

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FONDO DE APOYO A LA INVESTIGACION

UPAO 2017 II



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Compuestos bioactivos y funcionales en plantas nativas y subproductos de la agroindustria y su aplicación en alimentos

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Aislamiento y caracterización de almidón extraído a partir de semilla de palta
(*Persea americana* Mill) variedad Hass

AUTOR: Ms. Gabriela Barraza Jáuregui

TRUJILLO – PERÚ

2017

Aislamiento y caracterización de almidón extraído a partir de semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad Hass

I. SECCION A: DATOS GENERALES

1.1. Título

Aislamiento y caracterización de almidón extraído a partir de semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad Hass.

1.2. Línea de investigación de la Facultad/Área

Compuestos bioactivos y funcionales en plantas nativas y subproductos de la agroindustria y su aplicación en alimentos.

1.3. Unidad académica (Facultad/Escuela profesional/otra

Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

1.4. Equipo investigador

Investigador Principal: Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

Co-Investigador: José Luis Soriano Colchado

Estudiante: Leslie Labán Castillo (VII ciclo)

1.5. Institución y/o lugar donde se ejecutará el proyecto

Universidad Privada Antenor Orrego

Universidad Nacional de Trujillo

Universidad Nacional Agraria LA Molina - Lima

1.6. Duración (Fecha de Inicio y término)

Enero 2018 – diciembre 2018.

SECCIÓN B: PLAN DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La palta se comercializa en todo el mundo y se transforma en productos de valor añadido tales como guacamole, puré y aceites, entre otros. Estos productos utilizan sólo la pulpa, dejando cerca de 148,000 t de semillas como subproducto de desechos, que si no se descartan adecuadamente, podrían promover plagas, como insectos y roedores, planteándose un serio desafío para su eliminación (Gutiérrez, et al., 2010).

Las semillas de la palta son una fuente potencial alternativa de almidón, por lo que pueden ser consideradas como como parte del boom actual en la identificación del uso y aplicaciones de subproductos vegetales, (Ceballos & Montoya, 2013). Además, la utilización de los subproductos de estas frutas podría originar en la agroindustria, un incremento de la rentabilidad industrial al aprovechar los residuos generados (Ayala-Zabala, et al., 2011).

Sin embargo, durante el proceso de extracción del almidón, en la etapa de purificación, se utiliza hidróxido de sodio en solución, cuya concentración y tiempo de tratamiento varían, entre 0.01 a 0.1 M y 6 a 360 min, respectivamente. Por lo que se hace necesario la optimización de estos parámetros para evitar la modificación química del almidón.

Por lo anteriormente mencionado, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la concentración de hidróxido de sodio y tiempo de tratamiento que permita obtener las características fisicoquímicas, reológicas y térmicas más adecuadas de almidón extraído de semilla de palta.

1.2. Antecedentes

Chel-Guerrero et al. (2016) evaluaron diferentes solventes de extracción para aislar el almidón de las semillas de palta, así como sus características reológicas, comparándolas con almidón de maíz. Se suspendió el polvo de semilla de aguacate en una solución que contenía Tris 2 mM, NaCl 7.5 mM y NaHSO₃ 80 mM (disolvente A) o solución de bisulfito sódico (1500 ppm SO⁻², disolvente B). El tipo de disolvente no tuvo influencia ($p > 0.05$) sobre las propiedades del almidón. El contenido de amilosa fue del 15-16%. El intervalo de temperatura de gelatinización fue 56-74 °C, temperatura pico 65.7 °C, y la entalpía de transición 11.4-11.6 J/g. A 90 °C, la solubilidad fue 19-20%, el poder de hinchamiento 28-30 g de agua/g de almidón y la capacidad de absorción de agua 22-24 g de agua/g almidón. Las propiedades de formación de pasta fueron temperatura inicial 72 °C; viscosidad máxima 380-390 BU. Las dispersiones (5% p/v) de almidón de semilla de palta se caracterizaron como sistemas viscoelásticos, con $G' > G''$. Indicaron que el almidón de semilla de palta podría tener aplicaciones potenciales como agente espesante y gelificante en los sistemas alimentarios, como un vehículo en sistemas farmacéuticos y como ingrediente en polímeros biodegradables para envasado de alimentos.

Jaiswal y Kumar (2015) aislaron almidón a partir de semillas de Shahi Litchi usando dos medios de extracción: ácido (ácido cítrico al 0.3%, peso/peso) (LN) y alcalino (NaOH 0.5%, p/p) (LC) y evaluaron sus propiedades estructurales, morfológicas y funcionales. El rendimiento porcentual de LN y LC fue de 11% y 12.6%, respectivamente. Las propiedades morfológicas de ambos almidones mostraron la misma estructura, pero con presencia de gránulos compuestos en almidón LN. Se encontró que el contenido de humedad, contenido de amilosa, era mayor en el almidón LC que en el almidón LN, lo que indica que el medio de extracción afecta las propiedades del almidón. El análisis por FTIR confirmó la naturaleza de los polisacáridos de ambos almidones aislados,

y los datos de TGA de ambos almidones revelaron una diferencia ligera en la estabilidad con la temperatura.

Madruga et al. (2014) caracterizaron las propiedades químicas, morfológicas y funcionales almidón extraído de semillas de jackfruit. Para la extracción, las semillas fueron separadas de la pulpa, peladas, cortadas en trozos pequeños y dejadas en remojo durante 24 h en una mezcla de metabisulfito de sodio (0.2%). El almidón fue extraído por molienda de la materia prima con metabisulfito de sodio en una licuadora a baja velocidad durante 30 min. Después de la homogeneización, la mezcla se procesó a través de un tamiz de malla 200 (0,074 mm). Las muestras fueron decantadas dos veces durante 24 h, con re-suspensión en metabisulfito sódico y centrifugación a 5000 rpm durante 15 min entre cada decantación; descartando los sobrenadantes. El almidón sedimentado se extendió sobre una bandeja y se secó en un liofilizador - Terroni Equipamentos LTDA (LS 3000, São Paulo, Brasil) a una temperatura de 45 °C. El almidón seco se pulverizó y se almacenó en un recipiente de plástico bajo refrigeración hasta su uso. Los gránulos de almidón presentaron forma redonda y de campana y cortes en su superficie, con patrón de cristalinidad de tipo A, similares a los almidones de cereales. El poder de hinchamiento y la solubilidad del almidón se incrementaron con el aumento de la temperatura, mostrando pastas opacas. El almidón extraído de semillas suaves, mostró temperaturas de gelatinización inicial y final de 36 °C y 56 °C, respectivamente; mientras el almidón de semillas duras presentó gelatinización inicial a 40 °C y final a 61 °C. Estos resultados sugieren que las almendras de la semilla del jackfruit podrían ser utilizadas en productos alimenticios

