



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE EL GIRÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y TASA DE  
DIGESTIÓN *IN VITRO* DEL ALMIDÓN CRUDO Y GELATINIZADO DE OCHO  
GENOTIPOS Y TRES VARIEDADES DE PAPA DE LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEL INIAP-QUITO.**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
Ingeniero en Biotecnología**

**AUTOR: MICHAEL STEVEEN MOLINA YAGUANA**

**TUTOR: ELENA DEL ROCÍO COYAGO CRUZ**

**CO-TUTOR: ELENA VILLACRES POVEDA (INIAP)**

**Quito - Ecuador**

**2022**

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Michael Steven Molina Yaguana con documento de identificación N° 172740170-3 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 02 de agosto del 2022

Atentamente,



-----  
Michael Steven Molina Yaguana

C.I.: 172740170-3

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Michael Steven Molina Yaguana con documento de identificación No. 172740170-3 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y TASA DE DIGESTIÓN IN VITRO DEL ALMIDÓN CRUDO Y GELATINIZADO DE OCHO GENOTIPOS Y TRES VARIEDADES DE PAPA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEL INIAP-QUITO”, trabajo que forma parte de los proyectos de investigación del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito, a cargo de la PhD. Elena Villacrés el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Biotecnología en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de agosto del 2022

Atentamente,



-----  
Michael Steven Molina Yaguana  
C.I.: 172740170-3

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, PhD. Elena del Rocío Coyago Cruz, con documento de identificación N° 171376264-7, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y TASA DE DIGESTIÓN IN VITRO DEL ALMIDÓN CRUDO Y GELATINIZADO DE OCHO GENOTIPOS Y TRES VARIEDADES DE PAPA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEL INIAP-QUITO”, trabajo que forma parte de los proyectos de investigación del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito, a cargo de la PhD. Elena Villacrés, realizado por el estudiante Michael Steven Molina Yaguana con documento de identificación N° 172740170-3, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de agosto del 2022

Atentamente



-----  
Ing. Elena del Rocío Coyago Cruz PhD.  
C.I.: 171376264-7

## **Dedicatoria**

A mis padres, que día a día me brindan su bendición y me han apoyado en todo momento, por otorgarme sus consejos, perseverancia, motivación constante, que han logrado convertirme en la persona que soy, pero más que nada por su inmenso amor. Siendo los pilares fundamentales en mi formación profesional y ejemplo de superación y éxito.

A mis hermanos por el apoyo constante que me brindaron día a día en todos mis desvelos, éxitos y fracasos de mi carrera universitaria.

A mi “grupito de atrás” que en el transcurso de la carrera nos hemos apoyado mutua e incondicionalmente en nuestra formación profesional y personal.

Y a mi amuleto de la buena suerte, mi compañero fiel durante todas las noches de desvelo, que nada más bastaba verle dormido en mis piernas para no sentirme solo y trabajar a gusto, mi bola de pelos, Tommy.

*¡Nunca me falten!*

## **Agradecimientos**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y otorgarme su bendición para alcanzar mis objetivos y por haber puesto en mi vida a aquellas personas que han sido mi fortaleza y compañía a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis padres, mis hermanos y mi familia por contribuir de una u manera con enseñanzas, valores y lecciones de vida para forjar la persona que soy ahora. No hay palabras para describir lo muy agradecido que estoy con ellos.

A mis amigos, que a lo largo de mi carrera me han dado fuerza y ánimos para seguir adelante y lograr cumplir mis objetivos planteados.

Al Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación; de manera especial a la Ing. Elena Villacrés y a la Ing. María Belén Quelal, por su apoyo desinteresado y por haber compartido conmigo sus conocimientos, investigaciones y especialmente el tiempo dedicado.

A Elena Del Rocío Coyago Cruz PhD. directora de tesis por su guía, acompañamiento, orientación y asesoramiento incondicional en la elaboración del presente trabajo de titulación.

*¡Gracias por confiar en mí!*

## Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar las propiedades físico-químicas y tasa de digestión in vitro del almidón crudo y gelatinizado de ocho genotipos y tres variedades de papa de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito. El estudio consideró almidón crudo y calentado (en una olla de presión por 15 minutos) de ocho genotipos (1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 y 19.20.15) y tres variedades de papa (Capiro, Libertad y Superchola) cultivadas en el INIAP. Así, tanto en los genotipos como las variedades de papa se determinó el rendimiento de extracción del almidón y en los dos tratamientos (almidón crudo y calentado) se cuantificó la humedad, ceniza, fibra cruda, índice de absorción de agua, solubilidad, poder de hinchamiento, amilosa, almidón total, retrogradación y estabilidad de almacenamiento en refrigeración. Los resultados mostraron que el genotipo 14.4.16 presentó un mayor rendimiento de extracción (80,18 %). A su vez, al comparar almidones crudos y calentados se encontró mayores valores para el genotipo 1.16.23 crudo, en % humedad (10,87 %); genotipo 14.4.16 crudo, en % ceniza (4,30 %); genotipo 1.16.23 crudo, en % fibra (3,63 %); genotipo 16.6.2 crudo, en índice de absorción de agua (2,57 g/g); variedad Superchola crudo, en índice de solubilidad en agua (0,09 g/g); variedad Superchola crudo, en poder de hinchamiento (2,76 %); genotipo 14.4.16 calentado, en % amilosa (24,36 %); genotipo 11.6.11 crudo, en % amilopectina (83,00 %); genotipo 11.9.90 crudo, en % almidón total (75,57 %); solución al 3 % variedad Capiro crudo, en % retrogradación (43,80 %); solución al 5 % genotipo 1.16.23 calentado, en % retrogradación (34,47 %); solución al 5 % genotipo 1.16.23 calentado, en % retrogradación (24,60 %); solución al 9 % genotipo 1.16.23 crudo, en % retrogradación (15,17 %); genotipo 1.16.23 calentado, en % capacidad de retención de agua día 1 (85,11 %); genotipo 1.16.23 calentado, en % capacidad de retención de agua día 2 (89,64 %); genotipo 1.16.23 calentado, en % capacidad de retención de agua día 5 (91,58%); variedad Libertad calentado, en % almidón de digestión rápida (19,89 %); variedad Superchola crudo, en % almidón de digestión lenta (33,23 %); variedad Superchola calentado, en % almidón digerible total (49,39 %); genotipo 16.6.2 calentado, en % almidón resistente (31,48 %).

**Palabras clave:** retrogradación, amilosa, almidón digerible

## Abstract

The objective of the research was to determine the physical-chemical properties and in vitro digestion rate of raw and gelatinized starch from eight genotypes and three varieties of potato from the Santa Catalina Experimental Station of INIAP-Quito. The study considered raw and heated starch (in a pressure cooker for 15 minutes) of eight genotypes (1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 and 19.20 .15) and three potato varieties (Capiro, Libertad and Superchola) grown at INIAP. Thus, both in the genotypes and the potato varieties, the starch extraction yield was determined and in the two treatments (raw and heated starch) the humidity, ash, crude fiber, water absorption index, solubility, power of swelling, amylose, total starch, retrogradation and refrigerated storage stability. The results showed that the 14.4.16 genotype presented a higher extraction yield (80.18 %). In turn, when comparing raw and heated starches, higher values were found for the raw genotype 1.16.23, in % moisture (10.87 %); genotype 14.4.16 raw, in % ash (4.30 %); genotype 1.16.23 raw, in % fiber (3.63 %); crude 16.6.2 genotype, in water absorption index (2.57 g/g); crude Superchola variety, in water solubility index (0.09 g/g); raw Superchola variety, in swelling power (2.76 %); genotype 14.4.16 heated, in % amylose (24.36 %); crude 11.6.11 genotype, in % amylopectin (83.00 %); genotype 11.9.90 raw, in % total starch (75.57 %); solution at 3% crude Capiro variety, in % retrogradation (43.80 %); 5% solution genotype 1.16.23 heated, in % retrogradation (34.47 %); 5% solution genotype 1.16.23 heated, in % retrogradation (24.60 %); 9% genotype 1.16.23 crude solution, in % retrogradation (15.17 %); genotype 1.16.23 heated, in % water retention capacity day 1 (85.11 %); genotype 1.16.23 heated, in % water retention capacity day 2 (89.64 %); genotype 1.16.23 heated, in % water retention capacity day 5 (91.58 %); Libertad variety heated, in % fast digestion starch (19.89 %); raw Superchola variety, in % slow digestion starch (33.23 %); heated Superchola variety, in % total digestible starch (49.39 %); genotype 16.6.2 heated, in % resistant starch (31.48 %).

