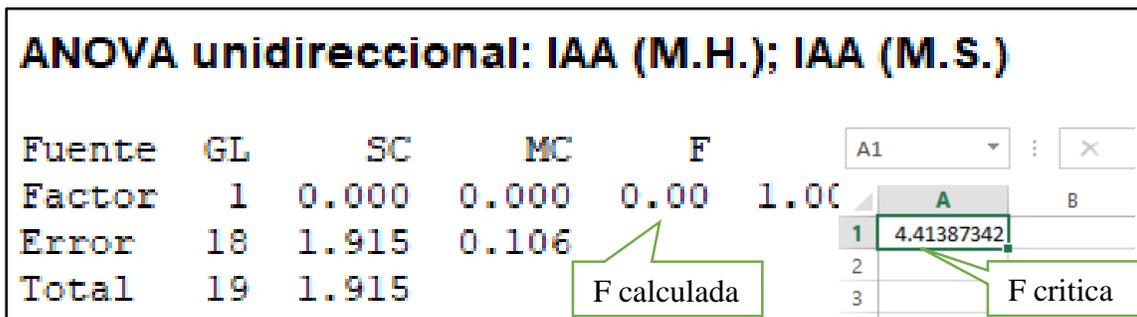


Figura 42. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre el IAA.

Fuente: Autor.

La comparación realizada por Tukey, indica que la media obtenida por el método seco es de 7.3785%, siendo similar a lo que se obtuvo en el método húmedo que es 7.3254%, por lo que se agrupan con la misma letra indicando que no hay una diferencia significativa, véase Figura 43 y Anexo N.

Agrupar información utilizando el método de Tukey			
	N	Media	Agrupación
%ISA (M.S.)	10	7.3785	A
%ISA (M.H.)	10	7.3254	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 43. Prueba Tukey para los datos obtenidos sobre el IAA.

Fuente: Autor.

Los datos que se señalan en la Figura 44, indican que no existe una diferencia altamente significativa en cuanto al ISA obtenido tanto por el almidón del método seco como del método húmedo. Estos valores siguen encontrándose dentro de los valores de la FAO (2015), que se encuentran entre 0.27 % y 12.32 %.

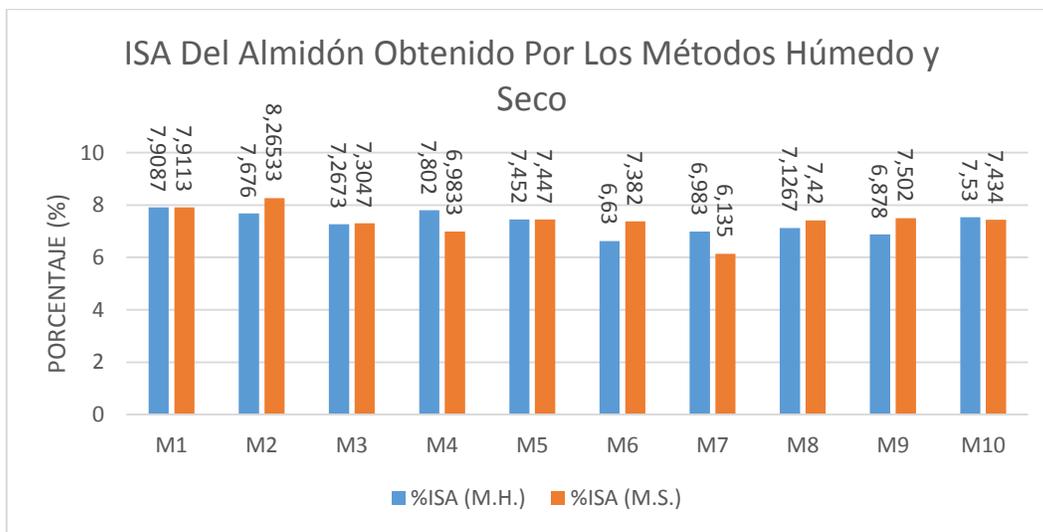


Figura 44. Índice de solubilidad en agua de las muestras tratadas.

Fuente: Autor.

La Figura 45, muestra que la F calculada es menor a la F crítica por lo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se acepta, siendo que la media de los tratamientos es igual, de manera que la  $H_a$  se rechaza, véase la Anexo N.

ANOVA unidireccional: %ISA (M.H.); %ISA (M.S.)					
Fuente	GL	SC	MC	F	
Factor	1	0.014	0.014	0.06	0.
Error	18	4.395	0.244		
Total	19	4.409			

	A	B
1	4.41387342	
2		
3		

Figura 45. Comparación de F calculada y F critica de los datos obtenidos sobre ISA

Fuente: Autor.

La prueba de Tukey indica que la media obtenida por el método seco es de 7.3785%, siendo ligeramente superior a la media del método húmedo de 7.3254%, permitiendo que se agrupen con la misma letra indicando que no hay una diferencia significativa, véase Figura 46 y Anexo N.

```

Agrupar información utilizando el método de Tukey
|
|          N  Media  Agrupación
| %ISA (M.S.) 10  7.3785  A
| %ISA (M.H.) 10  7.3254  A
|
| Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

```

Figura 46. Prueba Tukey de los datos obtenidos sobre ISA.

Fuente: Autor.

Los valores señalados en la Figura 47 indican que no hay diferencias altamente significativas en el porcentaje de PH (véase Anexo N). Además, los resultados expuestos se encuentran entre 0.75 y 15,4 por ciento, valores que están establecidos por la FAO (2015).

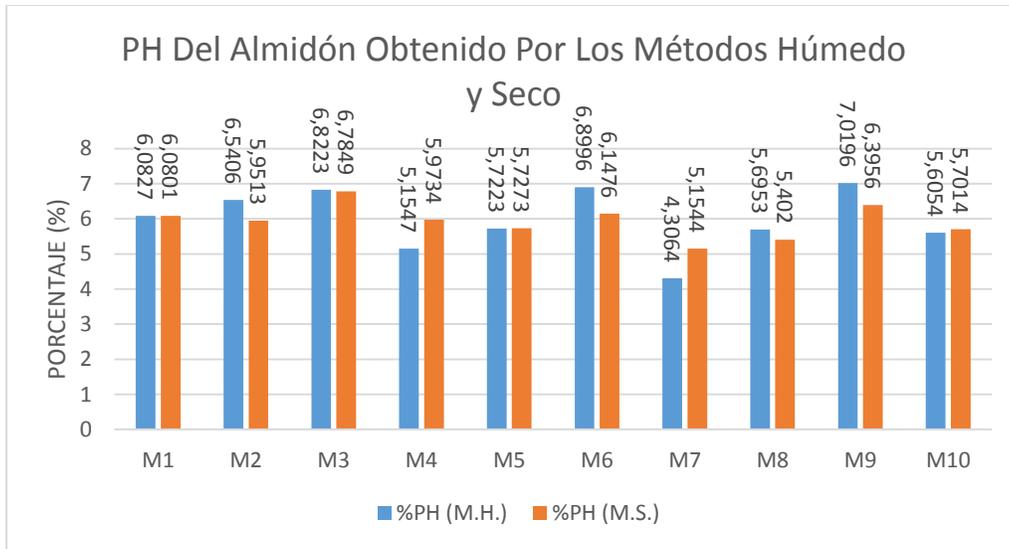


Figura 47. Poder de Hinchamiento de las muestras tratadas.

Fuente: Autor.

A través de la Figura 48, se muestra que la F calculada es menor a la F crítica de manera que la hipótesis nula ( $H_0$ ) se acepta, por lo que las medias de los tratamientos son iguales, véase Anexo N.

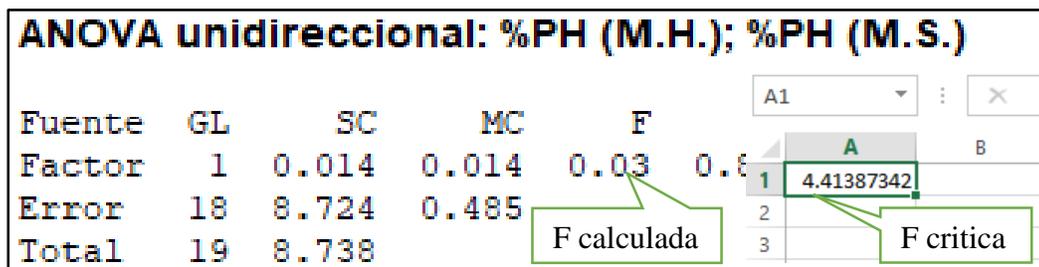


Figura 48. Comparación de F calculada y F crítica de los datos obtenidos sobre PH.

Fuente: Autor.

La comparación de Tukey, señala que la media del método seco es 5.9849%, y la media por método húmedo es 5.9318%, por lo que se agrupan con la misma letra indicando que no hay una diferencia significativa, véase Figura 49 y Anexo N.

Agrupar información utilizando el método de Tukey			
	N	Media	Agrupación
§PH (M.H.)	10	5.9849	A
§PH (M.S.)	10	5.9318	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 49. Prueba Tukey para los datos obtenidos sobre PH.

Fuente: Autor.

## 5.9 FTIR

López (2017) plantea que otra característica del almidón es su comportamiento espectral. Por ello, se realizó un análisis FTIR con la finalidad de verificar alguna diferencia a nivel molecular entre los almidones obtenidos por ambos métodos.

Como se puede ver en las Figuras 50 y 51, después de haber corrido las muestras de almidón (M.S. y M.H.), estas muestran un espectro similar por lo que se puede decir que se está manipulando el mismo compuesto.

De acuerdo a Arévalo (2017) los principales grupos funcionales que debe mostrar el espectro FTIR correspondientes al almidón son los de unión de alcoholes y enlaces carbono, oxígeno e hidrógeno. A partir de esto, los espectros FTIR expuestos en las Figuras 50 y 51 pertenecientes a los almidones obtenidos por ambos métodos se analizaron e interpretaron en base a los resultados reportados por varios autores. Así, el número de onda  $3265\text{ cm}^{-1}$  es asociado con los grupos alcohol, la onda  $2940\text{ cm}^{-1}$  se relaciona con el enlace carbono-hidrógeno relacionado con el hidrógeno del anillo de metano y la onda  $1637\text{ cm}^{-1}$  indica la flexión de  $\text{H}_2\text{O}$  (Maniglia & Tapia-Blácido, 2016). Además, las zonas entre  $1450\text{-}1150\text{ cm}^{-1}$  corresponden a las vibraciones de doblado O-H y C-H, mientras que las bandas en la región entre  $1180\text{ - }600\text{ cm}^{-1}$  corresponden a los carbohidratos y más

específicamente las ondas entre 1077 y 928  $\text{cm}^{-1}$  representan el estiramiento del enlace COH que sugiere la presencia de moléculas de almidón (Pelissari, Andrade, Do Amaral, & Menegalli, 2017).