Pérez-Pacheco et al. (2014) aislaron almidón de semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y determinaron su composición química y características físicas y microscópicas, utilizando almidón de maíz como referencia. Los frutos de Ramón se seleccionaron en base a la madurez fisiológica, caracterizada por un cambio de color; desde el verde hasta el amarillo-naranja. La testa se retiró manualmente para obtener las semillas

que luego se secaron en un horno de convección (SHELL LAB 1350FX-10) a 70 °C durante 72 h. Posteriormente se realizaron la molienda y tamizado a través de tamiz de malla 100. Para la extracción de almidón se mezclaron 500 gramos de harina de semilla de Ramón con 5 L de solución de bisulfito de sodio (0.1%, p / v) y se dejó reposar durante 12 h; el pH se ajustó a 10 con NaOH 1 N y la mezcla se dejó reposar durante otros 30 min a temperatura ambiente. La suspensión se filtró luego a través de filtros de tela de plástico (malla 100) para separar el residuo (fibra) de la sustancia líquida (proteínas y almidón); el residuo se sometió de nuevo al proceso de extracción para obtener la cantidad máxima de almidón. La suspensión (proteína y almidón) se tamizó una vez más a través de una malla de malla 200 y la fracción líquida se dejó precipitar durante 30 minutos y el sobrenadante se eliminó con un sifón. El líquido restante se lavó tres veces mediante re-suspensión en agua destilada y el almidón se recuperó después del lavado final centrifugando a 2500 rpm durante 10 min. Después del aislamiento, el almidón se secó en un horno de convección a 60 °C durante 24 h, se molió hasta un tamaño de 0.5 mm y se tamizó a través de una malla 100 mesh. Finalmente, el almidón se almacenó en recipientes de vidrio herméticamente cerrados hasta el análisis posterior. Indicaron que los gránulos de almidón de semillas de Ramón fueron ovalados-esféricos y redondeados con tamaños entre 6.5 y 15 μm . La pureza del almidón fue alta (92.57%) con contenido de amilosa del 25.36%. La temperatura de gelatinización fue de 83.05 °C y la entalpía de transición fue 21.423 J/g. El pH, la claridad y el color (ángulo de tono) del almidón de Ramón fueron mayores que los reportados para el almidón de maíz. Los resultados obtenidos sugieren que el almidón de semillas de Ramón tiene potencial de aplicación en sistemas alimentarios que requieren altas temperaturas de procesamiento y también es una opción prometedora para su uso en la fabricación de materiales biodegradables.

Builders et al. (2010) aislaron almidón de semilla de palta (*Persea americana* Mill.) y evaluaron su potencial como una alternativa al uso del almidón de maíz como excipiente en productos farmacéuticos. Realizaron la extracción quitando la capa exterior y el mesocarpio carnoso comestible

de la fruta con un cuchillo de cocina. Las semillas fueron cortadas en trozos pequeños y se remojaron en una solución de metabisulfito sódico de (0,075 % p / v) durante 24 h para prevenir el pardeamiento. Las semillas hidratadas fueron trituradas usando un homogeneizador Braun (Tipo 4142, Alemania). La suspensión se filtró a través de un tamiz de tela de muselina fina de 150 mm de abertura de malla. La suspensión obtenida se dejó reposar durante 12 h para la sedimentación completa del almidón antes de decantar el sobrenadante. La torta de almidón resultante se secó al aire durante 6 h y luego a 50 °C durante 16 h. El almidón seco se pulverizó y se almacenó en un recipiente seco hermético hasta su uso. Sus propiedades físico-químicas y térmicas fueron evaluadas y comparadas con las del almidón de maíz. El rendimiento de almidón extraído fue de $20.5 \pm 0.55\%$ p/p. La microscopía electrónica de barrido (SEM) mostró que el almidón de semilla de palta presenta formas triangulares y circulares, ambos con una distribución aproximadamente similar. Los gránulos triangulares fueron de mayor tamaño (28 a 32 mm) que los circulares (6 a 9 mm). La capacidad de formación de espuma fue de $19.05 \pm 0.6\%$, capacidad de hinchamiento, absorción de humedad y claridad de la pasta fueron generalmente inferiores a los del almidón de maíz. El almidón de semilla de palta mostró sinéresis que aumentó de forma acumulativa con el aumento del número de ciclos congelación-descongelación. Las temperaturas de transición vítrea (T_g) y de gelatinización del almidón de semilla de palta fueron mayores que el del almidón de maíz. Las temperaturas de fusión (T_m), el contenido de cenizas, mostraron similitudes con las determinadas para el almidón de maíz. Las tabletas preparadas con pastas de almidón de semilla de palta como aglutinante mostraron compactibilidad y resistencia mecánica superior a las del almidón de maíz pero con características de flujo similares.