**Keywords:** retrogradation, amylose, digestible starch



## Índice de contenido

Introducción .....	1
Fundamentación teórica .....	4
1. Generalidades de la Papa .....	4
2. Importancia de la papa.....	8
3. Composición química y nutricional de la papa .....	9
4. Características del almidón.....	11
5. Modificaciones del almidón .....	13
Materiales y métodos .....	16
1. Ubicación del lugar de investigación .....	16
2. Extracción del almidón y rendimiento de extracción .....	16
3. Determinación de propiedades físico-químicas del almidón.....	17
4. Determinación de tasa de digestión <i>in vitro</i> y almidón resistente .....	23
5. Análisis estadístico .....	27
Resultados y discusiones .....	28
1. Rendimiento de extracción .....	28
2. Propiedades físico-químicas del almidón .....	29
3. Tasa de digestión <i>in vitro</i> .....	50
Conclusiones .....	55
Recomendaciones.....	56
Bibliografía .....	57
Anexos .....	63

## Índice de figuras

Página

<b>Figura 1.</b> Esquematación de las partes del tubérculo de la papa. ....	4
<b>Figura 2.</b> Esquematación de la estructura química de la amilosa y amilopectina.....	12
<b>Figura 3.</b> Rendimiento de extracción de las muestras en estudio.....	28
<b>Figura 4.</b> Valor promedio de humedad de almidones crudos y calentados. ....	30
<b>Figura 5.</b> Valor promedio de ceniza de almidones crudos y calentados.....	31
<b>Figura 6.</b> Valor promedio de fibra cruda de almidones crudos y calentados. ....	33
<b>Figura 7.</b> Valor promedio del índice de absorción de agua de almidones crudos y calentados .....	34
<b>Figura 8.</b> Valor promedio del índice de solubilidad en agua de almidones crudos y calentados.....	35
<b>Figura 9.</b> Valor promedio del porcentaje de poder de hinchamiento de almidones crudos y calentados. .....	36
<b>Figura 10.</b> Valor promedio del porcentaje de amilosa de almidones crudos y calentados. ....	37
<b>Figura 11.</b> Valor promedio del porcentaje de amilopectina de almidones crudos y calentados. ....	38
<b>Figura 12.</b> Valor promedio del porcentaje de almidón total de almidones crudos y calentados.....	40
<b>Figura 13.</b> Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 3% .....	41
<b>Figura 14.</b> Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 5% .....	42
<b>Figura 15.</b> Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 7% .....	43
<b>Figura 16.</b> Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 9% .....	44
<b>Figura 17.</b> Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 1 de almidones crudos y calentados .....	46
<b>Figura 18.</b> Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 2 de almidones crudos calentados .....	47
<b>Figura 19.</b> Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 3 de almidones crudos y calentados .....	48
<b>Figura 20.</b> Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 5 de almidones crudos y calentados .....	49
<b>Figura 21.</b> Valor promedio del porcentaje de almidón de digestión rápida en almidones crudos y calentados.....	51
<b>Figura 22.</b> Valor promedio del porcentaje de almidón de digestión lenta en almidones crudos y calentados.....	52
<b>Figura 23.</b> Valor promedio del porcentaje de almidón digerible total en almidones crudos y calentados .....	53
<b>Figura 24.</b> Valor promedio del porcentaje de almidón resistente en almidones crudos y calentados...54	
<b>Figura 25.</b> Carta de compromiso para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana. .....	63

## Índice de tablas

	Página
<b>Tabla 1.</b> Variedades de papa nativas y mejoradas sembradas por zonas de cultivo .....	6
<b>Tabla 2.</b> Composición físico-química de la papa. ....	10
<b>Tabla 2.</b> Composición físico-química de la papa. Continuación .....	11

## Índice de ecuaciones

Página

<b>Ecuación 1.</b> Determinación del porcentaje de renmiento.....	17
<b>Ecuación 2.</b> Determinación del porcentaje de humedad.....	18
<b>Ecuación 3.</b> Determinación del porcentaje de ceniza.....	18
<b>Ecuación 4.</b> Determinación del porcentaje de fibra.....	19
<b>Ecuación 5.</b> Determinación del índice de absorción de agua.....	20
<b>Ecuación 6.</b> Determinación del índice de solubilidad en agua.....	20
<b>Ecuación 7.</b> Determinación del porcentaje de poder de hinchamiento.....	20
<b>Ecuación 8.</b> Determinación del porcentaje de amilosa.....	21
<b>Ecuación 9.</b> Determinación del porcentaje de almidón.....	21
<b>Ecuación 10.</b> Determinación del porcentaje de almidón.....	22
<b>Ecuación 11.</b> Determinación de la estabilidad de almacenamiento.....	23
<b>Ecuación 12.</b> Determinación del contenido de RDS; SDS; TDS.....	24
<b>Ecuación 13.</b> Determinación del contenido de RS.....	26

## Índice de anexos

Página

<b>Anexo 1.</b> Carta de compromiso para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.....	63
--	----

## **Siglas y acrónimos**

rpm: Revoluciones por minuto

IAA: Índice de almacenamiento de agua

ISA: Índice de solubilidad en agua

PH: Poder de hinchamiento

SDS: Slow digestible starch (almidón de digestión lenta)

RDS: Rapidly digestible starch (almidón de digestión rápida)

TDS: Total digestible starch (almidón digerible total)

RS: Resistant starch (almidón resistente)

## Introducción

En el Ecuador se cultiva una gran variedad de alimentos, entre ellos los tubérculos, los cuales gracias al bajo costo y alto valor nutritivo son considerados una de las fuentes primordiales de alimentación. Se estima que se pueden encontrar más de 500 variedades de papa de todo tipo de características, color, especie, tamaño y sabor, lo que ha permitido estudiar y desarrollar nuevas especies mejoradas que han sido liberadas y entregadas al sector agrícola (MAGAP, 2014). También, cabe mencionar que, la papa constituye una fuente sustancial en la alimentación de las familias campesinas; considerando que “la agricultura familiar satisface el 60 % de la demanda de alimentos a nivel nacional; y en especial sustenta el 64 % de la demanda de papa” (Mora et al., 2018). Dentro de este contexto, la papa es una importante fuente de ingresos y otorga seguridad alimentaria. En nuestro país, “88 000 agricultores cultivan papa todos los años y alrededor de 250 000 personas están vinculadas directa o indirectamente en la producción, comercialización y distribución” (IICA, 2020). A pesar de ello, es importante destacar diversos problemas a los que se enfrentan los agricultores, como, la inestabilidad de demanda, la falta de variedades con cualidades para procesamiento industrial y el uso de variedades tradicionales ha provocado inestabilidad económica en el sector agrícola ecuatoriano (J. Herrera & Scott, 1995).

Por otra parte, el almidón de papa es una de las materias primas agrícolas más importantes para la agroindustria, gracias a las múltiples funciones de acción, entre las que se puede mencionar, el poder adhesivo, enturbiantes, ligantes, es capaz de formar películas, estabilizante de espumas, conservante, aglutinante y gelificante. Así, en la antigüedad el almidón se utilizaba para almidonar la ropa (Calcaneo, 2013) y hoy en día es ocupado en un sinnúmero de aplicaciones que incluyen desde el campo alimenticio y no alimenticio. En el campo alimenticio se usa, como ingrediente en bebidas y alimentos, aditivo o substrato en la fermentación y transformación enzimática, y en el campo no alimenticio, en la industria textil

se emplea como encolante de la urdimbre, aprestado y estampado de tejidos. En la industria farmacéutica y cosmética, es utilizado como ligante y espolvorante del ingrediente activo de tabletas y productos medicinales. Además, en la industria papelera, actúa como aglomerante, materia prima para la formación del cartón. También, participa en la industria de adhesivos de alta fuerza o para colas de menor precio; la variedad de usos que se le otorga al almidón es impresionante, a escala industrial, se estima que, aproximadamente el consumo de almidón se destina aproximadamente el 75 % al sector industrial y el 25 % al sector alimentario (Vega, 2021). Evidentemente, el uso de los almidones al no limitarse únicamente en la industria alimentaria sino a otras industrias (farmacéutica, papelera, textil, cosmética) ocasiona que, la demanda de almidones aumente drásticamente, al ser considerado como materia prima clave para alcanzar la textura y consistencia específica en un producto (Villaroel et al., 2018).

La gran diversidad de aplicaciones se explica tanto por la disponibilidad como también por las diversas propiedades físico-químicas y funcionales que presentan los almidones, mismas que dependen del origen genético, condiciones agroclimáticas de producción y comercialización, parámetros tecnológicos (temperatura, contenido de agua) y manejo de la materia prima o de las modificaciones físicas o químicas que experimenta el almidón” (Ruales et al., 2000).

En este contexto, el Ecuador no produce almidón modificado, por lo que el país llega a importar alrededor de 4,5 toneladas de almidón modificado al año” (Valencia et al., 2019). Particularmente, en el 2018 se importó casi USD \$3 millones en los distintos tipos de almidón para la industria, que se estima por sobre las 2 200 toneladas de almidones y solamente unas 50 toneladas han sido exportadas en dicho año, pero de acuerdo al historial del país, no existen empresas que produzcan y estudien a los almidones en la actualidad (Herrera, 2018). Siendo, una oportunidad de trabajo con gran importancia en cuanto a investigación, desarrollo y



producción de este sustrato para el sector agropecuario e industrial y en particular, contribuir con esto a la reactivación y desarrollo económico del sector agrícola ecuatoriano.