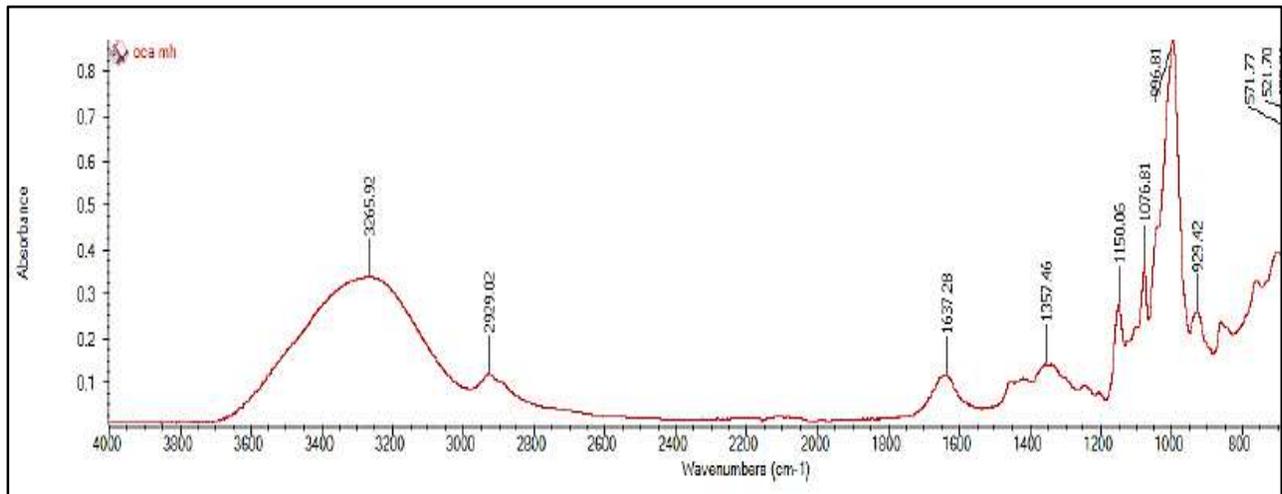


Figura 50. Espectro FTIR del almidón de oca obtenido por el método húmedo.

Fuente: Autor.

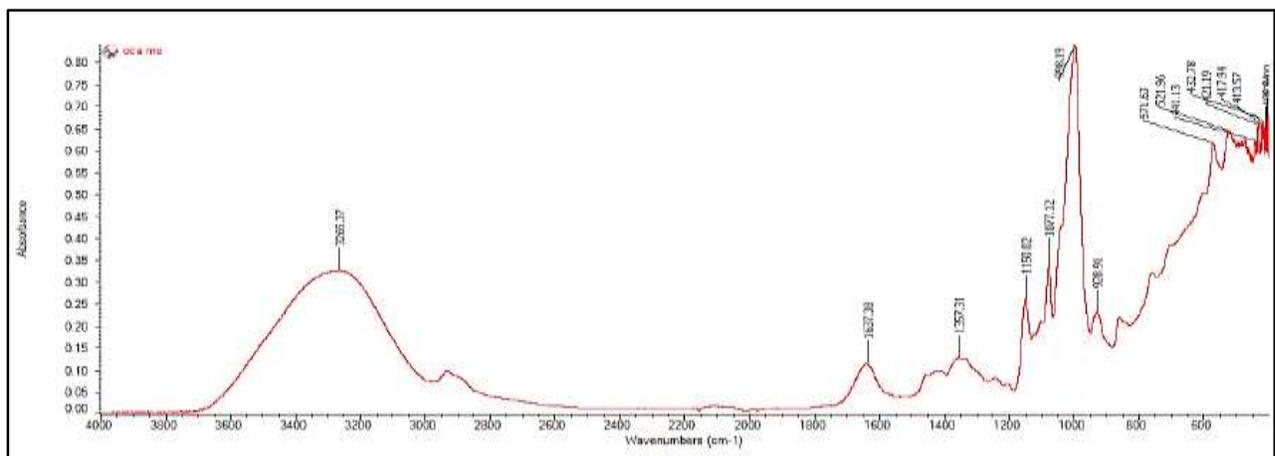


Figura 51. Espectro FTIR del almidón de oca obtenido por el método seco.

Fuente: Autor.

Además, las muestras de almidón de oca comparten ciertas características con los espectros del almidón de otras fuentes, como la maicena y almidón comercial la Pradera (yuca). El almidón de

maicena y el de yuca se corrieron para compararlos con los espectros obtenidos del almidón de oca, véase Anexo O. (Espectrofotometría Infrarrojo, s. f.).

## **6. Discusión**

El rendimiento del almidón obtenido por el método húmedo fue de 5.99% encontrándose por debajo de los rendimientos obtenidos por Villacrés y Espín (2004) con 14%, Surco (2004) con 12.85% y Hermosa (2013) con 13.04%. Según Hermosa (2013) los rendimientos de almidón extraídos a partir de la oca pueden verse afectados por las condiciones del cultivo y la edad del tubérculo. Respecto a los rendimientos del método seco no se ha encontrado bibliografía sobre este método aplicado en la oca. Sin embargo, comparando la concentración de almidón obtenido por el método húmedo y el método seco, este último evidencia mayor rendimiento. Este hecho puede ser producido por las distintas técnicas usadas en cada método, principalmente porque en el método húmedo se realizan varios lavados del almidón para eliminar impurezas a través de los cuales podría existir pérdidas del producto (Hermosa, 2013).

Respecto a las características fisicoquímicas estudiadas, la mayoría de los valores obtenidos por ambos métodos se mantuvieron dentro de los reportados por otros almidones conocidos como el de yuca y maíz. El porcentaje de cenizas resultante del almidón obtenido por método seco fue la excepción, ya que presentó valores altos de cenizas que acorde a la FAO (2015) son indicadores de contaminación. Esta contaminación podría ser ocasionada principalmente por la técnica de secado del almidón ya sea artesanalmente o con tecnologías solares (FAO, 2015). En cuanto al índice de absorción (IAA), índice de solubilidad (ISA) y poder de hinchamiento (PH) presentaron valores similares en ambos métodos. De esta manera, por el método seco el IAA fue de 5.6 g, el ISA de 7.34 % y el PH de 6%. Por su parte, el método húmedo presentó un IAA de 5.6 g, ISA de

7.28% y PH de 7.28%. Estos valores se enmarcan en los rangos de referencia de la FAO (2015) donde el IAA del almidón de yuca puede variar entre 0.82 g y 15.52 g, el ISA entre 0.27% - 12.32% y el PH entre 0.79 y 15.45. En base a estas características, el almidón de mejor calidad es el obtenido por el método seco ya que presente alta absorción de agua, baja solubilidad y alto poder de hinchamiento (FAO, 2015).

En cuanto a los resultados obtenidos en el FTIR, de acuerdo con Alcázar-Alay & Meireles (2015) y Sukhija, Singh, & Riar (2016) se pudo confirmar la presencia de almidón ya que las señales encontradas en las ondas  $1800-600\text{ cm}^{-1}$  se atribuyen a carbohidratos. Además, Pelissari et al (como se citó en Arévalo, 2017) confirma que la asociación de señales entre las ondas  $1080-912\text{ cm}^{-1}$  se deben a la presencia de moléculas de almidón.

La diferencia presente con ambos métodos se corroboró mediante los análisis estadísticos. Cabe recalcar que no existe bibliografía que permita la comparación estadística de los resultados obtenidos del método seco con el método húmedo en el caso de la oca. Sin embargo, si existen trabajos como el de Medina et al. (2010) en donde al emplear el mismo método húmedo con una pequeña variante como es la utilización de una solución de NaOH en lugar de agua destilada modifica los resultados. Con ello se demuestra que el método si influye en la producción final.

## Capítulo 5

### 7. Conclusiones y Recomendaciones

#### 7.1 Conclusiones

A través de la presente investigación se puede concluir que el método que ha generado mayor influencia en cuanto al rendimiento es el método seco con 8.16 %, generando 2.17 % más rendimiento que el método húmedo, el cual alcanzó sólo un 5.99 %. Asimismo, el análisis estadístico demostró la existencia de una diferencia altamente significativa entre los valores obtenidos por estos dos métodos, por lo cual la hipótesis nula que presenta esta investigación se rechaza.

En cuanto a la caracterización fisicoquímica, los almidones obtenidos por ambos métodos presentaron características similares y se mantuvieron dentro de los rangos reportados en la bibliografía revisada. En primer lugar, el tamaño del gránulo del almidón obtenido por los dos métodos se ubicó entre los 45 y 75  $\mu\text{m}$ , cumpliendo así el requisito de la FAO (2015) que establece que los almidones presentan gránulos de un tamaño igual o inferior a los 150  $\mu\text{m}$ . Asimismo, la forma ovoidal distintiva del gránulo del almidón de oca (Hermosa, 2013) se observó en el almidón obtenido por ambos métodos. Por otro lado, la calidad del almidón obtenido se determinó en base a su porcentaje de cenizas. La FAO (2015) recomienda que este porcentaje no exceda el 0.12 %, ya que altos niveles de cenizas indican baja calidad del almidón. Esta referencia permite concluir que el almidón obtenido por método húmedo es de buena calidad ya que alcanzó un contenido de cenizas de 0.12 %. Por el contrario, el almidón extraído por método seco superó el valor recomendado presentando un contenido de 0.21% en cenizas, por lo que indica un almidón de menor calidad.

Por otro lado, en base al análisis espectrofotométrico se determina que a nivel molecular, tanto el almidón obtenido por método seco como por método húmedo presentan los mismos espectros FTIR por lo que no se puede hacer una discriminación entre ellos. Además, la comparación del comportamiento espectral del almidón obtenido con el espectro de almidones comerciales (yuca y maicena) fue el mismo.

De esta manera se concluye que el método seco es mejor para la extracción de almidón a partir de la oca en comparación con el método húmedo, ya que permitió la obtención de mayor cantidad de almidón y de mejor calidad según sus características fisicoquímicas. El almidón obtenido por este método presenta alta absorción de agua, baja solubilidad y alto poder de hinchamiento, características presentes en los almidones comerciales (FAO, 2015).

En base a las pruebas estadísticas usando ANOVA y Tukey se concluye que no todas las medias de la población son iguales, por lo que existe una diferencia significativa entre el método húmedo y el método seco.

El almidón de oca extraído por método seco presenta características fisicoquímicas similares a los almidones de yuca y maíz usados comercialmente, en base a esto se puede concluir que el almidón de oca puede sustituir a los almidones usados en productos que los utilicen como materia prima.

## **7.2 Recomendaciones**

- Con respecto a la materia prima, se recomienda determinar si el tiempo de cosecha de la oca tiene una influencia significativa sobre el rendimiento del almidón obtenido.
- En siguientes investigaciones se sugiere probar con variantes del método húmedo usando no solo soluciones acuosas sino también alcalinas que permiten obtener almidones de mayor pureza.