Sandhu y Lim (2008) estudiaron las características estructurales y digestibilidad de los almidones aislados de las semillas de dos cultivares de mango (Chausa y Kuppi) y se compararon con las características de almidón de maíz comercial. Para aislar el almidón, secaron las semillas a

40 °C en un secador de aire caliente durante 10 h. Extrajeran el núcleo triturando la pepa y los trozaron (2 cm²), posteriormente fueron sumergidos en solución con 0.16% de bisulfito de sodio durante 12 h a 50 °C. Luego, el agua fue drenada, y los núcleos fueron triturados. La suspensión fue filtrada (malla 100) y el filtrado se dejó en reposo durante 1 h. El sobrenadante se eliminó por succión y la capa de almidón sedimentada se re-suspendió en agua destilada y se centrifugó a 2800 rpm durante 5 min. La capa superior se raspó y el almidón sedimentado se re-suspendió en agua destilada y se volvió a centrifugar 3-4 veces. Luego se secó en un horno de vacío a 50 °C a 100 mm Hg durante 6-7 h. El almidón extraído mostró un patrón de difracción de rayos X de tipo A, con cristalinidad relativa de 35.4% y 38.3%, respectivamente, para cultivares Kuppi y Chausa. La caracterización estructural obtenida, usando cromatografía de columna de exclusión de tamaño de alto rendimiento conectada a dispersión de luz láser de varios ángulos y detectores de índice de refracción (HPSEC-MALLS-RI), reveló que los almidones de semilla de mango tenían menor peso molecular (Mw) y menor radio de giro (Rg) de la amilopectina y amilosa en comparación con el almidón de maíz. El Mw de la amilopectina para los almidones de Chausa y Kuppi fue de 179×10^6 y 140×10^6 g/mol, respectivamente. Las cantidades de almidón fácilmente digerible (RDS) y almidón lentamente digerible (SDS) fueron menores para almidón de semilla de mango que los del almidón de maíz. Mientras que el contenido de almidón resistente (RS) (75.6% y 80.0%, respectivamente) fueron sustancialmente más altos en almidón de maíz (27.3%). Los valores del índice glucémico (GI) para los almidones de semilla de mango fueron de 48.8 y 50.9 (para Chausa y Kuppi, respectivamente), mientras que para el almidón de maíz fue de 74.8, lo que indica que el almidón aislado de semilla de mango, eran altamente resistentes a la digestión con contenidos significativos de RS.

1.3. Justificación

El palto (*Persea americana* Mill), nativo de México y Centroamérica, pertenece a la familia Lauraceae. Su fruto comercialmente valioso tiene alto contenido de aceite polinsaturado. Los centros de producción comercial son México, California, Chile, Israel, Australia, Sudáfrica y Perú, de los cuales, México es el mayor productor mundial, con 3.4 millones de toneladas de producción anual (Rengifo, 2014), mientras que el Perú es el segundo exportador mundial de paltas. Actualmente La Libertad es la primera región productora de palta en el Perú, con una producción anual de 97,470 toneladas, que constituye el 29% del total nacional (Agrodata, 2017).

El procesamiento de frutos de palta, como deshidratado, congelado, enlatado, entre otros, da como resultado residuos sustanciales, particularmente de semillas desechadas, que representan alrededor del 16% del peso seco de los frutos. Estos subproductos pueden causar problemas, como la propagación de plagas de insectos y roedores, así como generar gastos debido al alto costo del transporte a las zonas de deshecho. Estas semillas contienen aproximadamente 29% de almidón, que podría ser utilizado en diferentes industrias (Dabas et al., 2011).

Sin embargo, el almidón se puede extraer usando varios procesos, dependiendo de la fuente y su uso final. Generalmente, se realiza una molienda en húmedo, con posterior filtrado, para separar la fibra y luego, centrifugación o sedimentación para separar el almidón. El almidón es luego secado a $38\pm 2^{\circ}\text{C}$, molido, tamizado y envasado (Liu, 2005). En el caso de la extracción de almidón de los tubérculos, raíces y semillas, la molienda se lleva a cabo con una solución acuosa de bisulfito sódico a pH controlado para prevenir el pardeamiento enzimático (Paraginski, et al., 2014). La proporción agua sulfitada: materia prima y concentración empleada varían de acuerdo al producto: 2.5:2, solución de bisulfito de sodio (0.1%) (Paraginski, et al., 2014); 1:1, solución de metabisulfito de sodio (0.5%) (Luciano, 2016); solución de bisulfito de sodio 0.16% (Kaur

et al., 2004); 5:1, solución A (Tris 2 mM, pH 7.0, NaCl 7.5 mM y NaHSO_3 80 mM) y solución B (1500 ppm de SO_2) (Chel-Guerrero et al., 2016) respectivamente.

El almidón también puede extraerse a partir de la materia deshidratada por aire caliente a las temperaturas de 40 °C (Kaur et al., 2004) a 60 °C (Chel-Guerrero et al., 2016), con posterior trozado, suspensión en agua sulfitada, triturado, tamizado y centrifugado (Kaur et al., 2004). Sin embargo, temperaturas mayores a 40 °C pueden originar cambios estructurales en la molécula de almidón, modificando sus propiedades fisicoquímicas, tales como poder de hinchamiento y solubilidad (Malumba, et al., 2010), así como presentar un efecto negativo en la separación del almidón de la proteína (Altay y Gunasekaran, 2006), las cuales reducen el ingreso de agua a los gránulos durante la gelatinización, limitando las interacciones entre el agua y los componentes del almidón, elevando su temperatura de gelatinización (Malumba et al., 2010).

En algunos casos, la presencia de proteína insoluble y fibra fina, dificultan el aislamiento del almidón, por lo que el almidón aislado debe purificarse re-suspendiéndose en solución de hidróxido de sodio 0.05 mol/L con agitación constante durante 6 h, con posterior neutralización con solución de HCl 0.1 mol/L hasta pH 7.0 (Rengsutthi y Charoenrein, 2011) o con solución tampón pH 7.2 (fosfato de sodio 0.05 M /cloruro de sodio 1M) y posterior lavado con agua destilada para eliminar las sales (Díaz et al., 2016). Puede emplearse también una solución de NaOH (0.1 a 0.01 M) antes de la centrifugación y filtración para la purificación del almidón (Zhu, 2017). Este método da lugar a almidón con un alto rendimiento y grado de pureza (Mistry y Eckhoff, 1992). La concentración de álcali utilizada para el aislamiento del almidón (0.05-0.1%) debe ser menor que la requerida en la producción de derivados de almidón (5-10%), para que no provoque daños en los gránulos (Thys et al., 2008). Estos almidones presentan patrón de difracción de rayos X y morfología similar al almidón comercial, por lo que el álcali atacaría preferentemente las regiones amorfas en lugar de las cristalinas (Karim et al., 2008), sin embargo pueden presentar una

temperatura de formación de pasta más baja y mayor viscosidad (Collado y Corke, 1998).