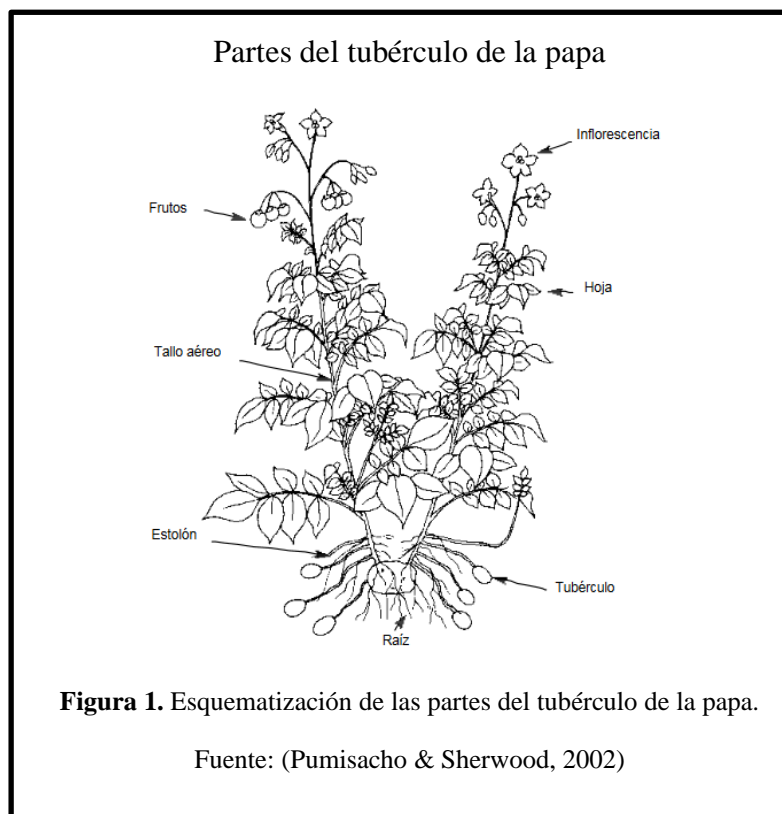
Considerando lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio fue determinar las propiedades físico-químicas y tasa de digestión *in vitro* del almidón crudo y calentado de ocho genotipos y tres variedades de papa de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito. Los objetivos específicos fueron extraer el almidón de ocho genotipos y tres variedades (Libertad, Superchola y Capiro) de papa y determinar el rendimiento de extracción; cuantificar las propiedades físico-químicas del almidón de ocho genotipos y tres variedades (Libertad, Superchola y Capiro) de papa, en estado crudo y gelatinizado y determinar la tasa de digestión *in vitro* del almidón de ocho genotipos y tres variedades (Libertad, Superchola y Capiro) de papa, en estado crudo y gelatinizado.

En este contexto, los genotipos por ser especies que se encuentran en mejoramiento genético, con ciertas características que contribuirán al sector agrícola y proveen beneficios para los consumidores, fueron estudiados ya que no poseen análisis de las propiedades físico-químicas que permitan dar paso a continuos procesos de investigación.

## Fundamentación teórica

### 1. Generalidades de la Papa

La papa pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Asteridae, orden Solanales, familia Solanaceae, género *Solanum* y especie *Solanum tuberosum* (Móran, 2020). Es una planta herbácea de crecimiento rastrero o erecto, dicotiledónea, compuesta de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se desarrollan los tubérculos (Márquez et al., 2019). Así, *Solanum tuberosum*, generalmente posee tallos leñosos y gruesos, con entrenudos considerablemente cortos; los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que se presentan de forma sólida y angular por lo general verde o rojo púrpura; el follaje alcanza normalmente una altura comprendida entre los 60 a 150 cm, con hojas compuestas y de carácter pinnado ordenadas de forma alterna a lo largo del tallo, otorgando un aspecto frondoso al follaje, especialmente en variedades mejoradas genéticamente, tal como se puede evidenciar en la Figura 1 (Pumisacho & Sherwood, 2002).



En el Ecuador, la papa ha sido cultivada tradicionalmente a una altura comprendida entre los 2 000 a 3 6000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), en zonas templadas o frías con un rango de temperaturas que oscilan entre los 6 °C a 18 °C y una precipitación entre 600 a 1 200 mm de agua; sin embargo, en la actualidad se ha comenzado a cultivar papa en la región costera del Ecuador, específicamente en la Península de Santa Elena, con alentadores resultados, así, de manera general, la papa se desarrolla en suelos francos y húmíferos, drenados adecuadamente y con presencia de materia orgánica y nutrientes necesarios para el desarrollo (Pumisacho & Sherwood, 2002).

En este contexto, el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos – Papa (PNRT-Papa) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) frente a los nuevos desafíos del sector agrícola debido al cambio climático, mayor productividad, productos más nutritivos y menor uso de agroquímicos y empleando técnicas de ingeniería genética se ha dedicado a la investigación y desarrollo de variedades mejoradas de papas, que se encuentran en el sector agrícola ecuatoriano las cuales poseen mejores características en cuanto a resistencia a enfermedades, calidad y rendimiento (PrensaEc, 2020). Además, el INIAP posee el mayor repositorio de papas nativas, con aproximadamente 550 variedades, las cuales presentan gran variabilidad en cuanto a caracteres agronómicos, morfológicos y de calidad (INIAP, 2014), tal como se puede visualizar en la tabla 1. Sin embargo, también cuenta con genotipos, que aluden a un germoplasma obtenido por el entrecruzamiento de determinadas poblaciones a través de técnicas de hibridación (reproducción sexual) o técnicas biotecnológicas (Veitia & Leiva, 2004), por tanto es un tipo de “variedad” que aún no se encuentra definido y sigue en fase experimental hasta la espera de la liberación. El INIAP para nombrar a los genotipos utiliza nomenclatura compuesta por números separados por guiones o puntos para codificar a un genotipo; los primeros números representan el año de la selección en el campo del genotipo,

los siguientes números representan la familia (cruzamiento) y el tercer número se refiere a la progenie seleccionada, así por ejemplo, el 1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 y 19.20,15, correspondientes a variedades mejoradas y clones que fueron seleccionados de diversas poblaciones de papa de los años 2001, 2012, 2014, 2016 y 2019 que aún se encuentran en procesos de mejoramiento y experimentación dentro de la fase de laboratorio (Cuesta et al., 2020).

**Tabla 1**

Variedades de papa nativas y mejoradas sembradas por zonas de cultivo:

<b>Provincia</b>	<b>Variedad</b>
Carchi	INIAP-Gabriela, INIAP-Esperanza, INIAP-María, INIAP-Fripapa, INIAP-Estela, Superchola, Yema de huevo*, Chola*, ICA-Capiro, Ormus, clon “Carolina” y clon “Libertad”.
Pichincha, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	INIAP-Santa Catalina, INIAP-Esperanza, INIAP-Gabriela, INIAP-María, INIAP-Rosita, INIAP-Santa Isabel, INIAP-Fripapa 99, INIAP-Cecilia, INIAP-Natividad, INIAP-Suprema, INIAP-Estela, Superchola, Chola*, Uvilla*, Yema de huevo*, Leona*, clon “Carolina”, clon “Libertad”, ICA-Única.
Cañar, Azuay y Loja	INIAP-Santa Catalina, INIAP-Gabriela, INIAP-Esperanza, INIAP-Soledad Cañari, INIAP-Santa Ana, Uvilla*, Bolona*.

Notas: \*, variedad nativa

Fuente: (Torres et al., 2011)

Las variedades de papa que se encuentran comúnmente en el mercado ecuatoriano se describen a continuación.

**1.1 Variedad 'Capiro':** esta variedad en condiciones óptimas presenta un rendimiento superior a las 40 t/ha. Es una planta herbácea media, de follaje verde oscuro; los tallos principales son delgados de color verde y púrpura, al inicio erguidos y a lo largo del desarrollo se postran encima del suelo cuando llegan a la madurez del cultivo; las hojas son compuestas, imparipinnadas con folíolos pequeños y alargados de color verde oscuro; la floración es media con flores de color morado oscuro con acúmenes blancos en la punta y escasa fructificación; los tubérculos son de tamaño grande, de forma redonda, ligeramente aplanada y la piel predominante es de color rojo con color secundario morado distribuido en manchas salpicadas, con ojos superficiales y pulpa de color crema (Porras & Herrera, 2015).