- Ejecutar estudios sobre la factibilidad de reemplazar los almidones de yuca y maíz por el almidón de oca en los productos comerciales

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C., Carrillo, F., Díaz, S., Parreño, J., & Vallejo, L. (2014, mayo 25). PRUEBA DEL ALMIDÓN - LABORATORIOS DE BIOQUÍMICA. Recuperado 21 de enero de 2019, de <https://sites.google.com/site/laboratoriosbioquimica/bioquimica-i/prueba-del-almidon>
- Alcázar-Alay, S. C., & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(2), 215-236. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>
- Alcoser, S., & Gabriela, M. (2017). *Valorización de la oca (Oxalis tuberosa) para la obtención de mezclas biopoliméricas*. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18865>
- Arévalo, A. (2017). Caracterización de las Propiedades Físicoquímicas y Térmicas de Almidón de Oca (Oxalis tuberosa). *Universidad Nacional de Trujillo*. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10016>
- Bazante, G., & Belén, K. (2015). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de almidón extraído de tubérculos Andinos*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3949>
- Bernabé Meza, Y. M., & Cancho Mallma, F. L. (2017). Caracterización físicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (Oxalis tuberosa) para uso industrial. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1221>
- Caiza. (2011). *Elaboración y Valoración Nutricional de Tres Productos Alternativos a Base de Oca ( Oxalis tuberosa ) para Escolares del Proyecto Runa Kawsay*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/729>

- Cajamarca, R., & Esther, E. (2010). *Evaluación Nutricional de la Oca (Oxalis tuberosa sara-oca) Fresca, Endulzada y Deshidratada en Secador de Bandejas*. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/217>
- Cano, L. (2016). *CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA*". 102.
- Carrasco, L., & Vásquez, M. (2018, junio). Extracción De Almidón. Recuperado 19 de enero de 2019, de Calameo.com website: <https://www.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>
- Cobana, M. L. (2012). *Evaluación de Extracción de Almidón (Manihot Esculenta) Por Via Seca*. EAE.
- Contreras-Pérez, R. K., Torre-Gutiérrez, L. D. la, González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). *European Scientific Journal, ESJ*, 14(30), 82. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p82>
- Dario, J. (2019, noviembre). *Carbohidratos almidón*. Health & Medicine. Recuperado de <https://www.slideshare.net/josedario13/carbohidratos-almidon>
- ELproductor.com. (2012, enero 31). Ecuador: La mashua y la oca, dos tubérculos a la percha. "Noticias Agropecuarias del Ecuador y el Mundo" Primer periódico agrodigital del Ecuador. Recuperado 19 de enero de 2019, de <http://elproductor.com/noticias/ecuador-la-mashua-y-la-oca-dos-tuberculos-a-la-percha/>
- Espectrofotometría Infrarrojo*. (s. f.). 7.
- FAO. (2015). *Perspectivas alimentarias*. "Resúmenes de mercado". 15.

FTIR Spectroscopy Basics | Thermo Fisher Scientific® EC. (s. f.). Recuperado 19 de junio de 2019, de <https://www.thermofisher.com/ec/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy-elemental-isotope-analysis-learning-center/molecular-spectroscopy-information/ftir-information/ftir-basics.html>

Guadrón, E. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir del guineo majoncho verde (musa sp.variedad cuadrado), para su uso en la industria de alimentos* (Engd, Universidad de El Salvador). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4927/>

Guarnizo, A., & Martinez, P. (s. f.). *Experimentos de Química Orgánica*. ELIZCOM S.A.S.

Hermosa, G. (2013). CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES DE DOS TUBÉRCULOS ANDINOS: ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum* R&P) Y OCA (*Oxalis tuberosa* Mol) TESIS PRESENTADO POR - PDF. Recuperado 20 de enero de 2019, de <https://docplayer.es/63420534-Characterizacion-de-almidones-de-dos-tuberculos-andinos-isano-tropaeolum-tuberosum-r-p-y-oca-oxalis-tuberosa-mol-tesis-presentado-por.html>

INIAP. (s. f.). *Memoria Anual*. Quito: INIAP Archivo Historico.

Jader, M., Jennifer, H., & Anlly, A. (s. f.). *Physicochemical and functional properties of white and brown rice (*Oryza sativa* L) starch*. 16.

Jhoana Parreño. (2014). *PRUEBA DEL ALMIDÓN*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=M97Hf2vA5-k&feature=youtu.be>

Laos, S., & Artemio, F. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2588>

- López, R. (2017). Caracterización fisicoquímica de almidón procedente de Camote (ipomoea batatas), arracacha (arracacia xanthorrhiza bancroft.) y Oca (oxalis tuberosa). *Universidad Nacional de Trujillo*. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9774>
- Maniglia, B. C., & Tapia-Blácido, D. R. (2016). Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, 55, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.001>
- Martinez, C. (2015). *Evaluación de diferentes variedades de Oxalis Tuberosa (oca) para la obtención de harina con fines industriales*. Quevedo: UTEQ.
- Medina, C., Paredes, A., Rodríguez, M. E., Moreno, M. J., Camacho, D. R. B., García, D., & Escalona, C. E. O. (2010). Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. *Bioagro*, 22(1), 67-74.
- Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente: Functional Characterization of Bean Zaragoza Starch (Phaseolus Lunatus L.) and Quantification of the Resistant Starch. *Tecnológicas*, (30), 17-32.
- Munsibay, Y., & Rojas, J. (2012). Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón de ipomoea batatas de los cultivares trujillanito y mocherito provenientes del distrito de Moche – La Libertad. *Universidad Nacional de Trujillo*. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4183>
- Palate, J. (2012). *Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (oxalis tuberosa) durante su maduración*. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3165>

- Pelissari, F., Andrade, M., Do Amaral, P., & Menegalli, F. (2017). Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), 313-325. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784>
- Procesamiento de Tubérculos*. (1998). Soluciones Practicas.
- Quimitube. (2014, mayo 9). Detección cualitativa de almidón en alimentos | Quimitube [Práctica de laboratorio: ¿Cómo se detecta el almidón en una muestra de alimento?]. Recuperado 19 de abril de 2019, de QuimiTube.com website: <http://www.quimitube.com/como-se-detecta-almidon-muestra-de-alimento>
- Riaño, C. A. A., & Guarnizo, D. J. P. (2017). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MODIFICACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA MEDIANTE ACETILACIÓN Y OXIDACIÓN, PARA SU APLICACIÓN COMO EXCIPIENTE EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA A NIVEL LABORATORIO*. 123.
- Rodríguez, A., Ariza, N., & Afanador, T. (2014). POTENCIAL DEL ALMIDÓN RESISTENTE RETROGRADADO DE PAPA FRENTE A OTROS ADITIVOS FUNCIONALES USADOS EN POLLOS DE ENGORDE. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61(1), 44-63. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v61n1.43883>
- Sukhija, S., Singh, S., & Riar, C. S. (2016). Physicochemical, crystalline, morphological, pasting and thermal properties of modified lotus rhizome (*Nelumbo nucifera*) starch. *Food Hydrocolloids*, 60, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.013>
- Tecla, S. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz*. 52.
- Temesgen. (2018). (PDF) Starch Production, Consumption, Challenges and Investment Potentials in Ethiopia: The Case of Potato Starch. Recuperado 30 de enero de 2019, de ResearchGate website:

[https://www.researchgate.net/publication/328635086\\_Starch\\_Production\\_Consumption\\_Challenges\\_and\\_Investment\\_Potentials\\_in\\_Ethiopia\\_The\\_Case\\_of\\_Potato\\_Starch](https://www.researchgate.net/publication/328635086_Starch_Production_Consumption_Challenges_and_Investment_Potentials_in_Ethiopia_The_Case_of_Potato_Starch)

Torres Becerril, M., Carmona García, R., & Aguirre Cruz, A. (2015). Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta* Schott). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 905-912.

Valderrama, J. (1997). *Informacion Tecnologica* (Vol. 8). Centro de Informacion Tecnologica.

Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation. *Scientia Agropecuaria*, 7, 223-230. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>

Zárate, A. (2016). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(1), 1-24.

## ANEXOS

### Anexo A. Datos de la tamización del gránulo.

Datos obtenidos de la tamización del almidón obtenido del método seco (M.S.).

<i>N°</i>	<i>μm</i>	<i>M1 (g)</i>	<i>M2 (g)</i>	<i>M3 (g)</i>	<i>M4 (g)</i>	<i>M5 (g)</i>	<i>M6 (g)</i>	<i>M7 (g)</i>	<i>M8 (g)</i>	<i>M9 (g)</i>	<i>M10 (g)</i>
<i>Tamiz</i>											
30	600	74.74	56.21	58.02	60	58.07	62.84	48.16	49.81	54.27	53
60	250	44.9	49.6	53.75	55.25	50.66	46.44	53.98	44.79	49.29	57.65
80	180	11.24	12.02	13.58	12.9	9.71	11.99	10.09	12.9	8.67	10.07
100	150	3.93	5.1	4.34	5.22	6.98	3.63	8.47	4.75	7.06	8.38
200	75	11.46	14.99	15.13	12.85	13.38	23.66	16.07	46.76	12.79	21.44
325	45	55.9	47.09	19.76	51.08	27.37	56.33	13.63	41.3	10.91	39.98
Base	-	8.26	12.29	28.04	12.19	25.05	4.13	51.63	4.85	40.02	20.4

<b>N°</b>	<b>μm</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M9</b>	<b>M10</b>	<b>Suma</b>
<b>Tamiz</b>		<b>(g)</b>										
<b>200</b>	75	11.46	14.99	15.13	12.85	13.38	23.66	16.07	46.76	12.79	21.44	23.96
<b>325</b>	45	55.9	47.09	19.76	51.08	27.37	56.33	13.63	41.3	10.91	39.98	37.12
<b>Base</b>	-	8.26	12.29	28.04	12.19	25.05	4.13	51.63	4.85	40.02	20.4	20.69
												81.77

**81.77 100%**

**20.69 25.30%**

**37.12 45.39%**

**23.96 29.31%**

Datos obtenidos de la tamización del almidón obtenido del método húmedo (M.H.).

N°	µm	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)	M7 (g)	M8 (g)	M9 (g)	M10 (g)
<i>Tamiz</i>											
30	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	75	59.89	37.32	20.32	44.56	36.37	60.27	35.35	35.67	39.22	39.58
325	45	13.57	24.97	4.65	0.71	9.05	34.24	19.38	31.5	27.23	25.45
<i>Base</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

N°	µm	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Suma
<b>Tamiz</b>		<b>(g)</b>										
<b>200</b>	75	59.89	37.32	20.32	44.56	36.37	60.27	35.35	35.67	39.22	39.58	43.96
<b>325</b>	45	13.57	24.97	4.65	0.71	9.05	34.24	19.38	31.5	27.23	25.45	21.43
<b>Base</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												65.39

**65.39 100%**

**21.43 32.77%**

**Anexo B. Análisis ANOVA y Tukey para el Tamaño de la partícula obtenido del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

Datos tratados usando el N° de tamiz 200 y 325.

N° Tamiz 200 (M.S.)	N° Tamiz 200 (M.H.)	N° Tamiz 325 (M.S.)	N° Tamiz 325 (M.H.)
11.46	59.89	55.9	13.57
14.99	37.32	47.09	24.97
15.13	20.32	19.76	4.65
12.85	44.56	51.08	0.71
13.38	36.37	27.37	9.05
23.66	60.27	56.33	34.24
16.07	35.35	13.63	19.38
46.76	35.67	41.3	31.5
12.79	39.22	10.91	27.23
21.44	39.58	39.98	25.45

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

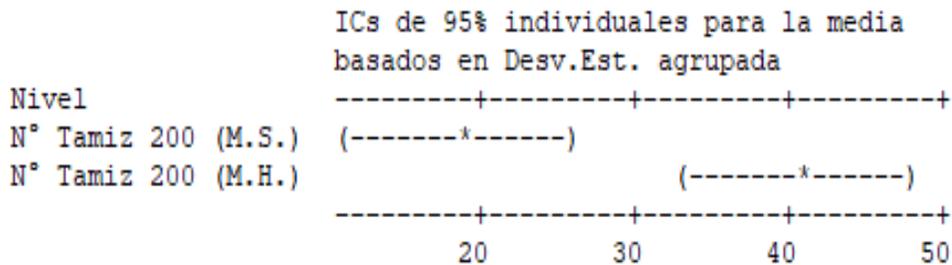
Una vez colocado estos datos en el programa se hace los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey obteniendo.