El almidón separado por centrifugación o sedimentación, basado en la diferencia de densidad entre el almidón y otros componentes, se seca a temperaturas entre 38 a 40 °C por 12 h, o se modifica física, química o enzimáticamente para elaborar nuevos productos (derivados del almidón) y mejorar sus propiedades funcionales (Xie et al., 2005).

Lo anteriormente citado indica que, para la extracción de almidón de semilla de palta, fuente de almidón no convencional de almidón, se debe optimizar su proceso de extracción, para evitar modificaciones en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales y así evaluar su aplicación como ingrediente en sistemas alimentarios como alimentos para bebés, salsas, productos de pan, jaleas, caramelos y salchichas, así como su uso posible como vehículo en productos farmacéuticos y en polímeros biodegradables para envasado de alimentos.

1.4. Objetivos

Objetivo general	Resultados finales	Medios de verificación
Evaluar el efecto de la concentración de hidróxido de sodio y tiempo de tratamiento durante la etapa de purificación, en las características fisicoquímicas, reológicas y térmicas del almidón extraído a partir de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad	Indicar la concentración de hidróxido de sodio y tiempo de tratamiento durante la etapa de purificación, que permita obtener las características fisicoquímicas, reológicas y térmicas más adecuadas en el almidón extraído a partir de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad	Informe final presentado. 01 tesis de pre-grado presentada para sustentación. 01 artículo aceptado para publicación en revista indizada.

Hass.	Hass.	
Objetivos específicos	Resultados intermedios	Medios de verificación
Determinar las características fisicoquímicas del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass.	Caracterización fisicoquímica del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass. Se especificará para cada tratamiento evaluado.	Informe parcial de resultados.
Determinar las características reológicas del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass.	Caracterización reológica del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass. Se especificará para cada tratamiento evaluado.	Informe parcial de resultados.
Determinar las características térmicas del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass.	Caracterización térmica del almidón extraído de semilla de palta (<i>Persea americana</i> Mill) variedad Hass. Se especificará para cada tratamiento evaluado.	Informe parcial de resultados

1.5. Marco teórico

El palto (*Persea americana* Mill.) es un árbol frutal nativo de Mesoamérica y Centro América, pero actualmente se cultiva en todo el mundo. Es miembro de la familia Lauracea y los árboles maduros pueden alcanzar alturas de 15 a 30 m. Su fruto tiene una corteza verde oscuro y rugosa que pulpa verde-amarillenta rica en aceites, muy apreciada por sus propiedades sensoriales y nutricionales. Las semillas grandes representan un promedio de 15 a 16% del peso del fruto. La pulpa es una fuente importante de vitaminas (D, E, B6, B12 y C), minerales como el potasio, el fósforo, el calcio, el hierro y el sodio, aminoácidos esenciales (valina, lisina, fenilalanina, isoleucina, leucina, treonina y metionina) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y linolénico) (Lacerda y Colman, 2014).

La presencia de micro y macro-nutrientes en la pulpa de fruta es la principal razón para el constante aumento de su consumo. Entre las diferentes variedades palta, la variedad Hass es comúnmente cultivada debido a su mayor vida útil y a la demanda del mercado. Sin embargo, es importante entender que sólo se consume la pulpa de la fruta; la semilla de palta, que es aproximadamente el 16% del peso fresco total del fruto, se considera residuo agrícola y se desecha sin más aplicaciones (Avhad & Marchetti, 2015). Sin embargo, el posible uso de las semillas de palta, en función al almidón que contienen, podría reducir el costo total del fruto, (Lacerda y Colman, 2014).

Después de la celulosa, el almidón, es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética. Su concentración varía según el estado de madurez de la fuente. Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales

con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa. Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa (figura 2.21). En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa, y el resto de amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas “céreas” que están constituidas casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal (Xie et al., 2005).

Cuando se observa bajo un microscopio, los gránulos de almidón difieren en tamaño y forma. El tamaño de gránulo difiere considerablemente entre almidones y varía de 1 a 110 micras siendo el rango promedio de tamaño de 1 a 20 micras para los gránulos pequeños y de 20 a 110 micras para los grandes (Bertoft y Blennow, 2016). Los gránulos pequeños son esféricos u ovalados, pero los más grandes son generalmente elipsoidales, paralelepípedo o de forma irregular. Esta variación en la forma con el tamaño de los gránulos podría estar relacionado con el embalaje del gránulo durante el crecimiento de los órganos de almacenamiento. El espacio limitado disponible en las células de tubérculo puede conducir a una alteración en la forma del gránulo durante el crecimiento (Bertoft y Blennow, 2016).

Cuando las moléculas de almidón se calientan en exceso de agua, su estructura cristalina se interrumpe y las moléculas de agua se vinculan por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestos de las cadenas de amilosa y amilopectina, lo que provoca un aumento en la solubilidad e hinchazón de los gránulos. El poder de hinchamiento y

solubilidad proporcionan una evidencia de la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de los dominios amorfos y cristalinos. El alcance de esta interacción se ve influenciada por las características y relación de amilosa/amilopectina en términos de peso molecular, grado de distribución y conformación de las ramificaciones (Vamadevan y Bertoft, 2015).

El almidón de papa presenta más alto poder de hinchamiento que el almidón de cereales. Los gránulos de almidón de maíz y trigo pueden hincharse hasta 30 veces su volumen original y los gránulos de almidón de papa hasta 100 veces sin desintegrarse. El mayor poder de hinchamiento y mayor solubilidad del almidón de papa es probablemente debido a la presencia de un gran número de grupos fosfato en la molécula de amilopectina. La repulsión entre los grupos fosfato de cadenas adyacentes aumenta la hidratación por el debilitamiento de la unión dentro del dominio cristalino. Sin embargo, los gránulos pequeños muestran una mayor hidratación que los grandes, debido principalmente a su mayor área de superficial (Bertoft y Blennow, 2016).