**1.2 Variedad 'Libertad':** esta variedad presenta un rendimiento promedio de 39 t/ha. En altitudes mayores a los 3300 m se observa una disminución del tamaño de los tubérculos; es una planta vigorosa con desarrollo rápido, tamaño medio con crecimiento semirrecto, tallos de color verde, forma de alas rectas y entrenudos cortos; el follaje se forma por hojas compuestas, imparipinnadas, color verde claro, abiertas, diseccionadas; la floración es escasa, pero posee una corola de forma estrellada de color blanco; los tubérculos son ovalados y aplanados con ojos superficiales, piel de color amarillo y pulpa crema sin colores secundarios (Oyarzún et al., 2014).

**1.3 Variedad 'Superchola':** esta variedad presenta un rendimiento promedio de 30 t/ha. Es una planta erecta, con numerosos tallos verdes con pigmentaciones púrpuras, bien desarrolladas y pubescentes; el follaje es frondoso por las hojas abiertas de color verde intenso; la floración es moderada, con flores de color morado; los tubérculos son medianos, elípticos a ovalados, posee piel rosada y lisa, pulpa amarilla sin pigmentación y con ojos superficiales (CIPOTATO, 2017).

## **2. Importancia de la papa**

En el Ecuador se cultiva una gran variedad de alimentos, entre ellos los tubérculos, los cuales gracias al bajo costo y elevado valor nutritivo son considerados una de las fuentes primordiales de alimentación en los ecuatorianos (Songor & Tenesaca, 2019). Así, uno de ellos es la papa, un producto alimenticio milenario producido en tierras andinas con gran importancia agro-económica gracias a la particular diversidad genética que posee (Basantes et al., 2020).

Con respecto a la producción en Ecuador, los mayores volúmenes provienen de la provincia del Carchi con un 70 % y un promedio estimado de 20 toneladas por hectárea, a su vez, el mayor porcentaje de esta producción es destinada para la región centro y norte del Ecuador (Mejía, 2017). Este tubérculo aproximadamente se encuentra sembrado en una superficie de 50 mil hectáreas, de donde se producen 300 mil toneladas que son destinadas a diferentes fines, tales como: 74 % consumo doméstico, 9 % consumo industrial y 17 % para procesos germinativos (AGROBAYER, 2020). Así, se ha determinado que los ecuatorianos consumen un promedio de 30 Kg de papa al año. La cadena productiva de la papa en el Ecuador, se ha extendido constantemente de modo que cerca de 80 mil productores se dedican a la comercialización y cultivo. Así mismo, 250 mil personas se encuentran vinculadas a la papa como tal (MAGAP, 2014), distribuidos a lo largo de 90 cantones (Lopez et al., 2022), los cuales en muchos casos están involucrados directa o indirectamente en la comercialización, producción y distribución del producto (IICA, 2020).

En este contexto, la papa se ha convertido en un producto importante en la alimentación de los ecuatorianos, guardando un rasgo cultural e histórico que aporta favorablemente a la seguridad y soberanía alimentaria del país y según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAGAP en el año 2013 este cultivo aportó un 4 % al producto interno bruto (PIB) agrícola del país (Mora et al., 2018).

Por otra parte, la papa proporciona grandes beneficios en la salud, tales como, protección antioxidante frente a radicales libres, acción anticancerígena, reducción de los niveles de azúcar en la sangre, favorece a la disminución de colesterol, incrementa las defensas del organismo, aumenta la energía, contiene emolientes que suavizan la piel y cuenta con propiedades antiinflamatorias (Islas, 2020).

Finalmente, la papa es utilizada para una variedad de fines, así, la mayor cantidad se consume directamente cocinada y el resto se transforma en productos alimenticios para ganado, cerdos y pollos y la extracción de fécula o almidón el cual es empleado en la industria farmacéutica, textil, maderera y de papel como adhesivo, aglutinante, agente de texturación y masilla, por las empresas de perforación de petróleo para lavar los pozos; es un sustituto cien por ciento biodegradable del poliestireno y otros plásticos y se usa, por ejemplo, en platos descartables, vajilla y cuchillos, finalmente la cáscara puede ser fermentada para producir etanol (CIP, 2015).

### **3. Composición química y nutricional de la papa**

Gracias a la versatilidad en cocción y valor nutricional, la papa es uno de los alimentos más consumidos y cultivados a nivel mundial (Penelo, 2020), debido a que aporta carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales (FAO, 2010); sin embargo, es destacable mencionar, el elevado contenido en carbohidratos, tanto en forma de almidón como de fibra así, el 80 % del peso de la papa es agua, mientras que el resto corresponde a materia seca, de la cual el almidón conforma el 60 a 70 % (Fígares, 2020).

El valor nutricional y la composición química de la papa varía, dependiendo del tipo de cocción y almacenamiento seleccionado, (Teijeiro, 2018), así, en la Tabla 2 se muestra la composición físico-química de la papa por cada 100 gramos.

**Tabla 2.**

Composición físico-química de la papa.

<b>Variable</b>	<b>Cantidad/100 g</b>
Agua	76,7 g
Kilocalorías	85,0 kcal
Carbohidratos	14,8 g
Azúcares	0,1 g
Proteínas	2,0 g
Fibra	2,1 g
Grasas	0,1 g
Sodio	2,7 mg
Calcio	2,7 mg
Hierro	0,4 mg
Fósforo	50,0 mg
Potasio	418,0 mg
Zinc	0,3 mg
Vitamina A	0,1 mg
Vitamina B1	0,1 mg
Vitamina B2	0,1 mg
Vitamina B3	1,7 mg
Vitamina B6	0,3 mg
Vitamina C	17,0 mg
Compuestos fenólicos totales	102,0 mg
Ácido ascórbico	6,5 mg
Antocianinas totales	17,8 mg
Capacidad antioxidante ABTS	1972 µg
Acidez titulable	0,16 %
Sólidos solubles totales	4,80 °Brix
Azúcares reductores	1,71 mg/g

Fuente: (Fígares, 2020; García et al., 2022; Meza et al., 2018; Moyano, 2014)



**Tabla 3.**

Composición físico-química de la papa. Continuación....

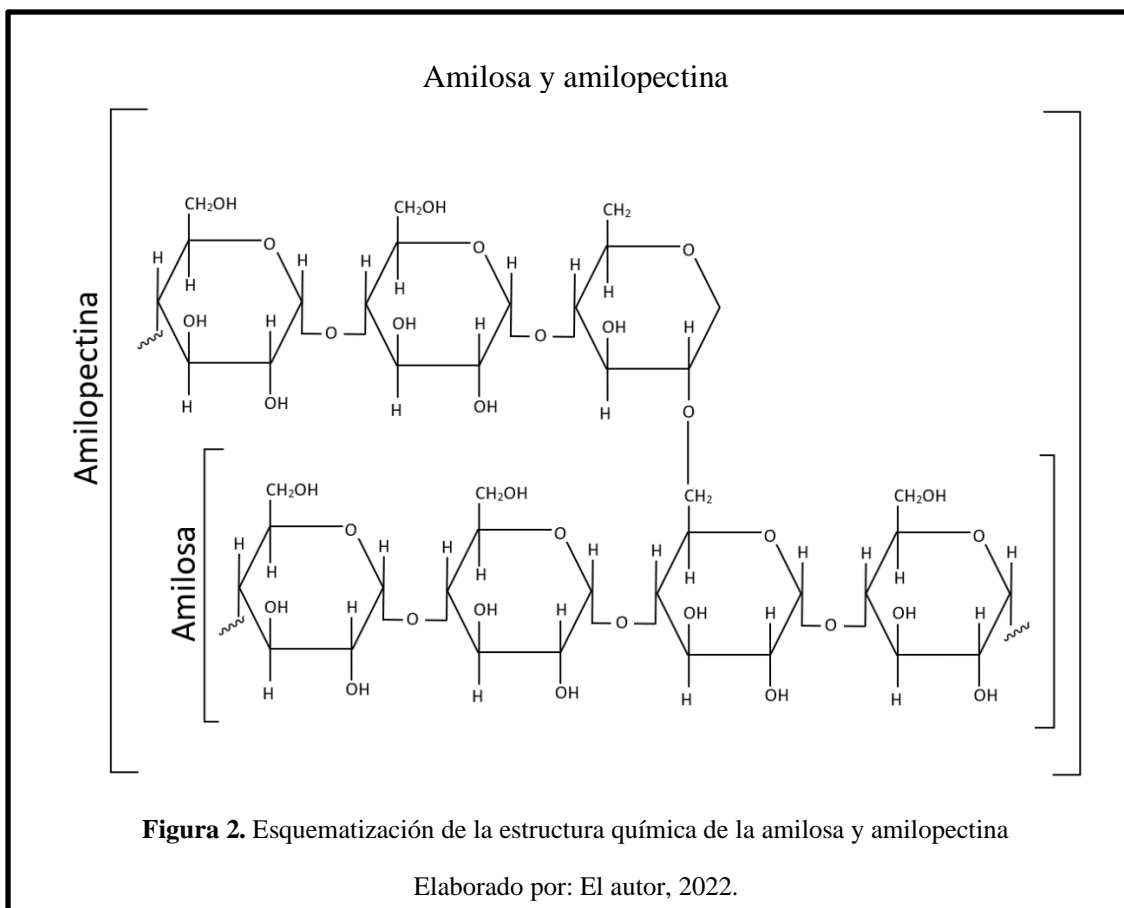
Variable	Cantidad/100 g
Humedad	75 %
Ceniza	4 – 6 %
pH	~6,0 %

Fuente: (Fígares, 2020; García et al., 2022; Meza et al., 2018; Moyano, 2014)

#### 4. Características del almidón

El almidón es la mayor fuente de hidratos de carbono en la dieta del ser humano y el polisacárido de almacenamiento más abundante, formando una fuente de energía esencial para muchos organismos vivos. Es uno de los principales componentes alimenticios que se encuentran en gran parte de productos agrícolas como los cereales, las leguminosas y los tubérculos. Se presenta naturalmente en forma de gránulos en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos de semillas, legumbres y tubérculos (Villaroel et al., 2018).