**ANOVA unidireccional: N° Tamiz 200 (M.S.); N° Tamiz 200 (M.H.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	2420	2420	19.18	0.000
Error	18	2271	126		
Total	19	4692			

S = 11.23    R-cuad. = 51.59%    R-cuad.(ajustado) = 48.90%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
N° Tamiz 200 (M.S.)	10	18.85	10.55
N° Tamiz 200 (M.H.)	10	40.86	11.87



Desv.Est. agrupada = 11.23

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Nivel	N	Media	Agrupación
N° Tamiz 200 (M.H.)	10	40.86	A
N° Tamiz 200 (M.S.)	10	18.85	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Datos tratados usando el N° de tamiz 325

Colocando los datos pertenecientes en el programa se obtuvo lo siguiente:

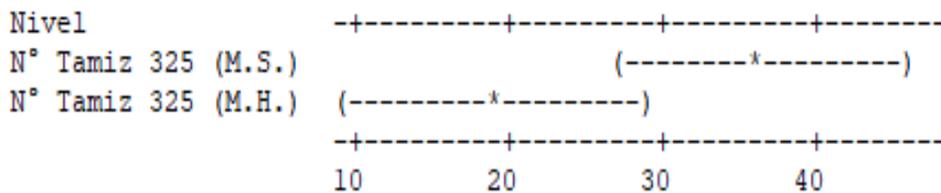
**ANOVA unidireccional: N° Tamiz 325 (M.S.); N° Tamiz 325 (M.H.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	1490	1490	6.92	0.017
Error	18	3873	215		
Total	19	5363			

S = 14.67 R-cuad. = 27.78% R-cuad.(ajustado) = 23.76%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
N° Tamiz 325 (M.S.)	10	36.34	17.23
N° Tamiz 325 (M.H.)	10	19.07	11.56

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 14.67

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
N° Tamiz 325 (M.S.)	10	36.34	A
N° Tamiz 325 (M.H.)	10	19.07	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

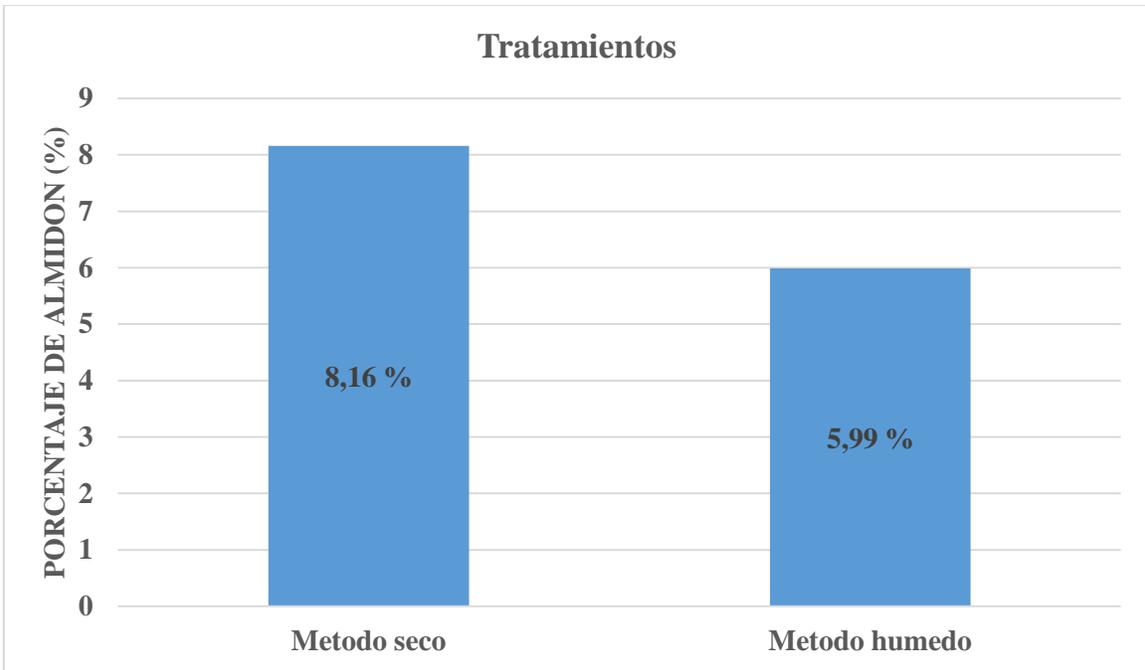
### Anexo C. Rendimiento obtenido de la oca.

Peso del almidón obtenido:

<i>Muestra</i>	<i>Método seco (g)</i>	<i>Método húmedo (g)</i>
1	79.55	73.46
2	79.47	62.29
3	67.27	24.97
4	81.34	45.27
5	72.78	45.42
6	87.75	94.51
7	89.8	54.73
8	97.66	67.17
9	70.78	66.45
10	90.2	65.03

$$\text{ecuacion utilizada} = \frac{\text{Peso de almidon=}}{\text{Peso de materia prima=1 Kg=1000 g}} \times 100$$

<i>Muestra</i>	<i>Método seco (%)</i>	<i>Método húmedo (%)</i>
1	7.955	7.346
2	7.947	6.229
3	6.727	2.497
4	8.134	4.527
5	7.278	4.542
6	8.775	9.451
7	8.98	5.473
8	9.766	6.717
9	7.078	6.645
10	9.02	6.503
<i>Promedio</i>	8.166	5.993



**Anexo D. Análisis ANOVA y Tukey para el Rendimiento obtenido del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparar la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utiliza la formula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F critica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

Una vez colocado estos datos en el programa se hace los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey obteniendo.

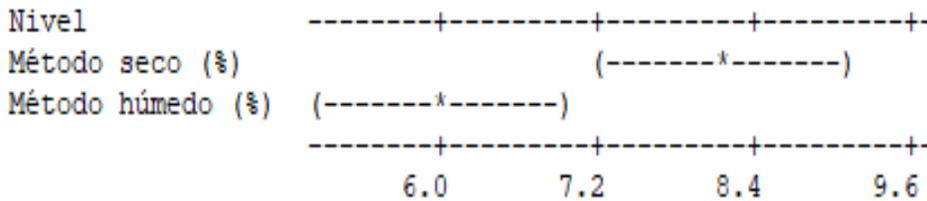
**ANOVA unidireccional: Método seco (%); Método húmedo (%)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	23.61	23.61	10.56	0.004
Error	18	40.26	2.24		
Total	19	63.87			

S = 1.496    R-cuad. = 36.97%    R-cuad.(ajustado) = 33.46%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
Método seco (%)	10	8.166	0.969
Método húmedo (%)	10	5.993	1.880

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 1.496

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
Método seco (%)	10	8.166	A
Método húmedo (%)	10	5.993	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo E. Determinación del porcentaje (%) de cenizas.

Datos obtenidos del método húmedo:

Muestra	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)	M7 (g)	M8 (g)	M9 (g)	M10 (g)
1	0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	0.001	0.0011	0.0012	0.0014	0.0014	0.0013
2	0.0014	0.001	0.0013	0.001	0.0012	0.0015	0.0015	0.0012	0.0011	0.0011
3	0.0011	0.0012	0.0011	0.0011	0.0014	0.0011	0.001	0.0012	0.0012	0.0013

$$\text{Cenizas}(\%) = \frac{\text{Peso de las cenizas}(g) \times 100}{\text{Peso de la muestra } (g)}$$

- Datos
- Peso de cenizas= depende del método.
- Peso de la muestra= para todo 1 g

Muestra	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	M4 (%)	M5 (%)	M6 (%)	M7 (%)	M8 (%)	M9 (%)	M10 (%)
1	0.12	0.12	0.11	0.12	0.1	0.11	0.12	0.14	0.14	0.13
2	0.14	0.1	0.13	0.1	0.12	0.15	0.15	0.12	0.11	0.11
3	0.11	0.12	0.11	0.11	0.14	0.11	0.1	0.12	0.12	0.13
Promedio	0.1233	0.1133	0.1167	0.11	0.12	0.1233	0.1233	0.1267	0.1233	0.1233

Datos obtenidos del método seco:

Muestra	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	M5 (g)	M6 (g)	M7 (g)	M8 (g)	M9 (g)	M10 (g)
1	0.003	0.0019	0.003	0.002	0.029	0.002	0.027	0.002	0.0019	0.0017
2	0.002	0.003	0.003	0.0017	0.002	0.0019	0.002	0.0019	0.002	0.02
3	0.002	0.002	0.0028	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0019

$$\text{Cenizas}(\%) = \frac{\text{Peso de las cenizas}(g) \times 100}{\text{Peso de la muestra } (g)}$$

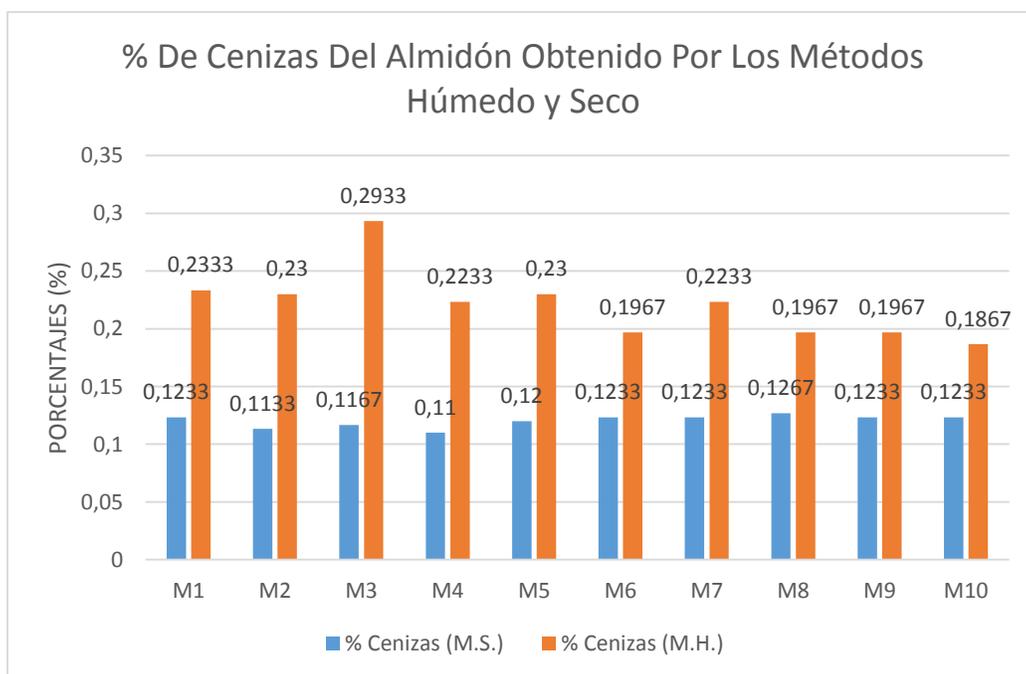
- Datos
- Peso de cenizas= depende del método.

➤ Peso de la muestra= para todo 1 g.