Las diferencias en el comportamiento de hinchamiento y solubilidad de los almidones entre fuentes botánicas y entre los cultivares de cualquier fuente botánica son causadas por las diferencias del contenido de amilosa y lípidos, así como la organización del gránulo. La amilosa juega un papel importante en la hinchazón inicial de los gránulos, la cual se realiza más rápidamente después de que la amilosa ha sido lixiviada. El aumento de la solubilidad del almidón, con el aumento concomitante en la claridad de suspensión, se observa principalmente como resultado de la hinchazón de los gránulos, lo que permite la exudación de la amilosa. Los gránulos se convierten cada vez más susceptibles a la cizalla y a la desintegración, se hinchan y liberan el material soluble a medida que se desintegran. La pasta de almidón caliente es una mezcla de gránulos hinchados y fragmentos de gránulos, dispersados en una solución coloidal (Bertoft y Blennow, 2016).

El orden cristalino en gránulos de almidón es a menudo el factor básico subyacente que influye en sus propiedades funcionales. El colapso del orden cristalino dentro de los gránulos de almidón se manifiesta como cambios irreversibles en propiedades tales como hinchazón de gránulo, formación de pasta, pérdida de birrefringencia óptica, pérdida del orden cristalino, desenrollado y la disociación de las dobles hélices y solubilidad del almidón. El fenómeno de gelatinización se inicia en el hilio del gránulo y se hincha rápidamente a la periferia. La gelatinización se produce inicialmente en las regiones amorfas en contraposición a las regiones cristalinas de los gránulos, debido a que los enlaces de hidrógeno se debilitan en estas áreas. Las transiciones de orden-desorden que se producen en el calentamiento de una suspensión acuosa de gránulos de almidón se han investigado extensamente con el calorímetro de barrido (DSC). Las temperaturas de gelatinización del almidón (inicio, T_i ; pico, T_p ; final, T_f) y la entalpía de gelatinización (ΔH_{gel}) medida por DSC se relacionan con el grado de cristalinidad (Singh et al., 2003).

La temperatura de inicio refleja el inicio del proceso de gelatinización, que es seguido de un pico de temperatura y la temperatura final. Después de T_f , todas las dobles hélices de amilopectina están disociadas, aunque las estructuras granulares hinchadas serán retenidos hasta que la temperatura más intensa y el cizallamiento sean aplicadas (Tester y Debón, 2000). Un alto grado de cristalinidad proporciona estabilidad estructural y hace que el gránulo sea más resistente a la gelatinización, lo que se traduce en temperaturas de transición más altas (Singh et al., 2016).

1.6. Hipótesis

La concentración de hidróxido de sodio de 0.075 M y tiempo de inmersión de 182.50 min, durante la etapa de purificación, permitirá obtener características fisicoquímicas, reológicas y térmicas más adecuadas en almidón extraído de semilla de palta.

1.7. Metodología

1.7.1. Objeto de estudio

Cuarenta kg de semilla de palta, variedad Hass, procedente del distrito de Chao, Provincia de Virú, Región La Libertad, en buen estado serán seleccionados descartando aquellas con deterioro microbiológico, picaduras de insectos o roedores. Se trabajará con semillas con no más de un día de haber sido separadas de la pulpa.

Se realizará un muestreo por conveniencia del investigador.

1.7.2. Esquema experimental

Se empleará un Diseño Estadístico Central Compuesto Rotacional (DCCR), dentro de la metodología de Superficie de Respuesta, con dos variables independientes, que incluirá 2^2 puntos factoriales + 2×2 puntos axiales y 5 repeticiones en el punto central, totalizando 13 ensayos experimentales. En el Cuadro 1 se muestran los valores de las variables utilizadas en este experimento obtenidos para un α de ± 1.41 .

Cuadro 1. Valores utilizados en DCCR para las dos variables seleccionadas

Variables independientes	-1.1442	-1	0	+1	+1.4142
Concentración de NaOH (M)	0.03	0.043	0.075	0.107	0.12
Tiempo de tratamiento (min)	5	59.99	182.5	308.01	360

Los valores observados en el Cuadro 1 son utilizados para construir el diseño del experimento generado por el software estadístico R 3.4.2 presentado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables codificadas y reales correspondientes a los tratamientos generados

Tratamientos	Factor 1		Factor 2	
	A:NaOH (M)		B:Tiempo (min)	
1	-1	0.043	-1	56.99
2	1	0.107	-1	56.99
3	-1	0.043	1	308.01
4	1	0.107	1	308.01
5	-1.414	0.030	0	182.50
6	1.414	0.120	0	182.50
7	0	0.075	-1.414	5.00
8	0	0.075	1.414	360.00
9	0	0.075	0	182.50
10	0	0.075	0	182.50
11	0	0.075	0	182.50
12	0	0.075	0	182.50
13	0	0.075	0	182.50

1.7.3. Extracción de almidón de semilla de palta

Para la extracción del almidón de semilla de palta, se seguirá el procedimiento presentado por Vargas (2015). Cuarenta kilogramos de semilla de palta serán lavadas, peladas, trozadas y trituradas por 3 min a velocidad máxima, utilizando una licuadora industrial, con una relación de agua sulfitada: trozos de semilla 2:1. Se empleará una concentración de bisulfito de sodio de 0.5% con el fin de inhibir el pardeamiento enzimático. La suspensión será tamizada un tamiz N° 140 (serie ASTM) de abertura de malla 106 μm , con la finalidad de eliminar la fibra.

La fibra obtenida será re-suspendida en agua, con una relación agua: fibra con almidón 2:1 y será triturada por 3 min. La suspensión de almidón obtenida, después del tamizado, será mezclada con el primer filtrado, para su sedimentación. La sedimentación se realizará por 4 h, al cabo de las cuales se eliminará cuidadosamente el sobrenadante. Se preparará una suspensión con el almidón sedimentado: agua en la proporción 2:1, y dejará sedimentar por 4 h para luego eliminar el sobrenadante.