Químicamente, el almidón está compuesto por la amilosa y la amilopectina (Cornejo et al., 2018). La amilosa es una molécula generalmente lineal que consta principalmente de  $\alpha$ -glucosas (Figura 2), las cuales se unen entre sí a través de enlaces  $\alpha$  1, 4-glucosídicos y en la papa representa entre el 20 al 30 % del almidón, a su vez, la amilopectina es típicamente el componente principal (Figura 2), constituye entre el 70 % al 80 %, está formada por muchas cadenas cortas de unas 20 a 25 unidades de  $\alpha$ -glucosa. Un extremo de cada una de estas cadenas, se unen a la siguiente unidad mediante un enlace  $\alpha$ -1,6-glucosídicos, formando ramificaciones. Las diferencias entre gránulos se basan en la composición porcentual, la organización cristalina, forma y tamaño de amilosa y amilopectina, de modo que da lugar a una extensa variabilidad entre especies, en relación a propiedades físico-químicas (Valdivieso & Mollinedo, 2021).



Los almidones pueden ser catalogados en función de los propósitos nutricionales, en este sentido se tiene almidones de digestión rápida (RDS), almidón de digestión lenta (SDS) y almidón resistente (RS), así, se definen como la cantidad de almidón digerido dentro de los primeros 20, 120 y 240 minutos después de la ingestión, respectivamente (Valdivieso & Mollinedo, 2021).

El almidón resistente está definido por la suma del almidón y los productos de degradación de todos los almidones que no han sido absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos, la particular resistencia, ocurre debido a la estructura física, determinada en parte por una proporción más alta de amilosa en relación de la amilopectina, que favorece a constituir una estructura más compacta y menos susceptible a la hidrólisis enzimática (Villaroel et al., 2018). Así, el almidón resistente (RS) se ordena en 5 tipos diferentes:

- RS2: gránulos de almidón resistente a la digestión enzimática ya que a comparación de los gránulos de almidón crudo tienen la estructura compacta que limita la accesibilidad de la digestión enzimática.
- RS3: almidón retrogradado, formado durante el enfriamiento del almidón que ha sido procesado. La reorganización de este tipo de almidón se ha atribuido gracias a la reorganización molecular de la amilosa (amilosa retrogradada) proveniente de algún proceso de gelatinización.
- RS4: almidón químicamente modificado, en el cual, nuevos enlaces químicos son formados a través de procesos de esterificación, transglicosilación o reticulación y no pueden descomponerse, debido a que el proceso de modificación hace que la estructura sea inaccesible a la digestión por amilasas.
- RS5: almidón en forma de complejos con lípidos (lípidos-amilosa), ocurren cuando la amilosa y las largas cadenas ramificadas de amilopectina interactúan con ácidos grasos y alcoholes (Villaroel et al., 2018).

## **5. Modificaciones del almidón**

Las modificaciones del almidón de papa intervienen favorablemente sobre sus características fisicoquímicas, logrando así mejorar la utilidad de este producto (Vento & Parian, 2014). Estas modificaciones dependen en gran medida de la relación existente entre amilosa/amilopectina. El contenido de amilosa se encuentra asociado a procesos de gelificación de agregados de cristales de almidón de papa, como resultado generan texturas gelatinosas que incrementan su rigidez continuamente de acuerdo a la proporción de estos dos biopolímeros. Los almidones con mayor concentración de amilopectina pueden volverse mucho más cohesivos. Del mismo modo, a mayor concentración de amilosa en los almidones de papa, favorecen una mayor solubilidad, viscosidad, claridad y mayor tendencia a la retrogradación de

los geles. La retrogradación hace referencia al comportamiento de recristalización de almidones gelatinizados durante el enfriamiento y el almacenamiento, proceso acompañado por el endurecimiento y filtración del agua del gel de almidón (Solarte et al., 2019).

Asimismo, es importante mencionar sobre el índice de solubilidad y poder de hinchamiento del almidón ya que son variables estudiadas a partir de la capacidad de absorción de agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se aumenta la temperatura de las suspensiones de almidón (Solarte et al., 2019). También, la estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón, es un factor clave determinado por la cantidad de agua expulsada o sinéresis, contenida en los geles por la reorganización de las moléculas de almidón (Granados et al., 2014).

Por otra parte, la tasa de digestión *in vitro* de los almidones de papa se logra debido a una modificación ocasionada en presencia de un elevado contenido de agua y alta temperatura, lo que produce destrucción y desorganización de la estructura granular, la cual ocurre inicialmente en la boca, gracias al accionar de las  $\alpha$ -amilasas de la saliva y del páncreas que degradan el almidón a moléculas más pequeñas como oligosacáridos y dextrinas. Luego, estas moléculas son hidrolizadas a glucosas a causa de las enzimas glucoamilasa y la  $\alpha$ -glucosidasa; absorbida inmediatamente en la sangre incrementando el índice de glucemia (Aurelia, 2019).

Existen tratamientos hidrotérmicos que transforman las propiedades físico-químicas del almidón sin modificar la estructura granular, como el annealing. Dicho tratamiento requiere el almacenamiento del almidón a un rango de humedad y temperatura específica durante un tiempo establecido. El tratamiento físico de annealing, es un proceso hidrotérmico que involucra el calentamiento de suspensiones de almidón en exceso de agua (>40% p/p), durante un periodo de tiempo determinado (Figueroa, 2020). Este proceso sucede gracias al alto grado

de reorganización de las moléculas de almidón en presencia de agua durante el calentamiento, un proceso que no modifica el tamaño, forma del gránulo del almidón y formación de complejos entre lípidos y amilosa (Sandoval et al., 2004).

## **Materiales y métodos**

### **1. Ubicación del lugar de investigación**

El trabajo experimental se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en el Departamento de Nutrición y Calidad de alimentos, ubicada en la parroquia Cutuglahua perteneciente al cantón Mejía (00° 22' 57.33'' Sur y 78° 33' 18.46'' Oeste), situada a 3050 metros de altitud, con precipitaciones anuales de 1127.5 mm, una humedad relativa del 76 % aproximadamente y una temperatura promedio de 18 °C.

### **2. Extracción del almidón y rendimiento de extracción**

Las muestras en estudio fueron ocho genotipos (1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 y 19.20.15) y tres variedades de papa (Capiro, Libertad y Superchola) las cuales fueron cultivadas en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito. Estas una vez que alcanzaron la madurez fisiológica se cosecharon y aproximadamente un kilo de cada una de las once muestras en estudio fueron lavadas con una solución de disulfito de sodio al 0,01 % y la humedad residual se retiró con la ayuda de un paño seco. Los tubérculos completos, limpios y secos fueron cortados en rodajas, posteriormente, las muestras se sometieron a un proceso de secado en una estufa a vacío de aire forzado a 60 °C por un tiempo de 16 horas.

De las once muestras secas (1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 y 19.20.15, Capiro, Libertad y Superchola), por separado se tomó aproximadamente 1000 g de cada muestra, se molió en un molino centrífugo eléctrico RETSCH con una malla de 0.5 micrones, durante 2 minutos y posteriormente se realizó el tamizaje en un tamizador eléctrico durante 10 ciclos de 75 segundos, cada uno en pausas de 5 segundos. Así, la muestra se clasificó en fracciones de partículas de 200 µm, 150 µm, 100 µm y <100 µm, conservando la última fracción y volviendo a moler las de tamaños superiores. El rendimiento de obtención

del almidón fue calculado empleando la Ecuación 1 y los análisis fueron realizados por triplicado.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de los tubérculos}} * 100\% \quad \text{Ecuación 1}$$

### **3. Determinación de propiedades físico-químicas del almidón**

Para obtener el almidón calentado de las once muestras en estudio, por separado se pesó 500 g de almidón crudo, en sobres de papel aluminio, el cual se cerró completamente y se colocó en una olla de presión por un tiempo de 15 minutos a una temperatura de ebullición de 130 °C y a una presión de 90 kPa, luego de este tiempo se colocó a temperatura ambiente y se almacenó en fundas de polietileno hasta el respectivo análisis.