Muestra	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	M4 (%)	M5 (%)	M6 (%)	M7 (%)	M8 (%)	M9 (%)	M10 (%)
1	0.3	0.19	0.3	0.2	0.29	0.2	0.27	0.2	0.19	0.17
2	0.2	0.3	0.3	0.17	0.2	0.19	0.2	0.19	0.2	0.2
3	0.2	0.2	0.28	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.19
Promedio	0.2333	0.23	0.2933	0.2233	0.23	0.1967	0.2233	0.1967	0.1967	0.1867

Promedio de las cenizas obtenidas de los dos métodos

Muestra	% Cenizas (M.S.)	% Cenizas (M.H.)
1	0.1233	0.2333
2	0.1133	0.23
3	0.1167	0.2933
4	0.11	0.2233
5	0.12	0.23
6	0.1233	0.1967
7	0.1233	0.2233
8	0.1267	0.1967
9	0.1233	0.1967
10	0.1233	0.1867



**Anexo F. Análisis ANOVA y Tukey para el % de cenizas del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

Los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey muestran:

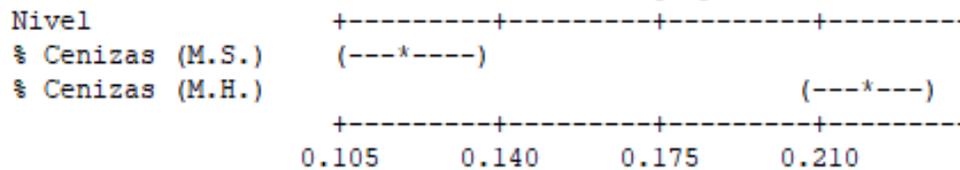
**ANOVA unidireccional: % Cenizas (M.S.); % Cenizas (M.H.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.050682	0.050682	104.22	0.000
Error	18	0.008753	0.000486		
Total	19	0.059436			

S = 0.02205    R-cuad. = 85.27%    R-cuad.(ajustado) = 84.45%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
% Cenizas (M.S.)	10	0.12032	0.00531
% Cenizas (M.H.)	10	0.22100	0.03073

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 0.02205

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Nivel	N	Media	Agrupación
% Cenizas (M.H.)	10	0.22100	A
% Cenizas (M.S.)	10	0.12032	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo G. Determinación de pH.

### Método Húmedo

Muestra	M1 (pH)	M2 (pH)	M3 (pH)	M4 (pH)	M5 (pH)	M6 (pH)	M7 (pH)	M8 (pH)	M9 (pH)	M10 (pH)
1	6.4	6.18	6.27	6.41	6.33	6.36	6.41	6.31	6.45	6.44
2	6.38	6.3	6.41	6.43	6.36	6.35	6.45	6.45	6.12	6.48
3	6.4	6.28	6.39	6.41	6.34	6.32	6.5	6.39	6.22	6.45
Promedio	6.393	6.253	6.357	6.417	6.343	6.343	6.453	6.383	6.263	6.457

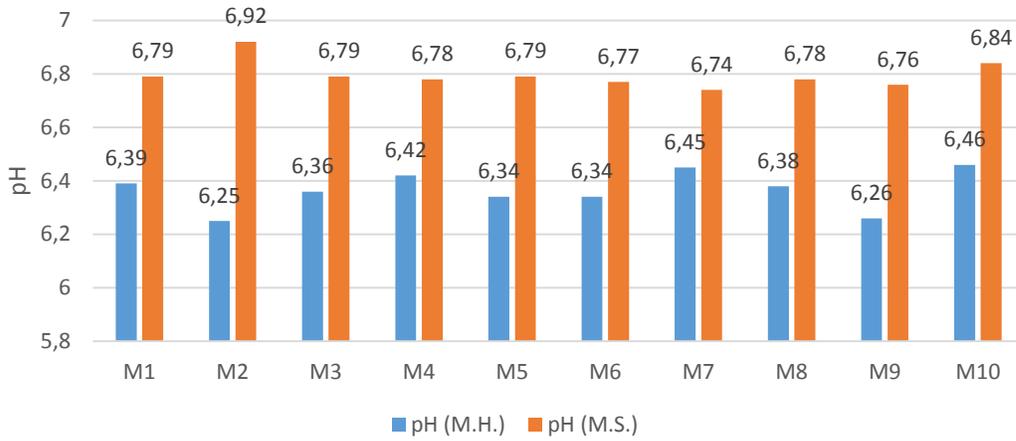
### Método Seco

Muestra	M1 (pH)	M2 (pH)	M3 (pH)	M4 (pH)	M5 (pH)	M6 (pH)	M7 (pH)	M8 (pH)	M9 (pH)	M10 (pH)
1	6.67	6.75	6.62	6.68	6.74	6.79	6.7	6.63	6.5	6.65
2	6.86	6.92	7	6.98	6.76	6.66	6.66	6.84	6.9	6.95
3	6.85	7.08	6.74	6.67	6.86	6.86	6.87	6.86	6.88	6.91
Promedio	6.793	6.917	6.787	6.777	6.787	6.77	6.743	6.777	6.76	6.84

### Promedio de los pH obtenidas de los dos métodos

pH (M.H.)	pH (M.S.)
6.39	6.79
6.25	6.92
6.36	6.79
6.42	6.78
6.34	6.79
6.34	6.77
6.45	6.74
6.38	6.78
6.26	6.76
6.46	6.84

## pH Del Almidón Obtenido Por Los Métodos Húmedo y Seco



## **Anexo H. Análisis ANOVA y Tukey para el pH del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

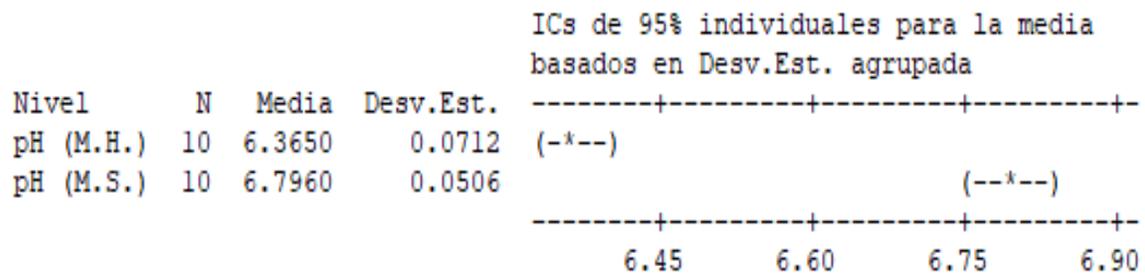
**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

Los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey muestran:

### ANOVA unidireccional: pH (M.H.); pH (M.S.)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.92881	0.92881	243.39	0.000
Error	18	0.06869	0.00382		
Total	19	0.99750			

S = 0.06177    R-cuad. = 93.11%    R-cuad. (ajustado) = 92.73%



Desv.Est. agrupada = 0.0618

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
pH (M.S.)	10	6.79600	A
pH (M.H.)	10	6.36500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo I. Determinación de temperatura de gelatinización.

### Método Húmedo

Muestra	M1 (°C)	M2 (°C)	M3 (°C)	M4 (°C)	M5 (°C)	M6 (°C)	M7 (°C)	M8 (°C)	M9 (°C)	M10 (°C)
1	59	60	60	60	60	59	60	59	59	60
2	60	60	60	59	60	59	50	60	59	59
3	60	59	59	60	59	60	60	62	59	60
Promedio	59.67	59.67	59.67	59.67	59.67	59.33	56.67	60.33	59	59.67

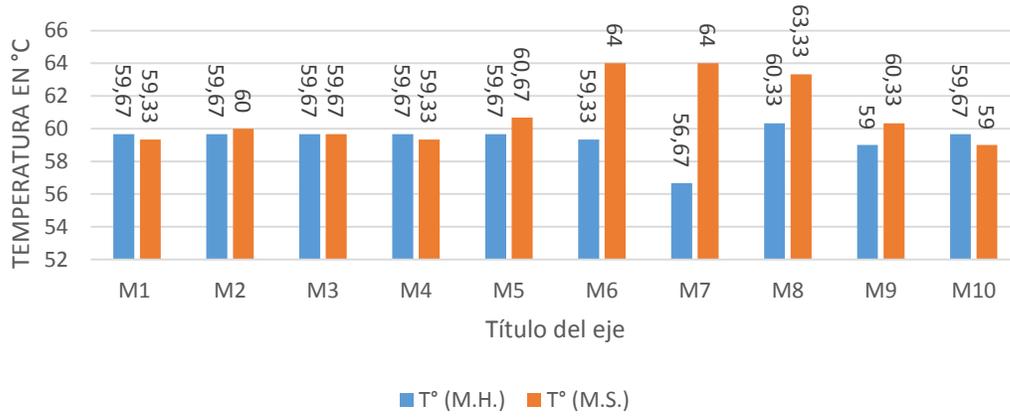
### Método Seco

Muestra	M1 (°C)	M2 (°C)	M3 (°C)	M4(°C)	M5 (°C)	M6 (°C)	M7 (°C)	M8 (°C)	M9 (°C)	M10 (°C)
1	60	59	60	59	59	60	64	62	60	59
2	60	59	60	59	59	68	64	62	61	58
3	58	62	59	60	64	64	64	66	60	60
Promedio	59.33	60	59.67	59.33	60.67	64	64	63.33	60.33	59

Promedio de la temperatura de gelatinización obtenidas de los dos métodos.

T° (M.H.)	T° (M.S.)
59.67	59.33
59.67	60
59.67	59.67
59.67	59.33
59.67	60.67
59.33	64
56.67	64
60.33	63.33
59	60.33
59.67	59

### Temperatura De Gelatinización Del Almidón Obtenido Por Los Métodos Húmedo y Seco



**Anexo J. Análisis ANOVA y Tukey para la temperatura de gelatinización del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

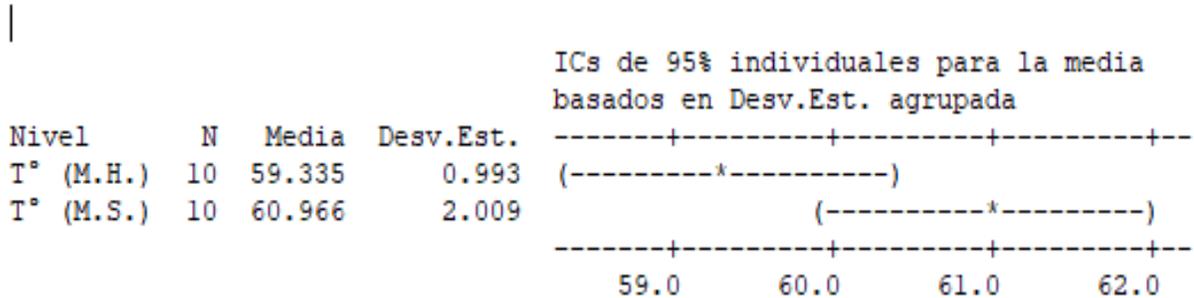
**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

Los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey muestran:

**ANOVA unidireccional: T° (M.H.); T° (M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	13.30	13.30	5.30	0.034
Error	18	45.20	2.51		
Total	19	58.50			

S = 1.585    R-cuad. = 22.74%    R-cuad.(ajustado) = 18.44%



Desv.Est. agrupada = 1.585

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
T° (M.S.)	10	60.966	A
T° (M.H.)	10	59.335	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo K. Prueba de yodo.

Método Húmedo.

Decoloración.

Muestra	M1 (min)	M2 (min)	M3 (min)	M4 (min)	M5 (min)	M6 (min)	M7 (min)	M8 (min)	M9 (min)	M10 (min)
1	01:48	01:50	01:38	01:51	02:00	01:39	01:49	01:51	01:37	01:46
2	01:43	01:48	01:38	01:46	01:00	01:37	01:46	01:31	01:36	01:42
3	01:40	01:45	01:26	01:43	00:51	01:20	01:43	01:28	01:27	01:30
Promedio	01:44	01:48	01:34	01:47	01:17	01:32	01:46	01:36	01:34	01:39

Recuperación de color.