Para la purificación del almidón, el sedimento será re-suspendido en una solución de hidróxido de sodio en una proporción 2:1, para luego descartar el sobrenadante. La concentración de NaOH y tiempo empleados corresponderán a los reportados en el diseño experimental (Cuadro 2).

Posteriormente, se eliminará el sobrenadante y se re-suspenderá en almidón sedimentado en agua en una proporción 1:1, con el fin de regular el pH a 7. Se dejará reposar por 3 h, eliminando el sobrenadante en cada caso. Esta operación se repetirá 3 veces.

El almidón sedimentado se colocará en bandejas de plástico, con un espesor de 0.5 cm y se secará en una estufa con circulación de aire forzado a $36\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, para evitar la

modificación del almidón, hasta una humedad final de 12%. La molienda se realizará en un molino de martillos para reducir el tamaño de partícula y se tamizará con una tamiz N° 140 (serie ASTM) de abertura de malla 106 μm . Posteriormente, el almidón será envasado en frascos de vidrio de 1 kg almacenándose a temperatura ambiente, hasta su posterior análisis.

1.7.4. Caracterización del almidón extraído de semilla de palta

1.7.4.1. Forma y tamaño de los gránulos de almidón

La forma y tamaño de los gránulos de almidón serán determinados por Microscopía Electrónica de Barrido (Tecsán VEGA 3 LM).

1.7.4.2. Contenido de amilosa y amilopectina

El contenido de amilosa y amilopectina serán determinados por método espectrofotométrico, usando curva de calibración de amilosa, según metodología descrita por (Matta, 2009), en las muestras de almidón previamente desgrasadas con hexano.

1.7.4.3. Patrón de difracción de rayos X

Las muestras de almidón serán equilibradas en un desecador conteniendo una solución de BaCl_2 saturada (25 °C, aw: 0.9) durante 10 días. Posteriormente serán sometidas a un difractor de rayos X (Buker D8 ADVANCE ECO) con radiación de cobre, utilizando una velocidad de barrido de 2 °/min (Matta, 2009).

1.7.4.4. Poder de hinchamiento y solubilidad

El poder de hinchamiento (PH) y la solubilidad (S) del almidón nativo serán determinados por el método

propuesto por (Huang et al., 2016). Se pesará 0.4 g de almidón y se colocará en un tubo de centrifuga (50 mL) con 20 mL de agua destilada, el tubo de centrifuga se calentará en un baño de agua a 80 °C durante 30 min, posteriormente se centrifugará a 5000 rpm durante 30 min. Luego se separará y pesará los sobrenadantes y el sedimento de almidón hinchado. Posteriormente, el sobrenadante se secará en una estufa a 105 °C hasta peso constante y se pesará. El PH (g/g ms) y S (%) se calculará mediante las ecuaciones 2 y 3.

$$PH (g/g) = \frac{PRC}{PM - PRE} \quad (2)$$

$$S(\%) = \frac{PRE}{PM} \quad (3)$$

Donde:

PRC: peso residuo de centrifuga

PM: peso de muestra

PRE: peso residuo de evaporación

1.7.4.5. Características reológicas

Las curvas de flujo de los geles de almidón se elaborarán con un reómetro Haake-Mars 60 (TA Instruments Ltd., Crawley, UK), usando la geometría plato-plato de 60 mm a una temperatura controlada de 25 °C. Se prepararán suspensiones de almidón al 4% (w/w), las que serán calentadas en un baño de agua con agitación (GFL, modelo 1083, Alemania) con temperatura controlada a 90 °C durante 30 minutos, posteriormente los geles serán enfriados hasta 25 °C (Martínez et al., 2015).

Las características reológicas, tensión de fluencia, coeficiente de consistencia, índice de comportamiento de flujo (σ_0 , k , n) serán determinadas a partir de las curvas de flujo obtenidas. Se empleará separación entre placas (gap) de 1 mm. Antes de las mediciones, las muestras se mantendrán entre las placas por un tiempo de 10 min (Wei et al., 2001).

Para la determinación de las características reológicas, se empleará la ecuación Herschel-Bulkley (Ecuación 1) (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2003).

$$\sigma = \sigma_0 + k * \left(\dot{\gamma} \right)^\eta \quad (1)$$

Determinación de σ_0

Se determinará la tensión de fluencia (σ_0) empleando la ecuación de Casson (Ecuación 2) (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2003).

$$\sqrt{\sigma} = \sqrt{\sigma_0} + k\sqrt{\dot{\gamma}} \quad (2)$$

Donde el intercepto es:

$$\sqrt{\sigma_0}$$

Determinación de k y η

Una vez determinada la tensión de fluencia (σ_0), se procederá a encontrar coeficiente de consistencia (k), que se relaciona con la consistencia fluida y su resistencia al flujo y el parámetro η , conocido como el índice de comportamiento de flujo, a partir de la ecuación 3 (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2003).

$$\begin{aligned}\sigma &= \sigma_0 + k * \left(\dot{\gamma} \right)^\eta \\ \sigma - \sigma_0 &= k * \left(\dot{\gamma} \right)^\eta \\ \log(\sigma - \sigma_0) &= \log k + \eta * \log \dot{\gamma}\end{aligned}\quad (3)$$

Donde el intercepto es $\log(k)$ y la pendiente η .

1.7.4.6. Características texturales

El comportamiento de textura de los geles de almidón se determinará utilizando el método descrito por Gunaratne y Corke (2007) con algunas modificaciones. Se empleará un Texturómetro TA.HD plus Texture Analyser usando una celda de carga de 5 kg-f. El gel equilibrado a temperatura ambiente será comprimido a una velocidad de 5 mm/s, velocidad de ensayo de 0.5 mm/s y después una velocidad de 5 mm/s a una distancia de 10 mm con una sonda cilíndrica y fuerza de 5 g a 6 mm. El pico de máxima fuerza (dureza) en el perfil de textura (TPA) representa la resistencia del gel, mientras que otros parámetros como gomosidad, elasticidad y cohesión, se deducirán por extrapolación de la curva TPA.