La determinación de las propiedades físico-químicas se determinó en veinte y dos muestras, once muestras de almidón crudo y once muestras de almidón calentado. Todos los análisis físico-químicos fueron realizados por triplicado e incluyó la cuantificación de la humedad, ceniza, fibra cruda, índice de absorción de agua, solubilidad, poder de hinchamiento, amilosa utilizando colorimetría, almidón total, retrogradación, estabilidad de almacenamiento en refrigeración.

- ***Cuantificación de humedad***

La humedad fue cuantificada empleando la metodología 14.003, descrita por la Asociación Oficial de Químicos Analistas con modificaciones. Así, se taró los crisoles en una estufa marca Memmert a 105 °C por 8 horas y se registró el peso una vez fríos. Directamente en el crisol se pesó entre 1 a 2 g por separado y por triplicado cada una de las muestras en estudio, tanto almidones crudos como calentados. Las muestras se llevaron por 12 horas a la estufa a 105 °C, transcurrido el tiempo establecido se sacó los crisoles, se enfriaron hasta

temperatura ambiente y se pesaron en una balanza analítica Ohaus (Ruales et al., 2000). La humedad se calculó empleando la Ecuación 2.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_{cmh} - P_{cms}}{P_{cmh} - P_c} * 100\% \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

P<sub>c</sub>: peso del recipiente

P<sub>cmh</sub>: peso del recipiente más muestra húmeda

P<sub>cms</sub>: peso del recipiente más muestra seca

- ***Cuantificación de ceniza***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado, se pesó 2 g de muestra en un crisol tarado y se colocó en una mufla Furnace a 600 °C durante 2 horas hasta que la ceniza adquiriera un color blanco o grisáceo. Una vez alcanzada las condiciones anteriores, se sacó los crisoles de la mufla, se enfrió hasta temperatura ambiente en un desecador y se pesó el crisol en una balanza analítica Ohaus (Ruales et al., 2000). La ceniza se calculó empleando la Ecuación 3.

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_{cz} - P_c}{P_m} * 100\% \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P<sub>c</sub>: peso del crisol

P<sub>cz</sub>: peso del crisol más ceniza

- ***Cuantificación de fibra cruda***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado se pesó 2 g de muestra en un vaso de precipitación de 600 mL, se añadió 200 mL de ácido sulfúrico



al 0,7 % y 1 mL de alcohol isoamílico para la digestión durante 30 minutos, se añadió 2 mL de hidróxido de sodio al 22 % y 1 mL de alcohol isoamílico para continuar la digestión durante 3 minutos disminuyendo la temperatura gradualmente, se colocó una capa de lana de vidrio hasta la mitad del crisol filtrante, se recogió la fibra en el crisol filtrante, se lavó la fibra con agua desmineralizada caliente, 100 mL de ácido sulfúrico 7/1000 y 20 mL de hexano, se secó en una estufa Memmert a 105 °C durante 8 horas; se colocó el crisol en un desecador, una vez frío, se registró el peso, se calcinó el crisol en una mufla Furnace por 4 horas a 600 °C, se colocó el crisol con muestra en un desecador, una vez frío, se pesó en una balanza analítica Ohaus (Ruales et al., 2000). La fibra cruda se calculó empleando la Ecuación 4.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{P_{cf} - P_{cc}}{P_m} * 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P<sub>cf</sub>: peso del crisol secado a 105 °C

P<sub>cc</sub>: peso del crisol después de la incineración

P<sub>m</sub>: peso de la muestra

- ***Determinación del índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado, se pesó 2,5 g de muestra en un tubo de centrifuga previsto de un agitador magnético. La muestra se mezcló con 30 mL de agua destilada calentada en un baño María Sybron-Thermolyne a 30 °C y se agitó en un agitador vortex Droptek Mx-F. El tubo con la solución se sumergió dentro de un baño María Sybron-Thermolyne, se agitó por 30 minutos y transcurrido el

tiempo establecido se centrifugó la solución a 500 rpm durante 20 minutos en una centrífuga IEC Model K para separar el gel del líquido. Así, el líquido fue decantado en otro tubo y se registró el peso y volumen, además este líquido se filtró en papel filtro y 10mL del líquido filtrado fue colocado en una caja Petri tarada a 75 °C por 24 horas y secado en una estufa Memmert durante 4 horas a 90 °C; por otra parte, el gel decantado se pesó en una balanza analítica Ohaus (Ruales et al., 2000). El índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento se calculó empleando la Ecuación 5, 6 y 7 respectivamente

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\text{Índice de solubilidad de agua (ISA)} = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100\% \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)} - \text{Peso de solubles}} * 100\% \quad \text{Ecuación 7}$$

- **Determinación de amilosa utilizando colorimetría**

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado, se pesó 100 mg de muestra en un balón volumétrico de 100 mL, se añadió 1 mL de etanol al 95% y 10 mL de hidróxido de sodio 1 N, se dejó que gelatinice durante 24 horas y se aforó a 100 mL con agua destilada, se tomó 2,5 mL en un balón volumétrico de 50 mL que contenía 25 mL de agua destilada previamente, se añadió 0,5 mL de HCL al 30% y 1 mL de solución de yodo al 2%, se mezcló bien y se aforó con agua destilada. Se dejó en reposo en oscuridad durante 20 minutos. Para la construcción de la muestra blanco, en un balón volumétrico de 100 mL, se colocó 50 mL de agua destilada y 5 mL de hidróxido de sodio al 0,09 N. Por último, se leyó la muestra obtenida en un espectrofotómetro PF-11 a una absorbancia de 605 nm (Ruales et al., 2000). La determinación de amilosa se calculó empleando la

Ecuación 8, mientras que, para la determinación de amilopectina se calculó empleando la Ecuación 9.

$$\% \text{amilosa} = \frac{\text{absorbancia} - 0,0472}{0,0202} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\% \text{amilopectina} = 100\% - \% \text{amilosa} \quad \text{Ecuación 9}$$

- ***Determinación de almidón total***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado, se pesó 500 mg de muestra seca, se suspendió la muestra en 10 mL de agua destilada en un agitador constante y se añadió lentamente 10 mL de la solución de KOH 4 N durante 30 minutos. Se neutralizó la mezcla con HCL 5 M hasta lograr alcanzar un pH entre 6,5 a 7 con un pHmetro inoLab, se añadió 200 µL de Termamy®, se colocó en ebullición en una cocina industrial por 2 minutos, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se transfirió cuantitativamente el contenido a un matraz aforado de 10 mL. Se llevó, a volumen con agua destilada y colocó una barra magnética en un agitador magnético Thermo Scientific. Se tomó, con agitación magnética constante, 250 µL de la dilución anterior y se transfirió a un tubo de ensayo que contenía 1 mL de tampón acetato de sodio. Se agregó 50 µL de dilución de amiloglucosidasa y se mezcló suavemente con ayuda de un agitador vortex Droptek Mx-F. Se incubó la mezcla en una incubadora a 60 °C por 30 minutos, se transfirió el contenido cuantitativamente del tubo de ensayo a un matraz aforado de 10 mL, se llevó a volumen el contenido del matraz, se tomó 1000 µL del contenido del matraz y se mezcló con 2 mL de reactivo antrona. Se calentó la muestra durante 10 minutos, se dejó reposar a temperatura ambiente y se agitó durante 1 minuto cada una en el agitador vortex Droptek Mx-F. Se leyó la muestra obtenida en un espectrofotómetro PF-11 a una absorbancia de 605 nm (Ruales et al., 2000). El almidón total se calculó empleando la ecuación 8.

$$\% \text{ almidón} = \frac{\mu\text{g glucosa} * 0.001 * 100 * 200 * 0.9}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

0,001: transformación de microgramos a miligramos

100: primera dilución

200: segunda dilución

0,9: factor transformación de glucosa a glucano

- ***Determinación de retrogradación***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado se preparó suspensiones de almidón de cada muestra a diferentes concentraciones 3 %, 5 %, 6 % y 9 % con 50 mL de agua destilada. Para cada concentración se introdujo un agitador magnético y se ajustó el pH a 7,0 con NaOH 0,1 N con la ayuda de un pHmetro. Se procedió a la cocción de la suspensión colocándola sobre una placa de calentamiento y agitación magnética alcanzando una temperatura de 95 °C durante 10 minutos, se enfrió hasta 60 °C y se transfirió las porciones de 5 mL a tubos de centrifuga de 100 mL, se enfrió, tapó el tubo y se almacenó en refrigeración a 4 °C por 24 horas. Se centrifugó a 8 000 rpm en una centrifuga IEC Model K durante 15 minutos, se pesó el agua separada del gel en una balanza analítica Ohaus. La retrogradación se expresó como gramos de agua separados de 50 mL del gel procesado en las condiciones previamente mencionadas.