Muestra	M1 (min)	M2 (min)	M3 (min)	M4 (min)	M5 (min)	M6 (min)	M7 (min)	M8 (min)	M9 (min)	M10 (min)
1	01:00	00:50	01:13	01:02	01:18	00:50	01:12	01:12	00:47	01:13
2	01:16	00:48	00:59	00:47	00:46	00:51	00:49	00:59	00:58	01:10
3	00:48	01:00	01:02	00:59	01:00	01:17	01:00	01:02	01:00	01:09
Promedio	01:01	00:53	01:05	00:56	01:02	00:59	01:00	01:04	00:55	01:11

Método Seco.

Decoloración.

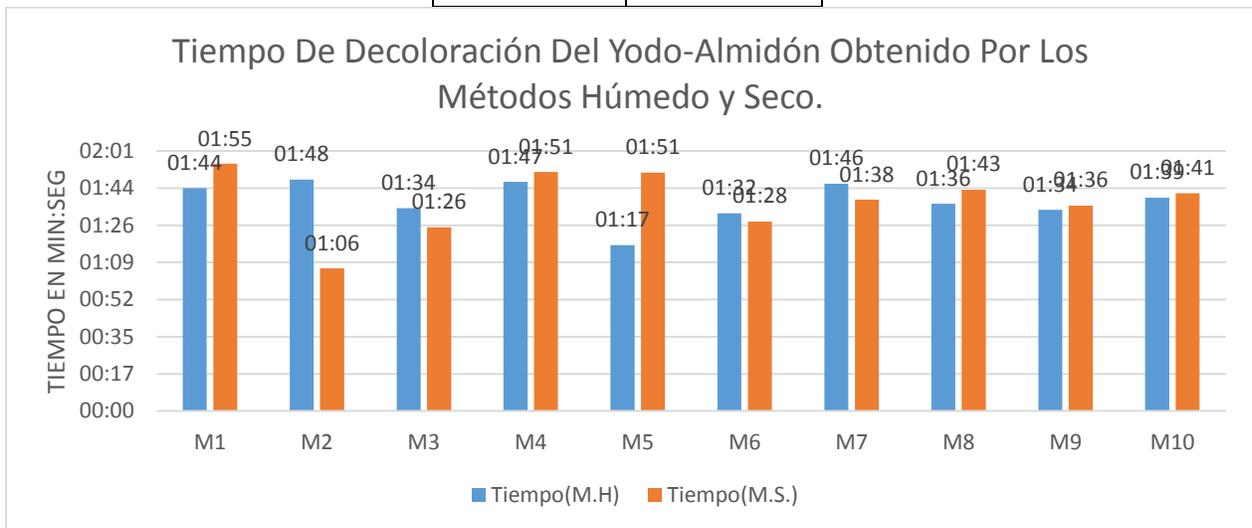
Muestra	M1 (min)	M2 (min)	M3 (min)	M4 (min)	M5 (min)	M6 (min)	M7 (min)	M8 (min)	M9 (min)	M10 (min)
1	01:59	01:48	01:09	01:52	01:59	01:42	01:50	01:50	01:41	01:53
2	01:46	00:46	01:19	01:51	01:48	01:30	01:45	01:48	01:45	01:48
3	01:59	00:45	01:49	01:51	01:45	01:12	01:19	01:31	01:20	01:23
Promedio	01:55	01:06	01:26	01:51	01:51	01:28	01:38	01:43	01:36	01:41

Recuperación de color.

Muestra	M1 (min)	M2 (min)	M3 (min)	M4 (min)	M5 (min)	M6 (min)	M7 (min)	M8 (min)	M9 (min)	M10 (min)
1	01:00	01:20	01:04	01:30	01:18	01:15	01:12	01:12	01:17	01:28
2	01:08	01:29	01:19	01:27	01:22	01:24	01:04	01:29	01:12	01:15
3	01:30	01:25	01:19	00:49	01:21	01:16	01:27	01:30	01:30	01:14
Promedio	01:13	01:25	01:14	01:15	01:21	01:18	01:15	01:24	01:20	01:19

Promedio del tiempo de decoloración del almidón obtenido de los dos métodos.

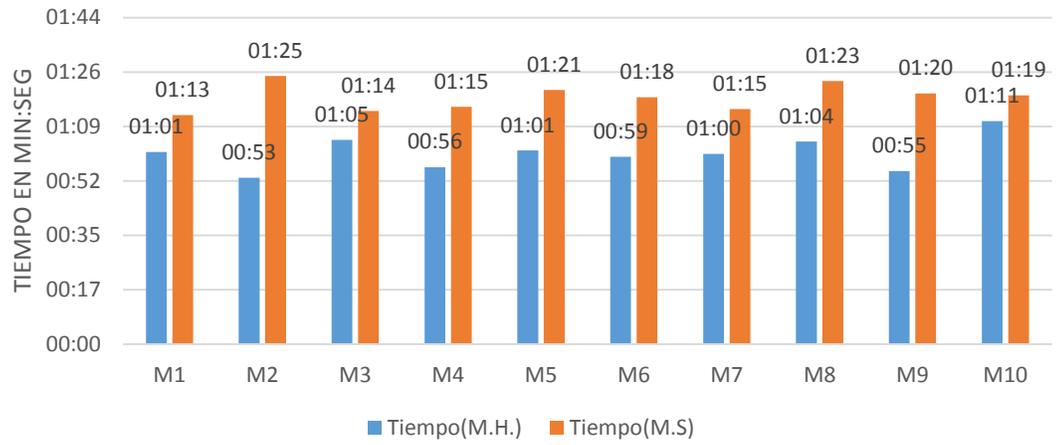
Tiempo(M.H)	Tiempo(M.S.)
01:44	01:55
01:48	01:06
01:34	01:26
01:47	01:51
01:17	01:51
01:32	01:28
01:46	01:38
01:36	01:43
01:34	01:36
01:39	01:41



Promedio del tiempo de recuperación del color del almidón obtenido de los dos métodos.

Tiempo(M.H.)	Tiempo(M.S.)
01:01	01:13
00:53	01:25
01:05	01:14
00:56	01:15
01:01	01:21
00:59	01:18
01:00	01:15
01:04	01:23
00:55	01:20
01:11	01:19

### Tiempo De Recuperación Del Color Del Yodo-Almidón Obtenido Por Los Métodos Húmedo y Seco



**Anexo L. Análisis ANOVA y Tukey para la prueba de yodo del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

Para traspasar los datos a Minitab lo primero es convertir los minutos en segundos.

Minutos a segundos del tiempo de decoloración del almidón obtenido de los dos métodos.

Tiempo(M.H)	Tiempo(M.S.)
01:44	01:55
01:48	01:06
01:34	01:26
01:47	01:51
01:17	01:51
01:32	01:28
01:46	01:38
01:36	01:43
01:34	01:36
01:39	01:41

Tiempo(M.H)	Tiempo(M.S.)
104	115
108	66
94	86
107	111
77	111
92	88
106	98
96	103
94	96
99	101

Minutos a segundos del tiempo de recuperación del color del almidón obtenido de los dos métodos.

Tiempo(M.H.)	Tiempo(M.S.)
01:01	01:13
00:53	01:25
01:05	01:14
00:56	01:15
01:01	01:21
00:59	01:18
01:00	01:15
01:04	01:23
00:55	01:20
01:11	01:19

Tiempo(M.H.)	Tiempo(M.S.)
61	73
53	85
65	74
56	75
61	81
59	78
60	75
64	83
55	80
71	79

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

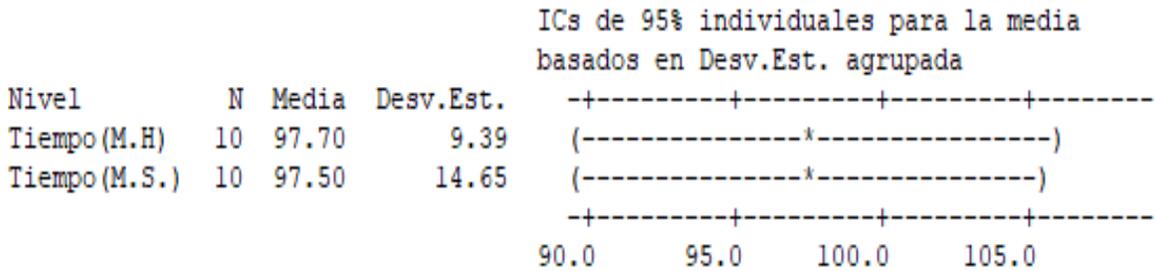
**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula `DISTR.F.INV` en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

Tiempo (segundos) De Decoloración Del Almidón Obtenido Por Los Métodos Húmedo y Seco.

**ANOVA unidireccional: Tiempo(M.H); Tiempo(M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0	0	0.00	0.971
Error	18	2725	151		
Total	19	2725			

S = 12.30 R-cuad. = 0.01% R-cuad.(ajustado) = 0.00%



Desv.Est. agrupada = 12.30

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
Tiempo (M.H)	10	97.70	A
Tiempo (M.S.)	10	97.50	A

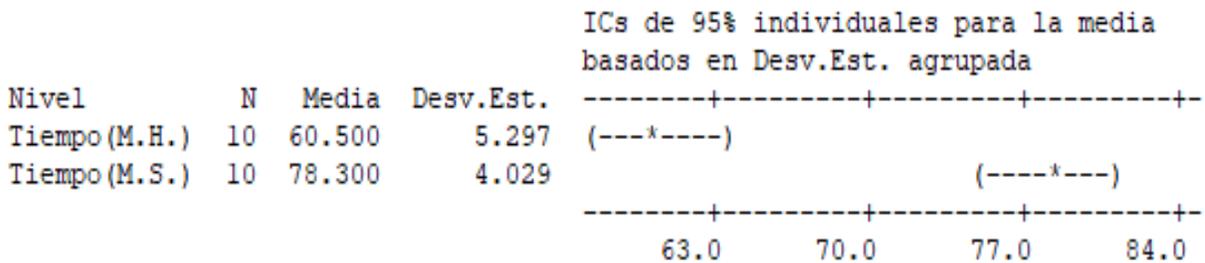
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tiempo (segundos) De Recuperación Del Color Del Almidón Obtenido Por Los Métodos Húmedo y Seco.

**ANOVA unidireccional: Tiempo(M.H.); Tiempo(M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	1584.2	1584.2	71.54	0.000
Error	18	398.6	22.1		
Total	19	1982.8			

S = 4.706 R-cuad. = 79.90% R-cuad. (ajustado) = 78.78%



Desv.Est. agrupada = 4.706

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
Tiempo(M.S.)	10	78.300	A
Tiempo(M.H.)	10	60.500	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Anexo M. Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH).**

Promedio de los datos obtenidos en el método húmedo.