1.7.4.7. Propiedades térmicas

Se determinarán por medio de un análisis de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), utilizando un equipo MCDSC (Multicell Differential Scanning Calorimeter TA Instruments), a una velocidad de calentamiento de 2 °C/minuto, desde 25 a 120 °C, La Temperatura Inicial (Ti), Temperatura Pico (Tp), Temperatura final de gelatinización (Tf) y la entalpía de gelatinización (ΔH) se tendrán del termograma resultante (Matta, 2009).

1.7.5. Análisis de datos

Mediante el software estadístico libre R 3.4.2, se evaluará la significancia del modelo cuadrático ($p < 0.05$) mediante el análisis de varianza y de los valores de los coeficientes de determinación (R^2 y R^2 -ajustado); además se obtendrán los coeficientes de la regresión, las superficies de respuesta y de contornos, los valores predichos y los residuales; con las respuestas significativas se realizará un análisis multirespuesta mediante la superposición de contornos; de esta forma se determinará la zona de optimización de las variables independientes; finalmente se validarán los resultados para lo cual, se realizará 3 réplicas a partir la combinación predicha, serán medidas las respuestas y se evaluará si estas se encuentran dentro del intervalo de confianza al 95% (Montgomery, 2005).

II. Bibliografía

- Agrodata, 2017. El Comercio. [En línea]
Available at: <http://elcomercio.pe/economia/peru/libertad-envios-palta-suman-s15-millones-hasta-mayo-noticia-1817048>
[Último acceso: 04 Marzo 2017].
- Altay, F. & Gunasekaran, S., 2006. Influence of Drying Temperature, Water Content, and Heating Rate on Gelatinization of Corn Starches. *Journal of Food Agricultural ang Food Chemistry*, Volumen 54, pp. 4235-4245.
- Avhad, M. & Marchetti, J., 2015. Temperature and pretreatment effects on the drying of Hass avocado seeds. *Biomass and Bioenergy*, Volumen 83, pp. 467-473.
- Ayala-Zabala, J.F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodriguez, J.A.; Wasim-Siddiqui, M.; Dávila-Aviña, J.E.; González-Aguilar, G.A., 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit by-products as a source of food additives. *Food Research Internatioal*, 44(7), pp. 1866-1874.
- Bertoft, E. & Blennow, A. 2016. Structure of Potato Starch. En: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Segunda ed. London, UK: Academic Press, p. 728.
- Builders, P. y otros, 2010. The physicochemical and binder properties of starch from *Persea americana* Miller (Lauraceae). *Starch*, Volumen 62, pp. 309-320.
- Ceballos, A. & Montoya, S., 2013. Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate.

Biotecnología del Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(1), pp. 103-112.

Chel-Guerrero, L. y otros, 2016. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. International Journal of Biological Macromolecules, Volumen 86, pp. 302-308.

Collado, L. & Corke, H., 1998. Pasting properties of commercial and experimental starch pearls. Carbohydrate Polymers, Volumen 35, pp. 89-96 .

Dabas, D., Elias, R. J., Lambert, J. D. & Ziegler, G. R., 2011. A Colored Avocado Seed Extract as a Potential Natural Colorant. Journal of Food Science, Volumen 76, pp. 1335-1341.

Díaz, A., Dini, C., Viña, S. & García, M., 2016. Starch extraction process coupled to protein recovery from leguminous tuberous roots (*Pachyrhizus ahipa*). Carbohydrate Polymers, 152(5), pp. 231-240.

Gunaratne, A. & Corke, H., 2007. Functional Properties of Hydroxypropylated, Cross-Linked, and Hydroxypropylated Cross-Linked Tuber and Root Starches. Cereal Chemistry Journal, Volumen 84, pp. 30-37.

Gunaratne, A. & Hoover, R., 2002. Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. Carbohydrate Polymers, Volumen 49, pp. 425-437.

Gutiérrez, M., Lara, M., Guillén, H. & Chávez, A., 2010. Agroecología en la franja aguacatera en Michoacán, México. Interciencia, 35(9), pp. 647-653.

Huang, T. T. y otros, 2016. Effect of repeated heat-moisture treatments on digestibility, physicochemical and structural properties of sweet potato starch. Food Hydrocolloids, Volumen 54, pp. 202-210.

- Ibarz, A. & Barbosa-Cánovas, G. V., 2003. Unit Operations in Food Engineering. Boca Raton, Florida: CRC Press. USA..
- Jaiswal, P. & Kumar, J., 2015. Physicochemical properties and release characteristics of starches from seeds of Indian Shahi Litchi. International Journal of Biological Macromolecules.
- Karim, A. A., Nadiha, M. Z., Chen, F. K., Phuah, Y. P., Chui, Y. M., Fazilah, A., 2008. Pasting and retrogradation properties of alkali-treated sago (*Metroxylon sagu*) starch. Food Hydrocolloids, Volumen 22, pp. Food Hydrocolloids, 22, 1044–1053..
- Kaur, M., Singh, N., Sandhu, K. S. & Guraya, H. S., 2004. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica* L.). Food Chemistry, Volumen 85, pp. 131-140.
- Lacerda, L., Colman, T., Bauab, M., da Silva Carvalho Filho, I., Demiate, E. de Vasconcelos, E. Schnitzler., 2014. Thermal, structural and rheological properties of starch from avocado seeds (*Persea americana* Miller) modified with standard sodium hypochlorite solutions. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 115(2), p. 1893–1899.
- Lira, J., 2017. Perú mantiene nivel en exportación de paltas. Gestión, 29 setiembre, p. 1.
- Liu, Q., 2005. Understanding Starches and Their Role in Foods. En: S. Cui, ed. Food Carbohydrates. Chemistry, Physical Properties, and Applications. Boca Raton, Florida, USA: Taylor & Francis Group, p. 411.
- Luciano, C., 2016. Caracterização da farinha e do amido isolado da semente de jaca e comportamento reológico de dispersões de amido, Pirassununga: s.n.