- ***Estabilidad de almacenamiento en refrigeración***

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado se preparó suspensiones de almidón a diferentes concentraciones 3 %, 5 %, 7 % y 9 % con 50 mL de

agua destilada en un tubo previamente tarado, cada suspensión fue gelatinizada en un amilógrafo Bran Bender a una temperatura de 89 °C durante 10 minutos. Se tomó aproximadamente 50 mL del almidón gelatinizado y se colocó en un tubo de centrifuga, se enfrió y se tapó. Se colocó el tubo en un refrigerador a una temperatura de 4 °C. Transcurrido el día de almacenamiento 1, se incubó el tubo en un baño María Sybron-Thermolyne a 60 °C durante 1 hora, se tomó el tubo que corresponde al primer día de almacenamiento, se centrifugó a 1 000 rpm durante 10 minutos, se retiró el agua separada del gel y se registró el peso en una balanza analítica. Para los días de almacenamiento 2, 3 y 5 se repitió los pasos finales mencionados. La estabilidad de almacenamiento se calculó empleando la ecuación 9.

$$\%Estabilidad\ de\ almacenamiento = \frac{peso\ del\ agua\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)} * 100\% \quad \text{Ecuación 11}$$

#### **4. Determinación de tasa de digestión *in vitro* y almidón resistente**

Para la determinación de esta variable, se empleó la metodología descrita por la Corporación NEOGEN-MEGAZYME mediante el kit “digestible and resistant starch assay protocol”, misma que se detalla a continuación:

- **Tasa de digestión *in vitro*:**

De cada uno de los almidones crudos y cocinados, por separado y por triplicado se pesó 0,5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer, se agregó una barra agitadora en el matraz, se humedeció la muestra con 1,0 mL de EtOH al 95 %v/v, se agregó 35 mL de tampón de maleato, se tapó el matraz y se colocó en un agitador magnético Thermo Scientific sumergible en un baño María Sybron-Thermolyne, se dejó que el contenido se equilibre a 37 °C durante 5 minutos con agitación a 170 rpm. Se agregó 5 mL de PAA/AMG Solución

AMG, se tapó el matraz e incubó la solución en las mismas condiciones mencionadas anteriormente. Se retiró con cuidado 1,0 mL de la solución de la reacción agitada a los 20 minutos para la determinación de RDS (almidón de digestión rápida), a los 120 minutos para la determinación de SDS (almidón de digestión lenta) y a los 240 minutos para la determinación de TDS. Luego, se agregó 1,0 mL de solución de muestra a 20 mL de solución de ácido acético 50 M, se tapó el tubo, se agitó en un agitador vortex Droptek Mx-F y almacenó a temperatura ambiente o a 4 °C en espera del análisis. Se transfirió 2 mL de la solución a un tubo Eppendorf, se centrifugó a 13 000 rpm durante 5 minutos en una centrifuga IEC Model K, se transfirió una alícuota de 0,1 mL al fondo de un tubo de ensayo, se añadió lentamente 0,1 mL de AMG diluido (100 U/mL), se mezcló bien e incubó a 50 °C durante 20 minutos. Se midió la absorbancia de la muestra y los estándares de glucosa a 510 nm frente la muestra blanco, en un espectrofotómetro Thermo Scientific™ Evolution™ 201. Para la muestra blanco, se mezcló 0,2 mL de ácido acético 100 mM con 3,0 mL de reactivo GPOOD. Para los estándares de D-glucosa se mezcló 0,1 mL de D-glucosa más 0,1 mL de ácido acético 100 mM (pH 4,5) con 3,0 mL de reactivo GPOOD, se incubó la solución a 50 °C durante 20 minutos con la solución muestra (NEOGEN, 2022). La RDS, SDS y TDS se calculó empleando la Ecuación 10 respectivamente.

$$RDS; SDS; TDS = \Delta A * F * \frac{EV}{W} * \frac{D}{0,1} * 100 * \frac{1}{1\ 000\ 000} * \frac{162}{180} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$\Delta A$ : absorbancia leída frente al blanco después de 20 minutos (RDS; después 120 minutos-20 minutos (SDS); luego 240 minutos (TDS).

F: conversión de absorbancia a mg (la absorbancia obtenida para 100 mg de D-glucosa en la reacción de GPOOD). [F = 100 mg de D-glucosa dividido por la absorbancia de GPOOD para estos 100 mg de D-glucosa]

EV: volumen de extracción (mL) correspondiente a 41.

W: peso de la muestra analizada en gramos, es decir 1,0 g.

D: dilución de la muestra (21; 1,0 mL de muestra añadido a 20 mL de ácido acético diluido).

0,1: volumen de muestra analizado

100: conversión a g/100 g.

1 000 000: conversión de mg a g.

162/180: factor para convertir de D-glucosa libre, a anhidro-D-glucosa como ocurre en el almidón

- **Almidón resistente:**

Después de 240 minutos, mientras se agitó la solución incubada inicialmente, se retiró 4,0 mL de la suspensión, se transfirió a un tubo Eppendorf que contenga previamente 4 mL de etanol al 95 % v/v, se tapó el tubo, se centrifugó el tubo a 4 000 rpm durante 10 minutos en una centrifuga IEC Model K, se decantó con cuidado la solución sobrenadante inmediatamente, se suspendió el sedimento en 2 mL de etanol al 50 % v/v agitando en un agitador vortex Droptek Mx-F. Se centrifugó el tubo durante 10 minutos y se recuperó el sedimento únicamente, se volvió a suspender el sedimento en etanol acuoso al 50 % v/v, se centrifugó durante 10 minutos, se decantó la solución sobrenadante, se eliminó el líquido

libre, se tapó el tubo con Parafilm hasta la determinación de RS. Se agregó una barra agitadora magnética y 2 mL de NaOH 1,7 M frío al tubo, se volvió a suspender los gránulos agitando el contenido del tubo durante 20 minutos en un agitador magnético Thermo Scientific™ sumergible en un baño de agua/hielo. Se agregó 8 mL de tampón de acetato de sodio 1,0 M a cada tubo, se agregó 0,1 de AMG, se agitó los tubos en un agitador vortex Droptek Mx-F, se incubó los tubos en un baño de agua a 50 °C e incubó por 30 minutos con mezclas intermitentes en un agitador vortex. Se transfirió cuantitativamente el contenido del tubo a un matraz volumétrico de 100 mL, se ajustó el volumen a 100 mL con agua destilada, se centrifugó una alícuota de 2 mL de la solución a 13 000 rpm durante 5 minutos en una centrífuga IEC Model K. Se transfirió una alícuota de 0,1 mL del sobrenadante centrifugado a tubos de ensayo, se agregó 0,1 mL de solución 100 mM tampón acetato de sodio (pH 4,5) y 3,0 mL de reactivo GPOOD, se incubó a 50 °C durante 20 minutos, se midió la absorbancia de la muestra y los estándares de glucosa a 510 nm frente al reactivo blanco en un espectrofotómetro Thermo Scientific™ Evolution™ 201. Para la muestra blanco, se mezcló 0,2 mL de ácido acético 100 mM con 3,0 mL de reactivo GPOOD. Para los estándares de D-glucosa por se mezcló 0,1 mL de D-glucosa más, 0,1 mL de ácido acético 100 mM con 3,0 mL de reactivo GPOOD y se incubó a 50 °C durante 20 minutos con la solución muestra. La RS se calculó empleando la ecuación 11.

$$RS = \Delta A * F * \frac{EV}{4} * \frac{FV}{0,1} * \frac{1}{1\ 000\ 000} * \frac{100}{W} * \frac{162}{180} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

$\Delta A$ : absorbancia leída frente al blanco después de 240 minutos (TDS).



F: conversión de absorbancia a mg (la absorbancia obtenida para 100 mg de D-glucosa en la reacción de GPOOD). [F = 100 mg de D-glucosa dividido por la absorbancia de GPOOD para estos 100 mg de D-glucosa]

EV: volumen de extracción correspondiente a 41 mL.

4: volumen de la solución tomado de la mezcla de reacción para análisis RS.

FV/0,1: alícuota de 0,1 mL tomada del volumen final para determinación de glucosa utilizando el reactivo GOPOD.

1 000 000: conversión de mg a g.

100/W: conversión a g/100 g.

W: peso de la muestra analizada en gramos, es decir 1,0 g.

162/180: factor para convertir de D-glucosa libre, a anhidro-D-glucosa como ocurre en el almidón.

162/180: factor para convertir de D-glucosa libre, a anhidro-D-glucosa como ocurre en el almidón.