Método Húmedo.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06
Crisol	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57
Vaso de precipitado	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	42.38
Tubos con gel	21.31	21.07	21.31	21.68	20.64	17.62	19.24	20.73	20.67	20.52
Vaso de precipitado + sobrenadante	74.75	65.2	76.04	91.27	74.86	67.74	77.71	94.18	74.57	63.41
Crisol + sobrenadante	56.51	49.13	56.79	56.34	56.53	51.72	58.41	59.26	56.31	47.34
Crisol + Insolubles	35.38	26.7	35.74	36.57	35.41	29.2	36.16	36.6	35.44	26.6

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95
Crisol	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54
Vaso de precipitado	54.78	71.27	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	42.38	54.78	71.27
Tubos con gel	20.61	20.59	19.99	19.87	20.6	21.27	20.02	19.68	20.29	19.83
Vaso de precipitado + sobrenadante	75.12	93.36	75.16	63.48	76.7	93.76	76.09	64.01	76.09	94.87
Crisol + sobrenadante	55.84	58.43	57.01	47.49	57.37	58.79	57.86	48.45	57.61	59.09
Crisol + Insolubles	35.76	36.6	35.4	26.6	35.15	36.6	35.4	26.6	35.75	36.74

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06
Crisol	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57
Vaso de precipitado	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	42.38
Tubos con gel	21.32	20.52	21.22	21.58	20.7	20.53	20.62	20.6	19.99	20.87

Vaso de precipitado + sobrenadante	74.62	65.21	75.98	91.3	74.61	63.39	75.12	93.4	75.17	63.5
Crisol + sobrenadante	56.5	49.11	56.77	56.32	56.29	47.34	55.81	58.41	57.86	47.76
Crisol + Insolubles	35.38	26.71	35.75	36.6	35.4	26.61	35.77	36.61	35.41	27.04

Calcula para Índice de Absorción de Agua (IAA).

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra}}$$

Para Índice de solubilidad ISA

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}(g) \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra}}$$

Poder de hinchamiento PH

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

Índice de Absorción de Agua (IAA).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
IAA <sub>1</sub>	6.232	6.408	6.144	6.184	5.696	3.648	4.488	5.424	5.72	5.968
IAA <sub>2</sub>	5.584	5.312	5.176	5.448	5.576	5.856	5.2	5.296	5.328	4.704
IAA <sub>3</sub>	6.24	5.968	6.072	6.104	5.744	5.976	5.592	5.32	5.176	6.248
IAA	6.0187	5.896	5.7973	5.912	5.672	5.16	5.093	5.3467	5.408	5.64

Para Índice de solubilidad (ISA) y Poder de hinchamiento (PH) se obtuvo:

Muestra	IAA	%ISA	%PH
M1	6.0187	7.9087	6.0801
M2	5.896	7.676	5.9513
M3	5.7973	7.2673	6.7849
M4	5.912	7.802	5.9734
M5	5.672	7.452	5.7273
M6	5.16	6.63	6.1476
M7	5.093	6.983	5.1544
M8	5.3467	7.1267	5.402

M9	5.408	6.878	6.3956
M10	5.64	7.53	5.7014

Método Seco.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06
Crisol	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57
Vaso de precipitado	53.56	42.38	54.78	71.27	53.56	59.19	54.78	71.27	53.56	59.19
Tubos con gel	22.27	22.33	22.35	19.04	20.89	20.52	18.92	20.33	21.16	20.82
Vaso de precipitado + sobrenadante	74.56	62.92	75.63	95.84	81.57	87.78	81.63	100.12	80.56	86.58
Crisol + sobrenadante	56.24	46.79	56.09	60.79	63.21	54.86	62.17	65.1	62.27	53.78

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95
Crisol	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54
Vaso de precipitado	54.78	71.27	53.56	59.19	54.78	71.27	53.56	59.19	54.78	71.27
Tubos con gel	19.86	20.61	20.98	20.59	20.07	20.4	20.58	20.47	20.85	18.75
Vaso de precipitado + sobrenadante	81.69	98.95	80.42	86.26	81.92	99.66	76.93	83.08	77.48	96.53
Crisol + sobrenadante	62.34	63.93	62.15	53.46	62.57	64.72	58.61	50.16	58.06	61.49

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Tubos	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06	13.63	13.95	13.52	13.06
Crisol	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57	35.72	36.54	35.35	26.57
Vaso de precipitado	53.56	59.19	54.78	71.27	53.56	59.19	54.78	71.27	53.56	59.19
Tubos con gel	21.12	21.45	19.33	20.43	20.96	21.32	17.14	21.31	21.28	21.29
Vaso de precipitado + sobrenadante	82.33	86.78	80.43	87.12	81.12	87.18	82.39	97.95	80.32	86.36
Crisol + sobrenadante	62.75	53.86	61.17	64.91	61.87	54.18	61.94	62.93	61.95	54.56

Calcula para Índice de Absorción de Agua (IAA).

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra}}$$

Para Índice de solubilidad ISA

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}(g) \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra}}$$

Poder de hinchamiento PH

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}(g)}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

Índice de Absorción de Agua (IAA).

IAA <sub>1</sub>	7	7.416	6.976	4.072	5.896	5.968	4.232	5.104	6.112	6.208
IAA <sub>2</sub>	4.984	5.328	5.968	6.024	5.152	5.16	5.648	5.928	5.776	3.84
IAA <sub>3</sub>	6.08	6.712	4.56	5.184	5.952	6.608	2.856	5.888	6.208	6.584
IAA	6.0213	6.48533	5.8347	5.0933	5.667	5.912	4.245	5.64	6.032	5.544

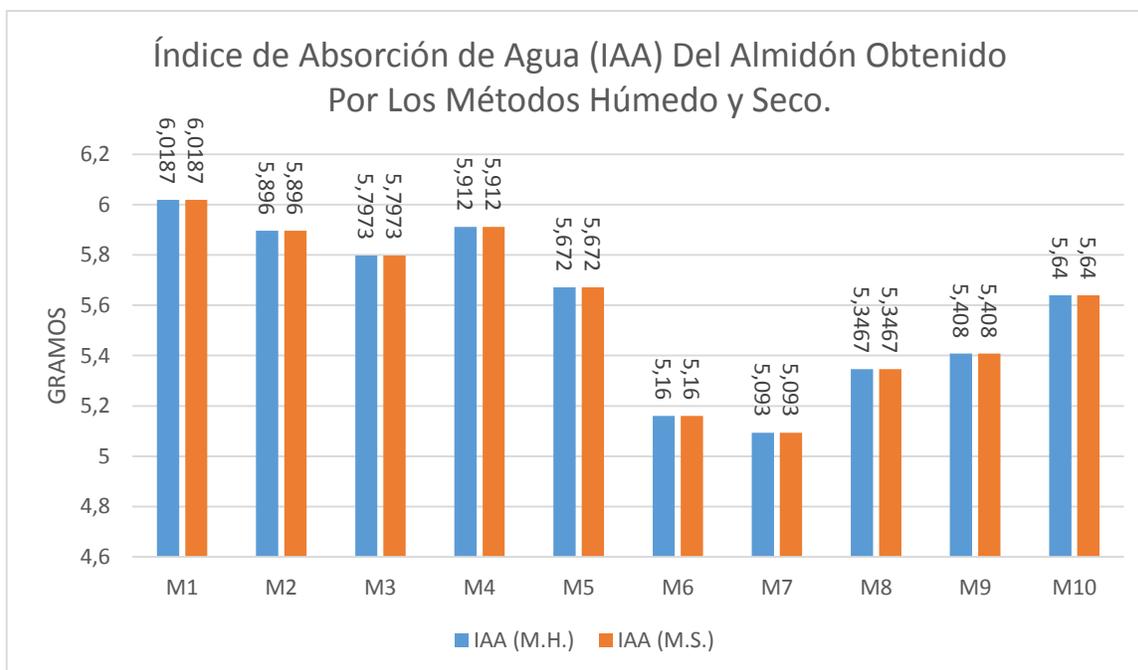
Para Índice de solubilidad (ISA) y Poder de hinchamiento (PH) se realiza obteniendo:

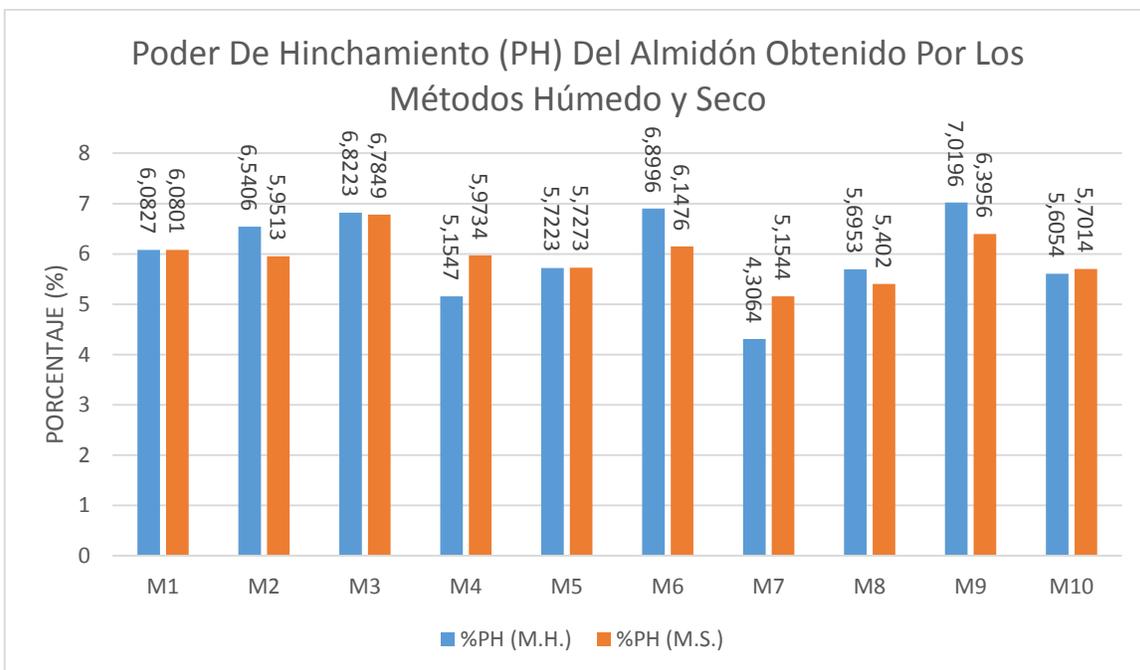
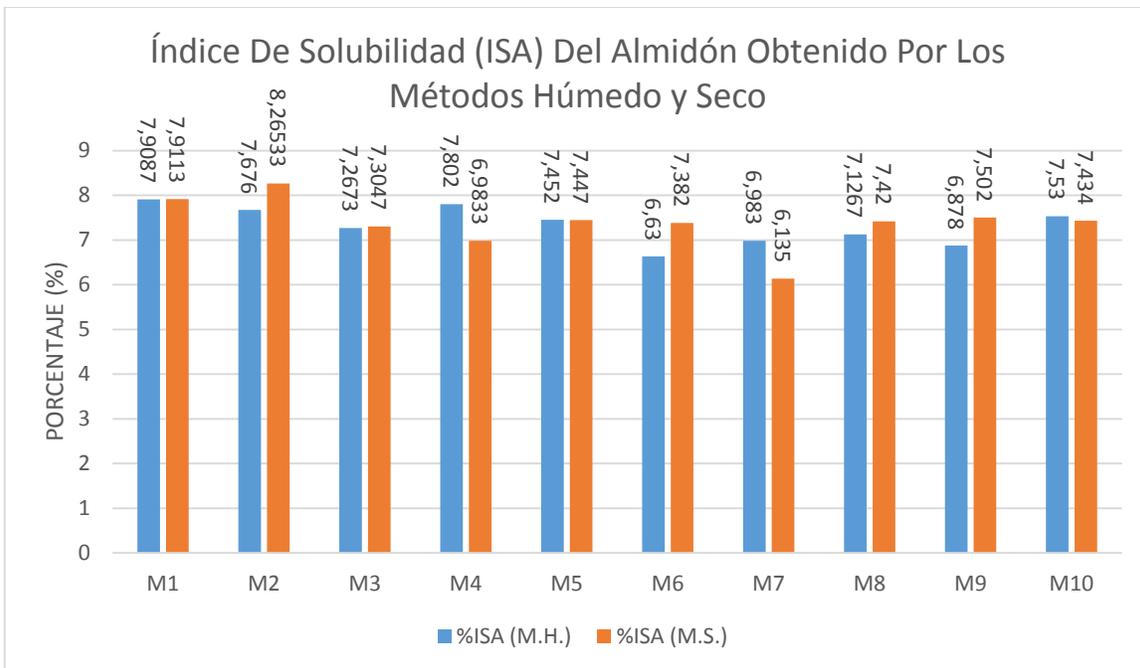
Muestra	IAA	%ISA	%PH
M1	6.0213	7.9113	6.0827
M2	6.4853	8.26533	6.5406
M3	5.8347	7.3047	6.8223
M4	5.0933	6.9833	5.1547
M5	5.667	7.447	5.7223
M6	5.912	7.382	6.8996
M7	4.245	6.135	4.3064
M8	5.64	7.42	5.6953
M9	6.032	7.502	7.0196
M10	5.544	7.434	5.6054