- Madruga, M., Medeiros de Albuquerque, F., Alves Silva, I., Silva do Amaral, D., Magnani, M., Queiroga Neto, V., 2014. Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. Food Chemistry, Volumen 143, pp. 440-445.
- Malumba, P.; Janas, S., Roiseux, O., Sinnaeve, G., Masimango, T., Sindic, M., Deroanne, C., Béra, F., 2010. Comparative study of the effect of drying temperatures and heat-moisture treatment on the physicochemical and functional properties of corn starch. Carbohydrate Polymers, Volumen 79, pp. 633-641.
- Martínez, P., A., Málaga., Betalleluz, I., A., Ibarz,; Velezmoro, C., 2015. Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. Scientia Agropecuaria, 6(4), pp. 291-301.
- Matta, M., 2009. Caracterização de biofilmes obtidos a partir de amido de ervilha (*Pisum sativum*) associado a goma xantana e glicerol, Piracicaba-Brasil: ESALQ.
- Mistry, A. H. & Eckhoff, S. R., 1992. Characteristics of alkali-extracted starch obtained from corn flour. Cereal Chemistry, Volumen 69, pp. 296-303.
- Montgomery, D., 2005. Diseño y Análisis de Experimentos. 2da Edición ed. Mexico: Editorial Limusa-Wiley.
- Paraginski, R., Vanier, N., Moomand, K., de Oliveira, M., da Rosa Zavareze, E., Marques e Silva, R., 2014. Characteristics of starch isolated from maize as a function of grain storage temperature. Carbohydrate Polymers, Volumen 102, pp. 88-94.
- Pérez-Pacheco, E. y otros, 2014. Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. Carbohydrate Polymers, Volumen 101, pp. 920- 927.

- Rengifo, P., 2014. Caracterización del aceite de la semilla de palta *Persea Americana* Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante, Lima: UNMSM.
- Rengsutthi, K. & Charoenrein, S., 2011. Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. *LWT - Food Science and Technology*, Volumen 44, pp. 1309-1313.
- Sandhu, K. & Lim, S., 2008. Structural characteristics and in vitro digestibility of Mango kernel starches (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, Volumen 107, pp. 92-97.
- Singh, J., Colussi, R., McCarthy, O. J. & Kaur, K. 2016. Potato Starch and its Modification. En: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Second Edition ed. s.l.:Riddet Institute and Massey Institute of Food Science and Technology, Massey University, p. 728.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh Sodhi, N. & Singh Gill, B. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81:219-231.
- Tester, R. F. & Debon, S. F. F. 2000. Annealing of starch - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 27:1-12.
- Thys, R. C. S. y otros, 2008. Effect of the Alkaline Treatment on the Ultrastructure of C-Type Starch Granules. *Biomacromolecules* 2008, 9, 1894–1901, Volumen 9, pp. 1894-1901.
- Vamadevan, V. & Bertoft, E. 2015. Structure-function relationships of starch components. *Starch*, 26:55–68.
- Vargas, G., 2015. Síntesis y caracterización de un almidón modificado de papa (*Solanum tuberosum*), (var. Única) para su aplicación en un helado soft, Lima: Facultad de Industrias Alimentarias.

- Wei, Y. P., Wang, C. S. & Wu, K. S. B., 2001. Flow properties of fruit filling. *Food Research International*, Volumen 34, pp. 377-381.
- Xie, X., Liu, Q. & Cui, S., 2005. Starch modifications and applications.. En: *Food carbohydrates: chemistry, physical properties and applications*. Boca Raton: CRC Press.: In S. W. Cui Ed., p. 357–406.
- Zhu, F., 2017. Structures, properties, modifications, and uses of oat starch. *Food Chemistry*, Volumen 229, pp. 329-340.

SECCIÓN D: PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Partida presupuestaria	Monto (\$/.)
1. Equipos y bienes duraderos	
2. Recursos humanos (hasta un 20% del presupuesto)	2,400
3. Materiales e insumos	13,150
4. Pasajes y viáticos	1,600
5. Servicios tecnológicos	
TOTAL	17,150

CUADRO 1. Equipos y bienes duraderos (adjuntar proformas)

Equipos y bienes duraderos	Especificaciones técnicas	Proforma (fecha)	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.

CUADRO 2. Recursos Humanos - Valorización del equipo Técnico

Nombre	Escuela o Unidad a la que pertenece	% de dedicación	Honorario mensual	Nº de meses	Costo total S/.
Estadístico	Industrias alimentarias	25%	300	3	900
Tesista	Industrias alimentarias	100%	150	12	1,500
					2,400

CUADRO 3. Materiales e insumos

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Materia prima	3	50	150
Amilosa de papa Fco x 5 g	2500	01	2500
Amilopectina de papa Fco. x 25 g	3000	01	3000
Material de vidrio	1500	1	1,500
Kit de micropipetas autoclavables: 0.5-10 μ L; 10-100 μ L; 100-1000 μ L; 03 racks con 96 tips c/u	3,500	01	3,500
Materiales varios	2,500	1	2,500
			13,150

CUADRO 4. Pasajes y viáticos

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Movilidad interprovincial (Lima-La Molina)	400	4	1,600
			1,600

CUADRO 5. Servicios tecnológicos

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.

FORMATO 2

DECLARACION JURADA DE COMPROMISO Y AUTENTICIDAD DEL PROYECTO

Trujillo 29 de setiembre del 2,017

Señor Doctor

Luis Cerna Bazán

Vicerrector de Investigación

Presente.-

De mi consideración:

La suscrita docente de la Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias identificado con DNI N° 08715119 y domicilio en Calle los Cocoteros N° 253 A-2 El Golf DECLARO BAJO JURAMENTO mi compromiso de participar como Investigador Principal y **responsable** del proyecto de investigación titulado “**Aislamiento y caracterización de almidón extraído a partir de semilla de palta (*Persea americana* Mill) variedad Hass**” el cual es **ORIGINAL Y AUTENTICO** y está enmarcado en las áreas académicas y líneas de investigación priorizadas por la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO).

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

DNI N° 08715119

Docente TP