Muestra	IAA	%ISA	%PH
M1	6.0187	7.9087	6.0801
M2	5.896	7.676	5.9513
M3	5.7973	7.2673	6.7849

M4	5.912	7.802	5.9734
M5	5.672	7.452	5.7273
M6	5.16	6.63	6.1476
M7	5.093	6.983	5.1544
M8	5.3467	7.1267	5.402
M9	5.408	6.878	6.3956
M10	5.64	7.53	5.7014

Muestra	IAA (M.H.)	IAA (M.S.)		%ISA (M.H.)	%ISA (M.S.)		%PH (M.H.)	%PH (M.S.)
M1	6.0187	6.0187		7.9087	7.9113		6.0827	6.0801
M2	5.896	5.896		7.676	8.26533		6.5406	5.9513
M3	5.7973	5.7973		7.2673	7.3047		6.8223	6.7849
M4	5.912	5.912		7.802	6.9833		5.1547	5.9734
M5	5.672	5.672		7.452	7.447		5.7223	5.7273
M6	5.16	5.16		6.63	7.382		6.8996	6.1476
M7	5.093	5.093		6.983	6.135		4.3064	5.1544
M8	5.3467	5.3467		7.1267	7.42		5.6953	5.402
M9	5.408	5.408		6.878	7.502		7.0196	6.3956
M10	5.64	5.64		7.53	7.434		5.6054	5.7014





**Anexo N. Análisis ANOVA y Tukey para el Índice de absorción (IAA), Índice de solubilidad (ISA), Poder de hinchamiento (PH), del almidón obtenido de la oca con MINITAB.**

**La regla de decisión:** se rechaza la hipótesis nula si la F calculada es mayor o igual a la F crítica, sabiendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) dice que la media de los tratamientos son iguales mientras que la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) indica que por lo menos una de la media de los tratamientos es diferente.

**La conclusión por parte del ANOVA** se obtiene comparando la F calculada ya obtenido, con la F crítica, misma que se calcula utilizando la fórmula DISTR.F.INV en Excel usando los grados de libertad obtenidos en la tabla ANOVA. Obteniendo una F crítica de 4.4138. Por lo que la F calculada es mayor a la F crítica.

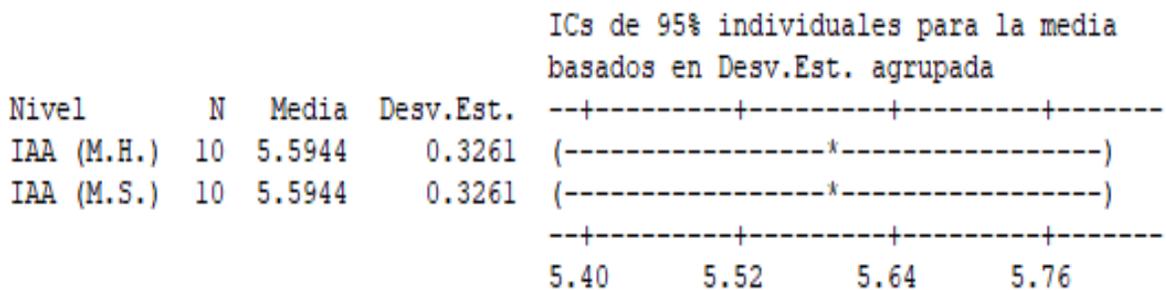
Una vez colocado estos datos en el programa se hace los análisis de ANOVA y la comparación de Tukey se obtiene:

Índice de absorción (IAA).

### ANOVA unidireccional: IAA (M.H.); IAA (M.S.)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.000	0.000	0.00	1.000
Error	18	1.915	0.106		
Total	19	1.915			

S = 0.3261    R-cuad. = 0.00%    R-cuad.(ajustado) = 0.00%



Desv.Est. agrupada = 0.3261

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
IAA (M.S.)	10	5.5944	A
IAA (M.H.)	10	5.5944	A

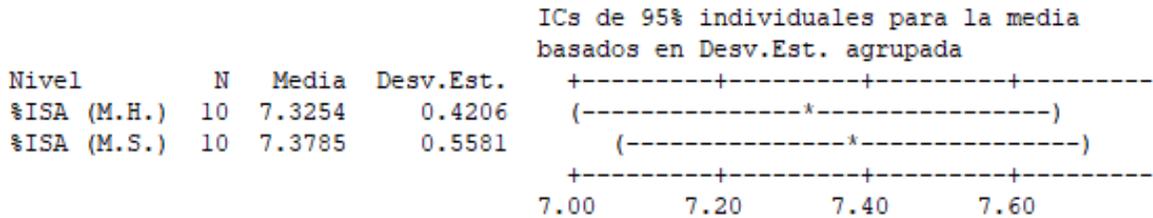
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Índice de solubilidad (ISA).

**ANOVA unidireccional: %ISA (M.H.); %ISA (M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.014	0.014	0.06	0.813
Error	18	4.395	0.244		
Total	19	4.409			

S = 0.4941 R-cuad. = 0.32% R-cuad.(ajustado) = 0.00%



Desv.Est. agrupada = 0.4941

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
%ISA (M.S.)	10	7.3785	A
%ISA (M.H.)	10	7.3254	A

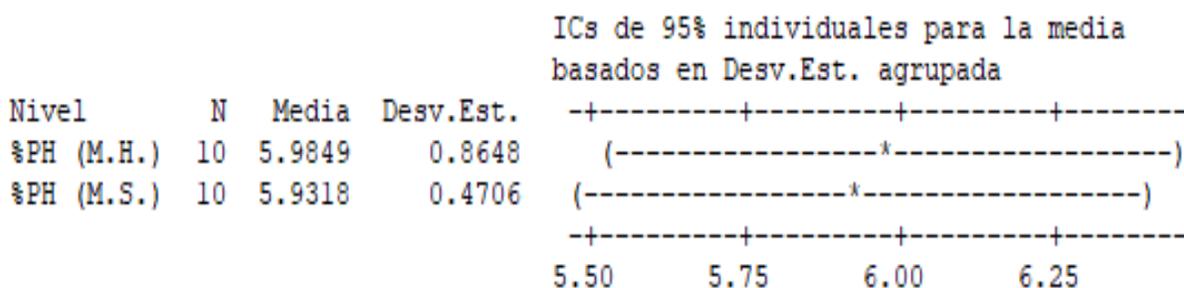
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Poder de hinchamiento (PH).

**ANOVA unidireccional: %PH (M.H.); %PH (M.S.)**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.014	0.014	0.03	0.867
Error	18	8.724	0.485		
Total	19	8.738			

S = 0.6962    R-cuad. = 0.16%    R-cuad.(ajustado) = 0.00%



Desv.Est. agrupada = 0.6962

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
%PH (M.H.)	10	5.9849	A
%PH (M.S.)	10	5.9318	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

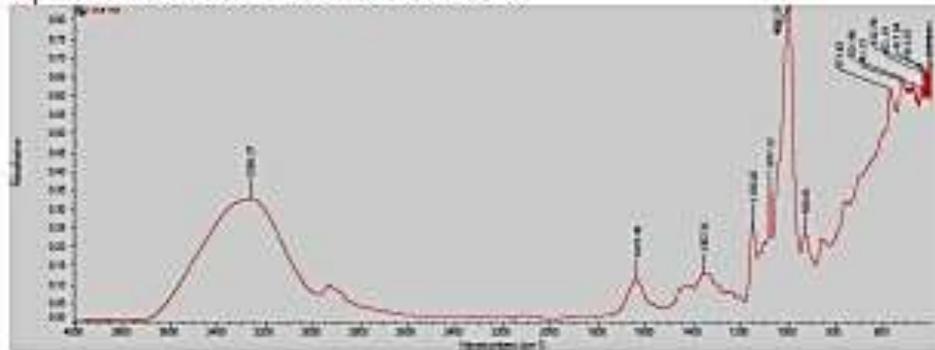
Anexo O. Espectros corridos en FTIR, espectrofotómetro Nicolet iS10.

5/21/2019  
8:04 AM

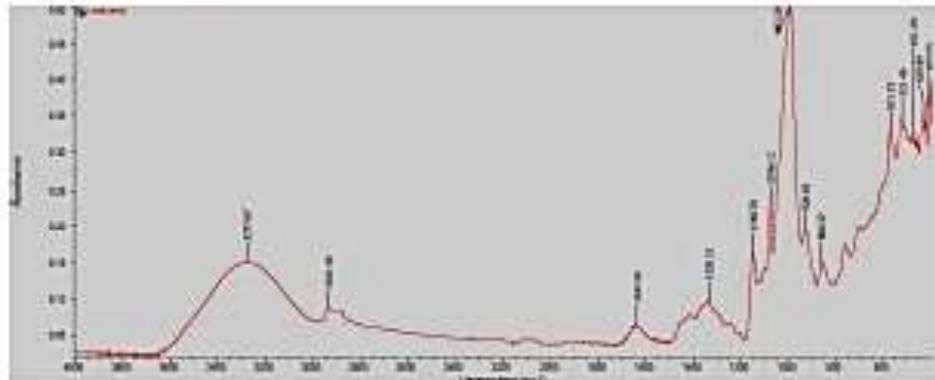


Software version: OMNIC Spectra 2.2.43  
Instrument type: Nicolet iS10  
Instrument serial number: AKX1814326

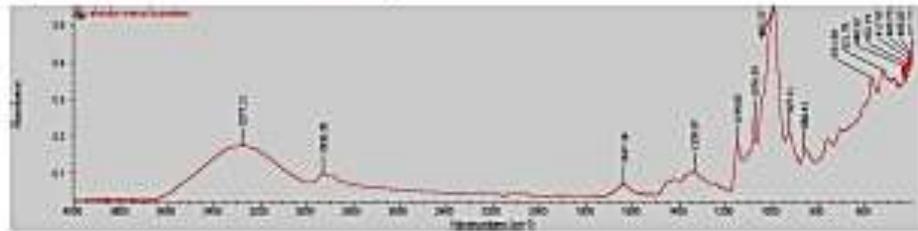
Espectro FTIR del almidón de oca método húmedo.



Espectro FTIR del almidón de oca seco.



Espectro FTIR del almidón comercial de yuca La Pradera.



Espectro FTIR del almidón de Maicena