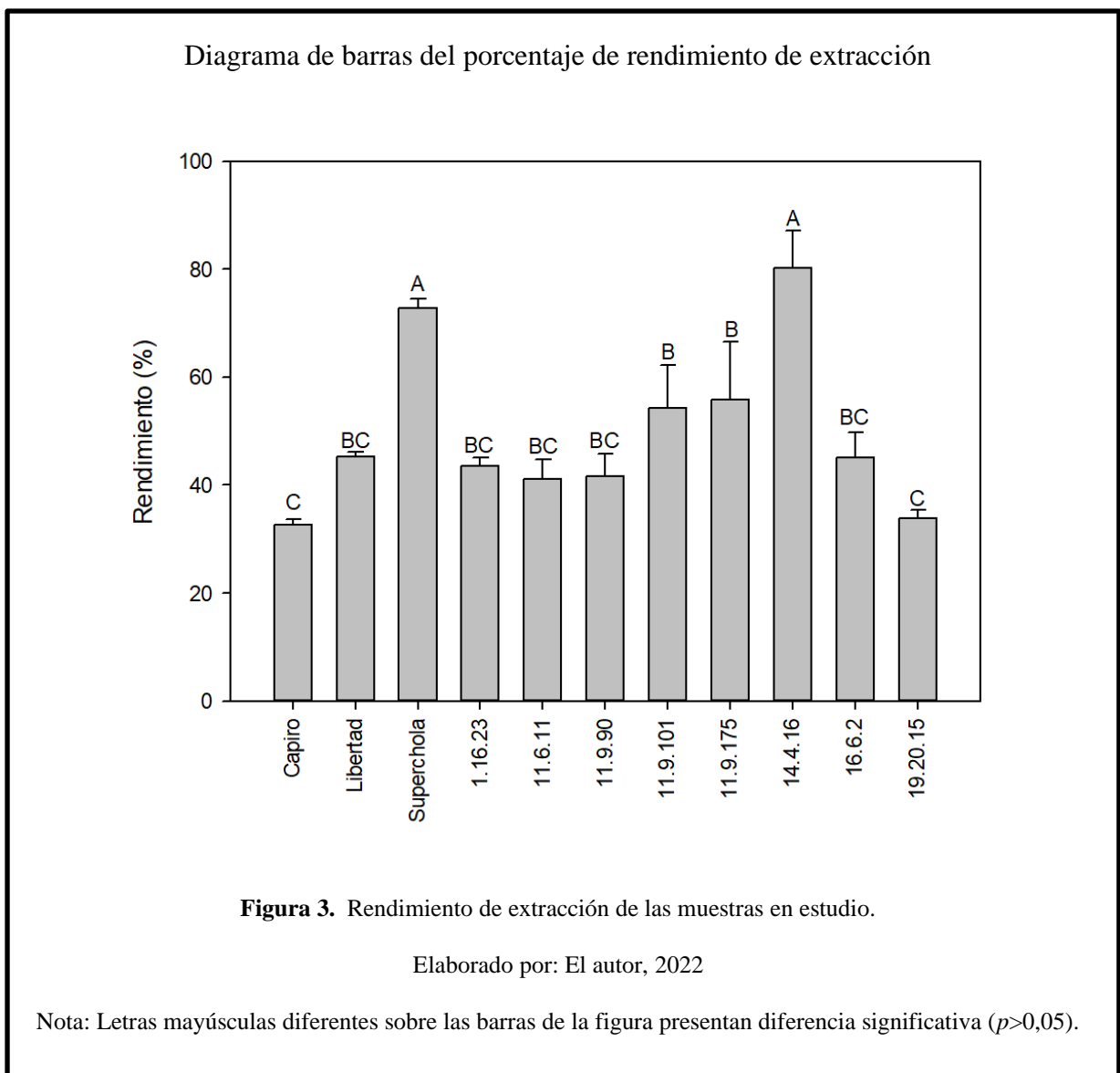
## **5. Análisis estadístico**

El análisis estadístico incluyó un análisis ANOVA simple considerando una prueba Tukey con un p-valor de 0,05 mediante el software estadístico Infostat v. 2018. Este análisis incluyó la comparación entre todas las muestras de almidones crudos y todas las muestras de los almidones calentados, además de una comparación entre almidón crudo y calentado para un mismo genotipo o variedad. Las gráficas fueron realizadas en el programa SigmaPlot v.14.0.

## Resultados y discusiones

### 1. Rendimiento de extracción

En la Figura 3 se presenta el rendimiento de extracción del almidón para las muestras en estudio. El porcentaje de rendimiento de extracción varió en un rango de entre 32,66 % a 80,18 %. El análisis estadístico mostró diferencia significativa para el rendimiento de extracción de los almidones señalando el mayor rendimiento para el genotipo 14.4.16 (80,18 %) y la variedad Superchola (72,77 %).



## **2. Propiedades físico-químicas del almidón**

- **Humedad**

En la figura 4 se presentan los valores promedio del porcentaje de humedad para los almidones crudos y calentados para las muestras en estudio. Así, el porcentaje de humedad para almidones crudos varió en un rango de 5,70 % (genotipo 11.6.11) a 10,87 % (genotipo 1.16.23) y para los almidones calentados varió de 5,58 % (genotipo 11.6.11) a 8,90 % (genotipo 1.16.23). A su vez, el análisis estadístico señaló que el genotipo 1.16.23 (10,87 %) en estado crudo, fue el que presentó la mayor humedad comparado con las otras muestras analizadas tanto en estado crudo como calentadas. Además, las muestras Capiro, Libertad, Superchola, genotipo 1.16.23 y genotipo 14.4.16 presentaron diferencia estadística cuando se comparó los almidones crudos y cocinados, señalando que las muestras crudas presentaron el mayor porcentaje de humedad. Esta característica está relacionada a lo expuesto por otros autores que determinaron que almidones sometidos a temperaturas mayores a 120 °C presentan disminución de humedad (V. Quintero et al., 2013) y los resultados encontrados en este estudio fueron comparables con la escala de Moorthy, la cual indica que el contenido de humedad de los almidones debe variar entre 6 a 16 % con el fin de disminuir daños microbianos (Salgado et al., 2019).

Diagrama de barras del porcentaje de humedad

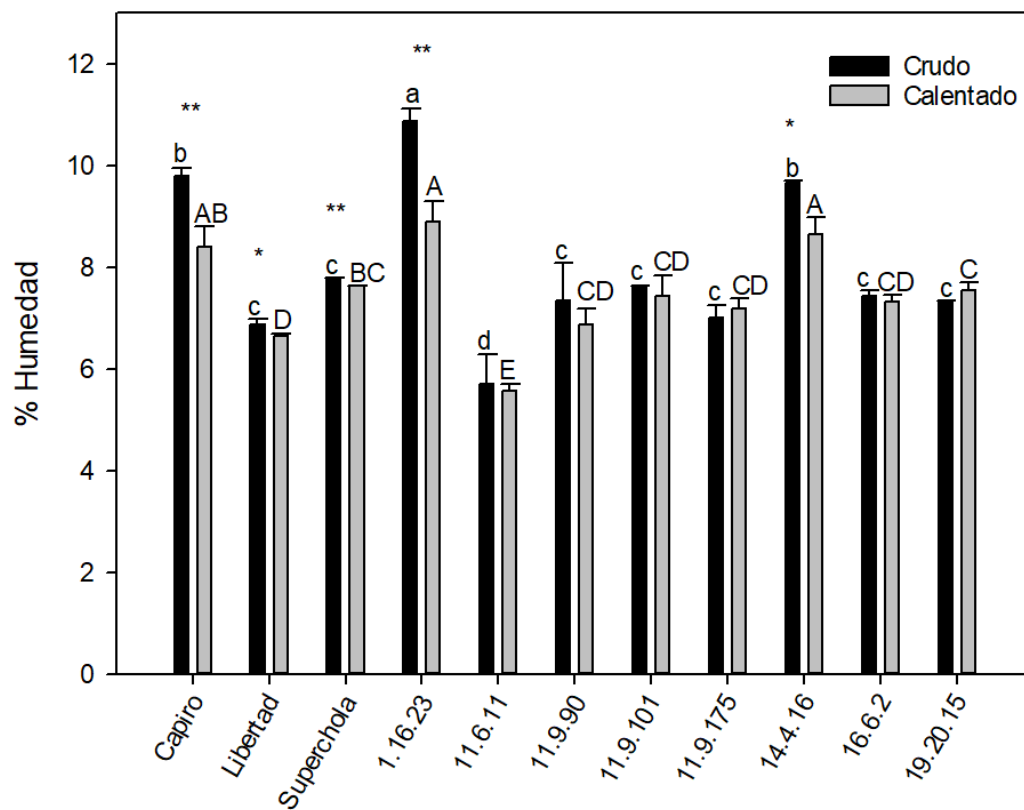


Figura 4. Valor promedio de humedad de almidones crudos y calentados.

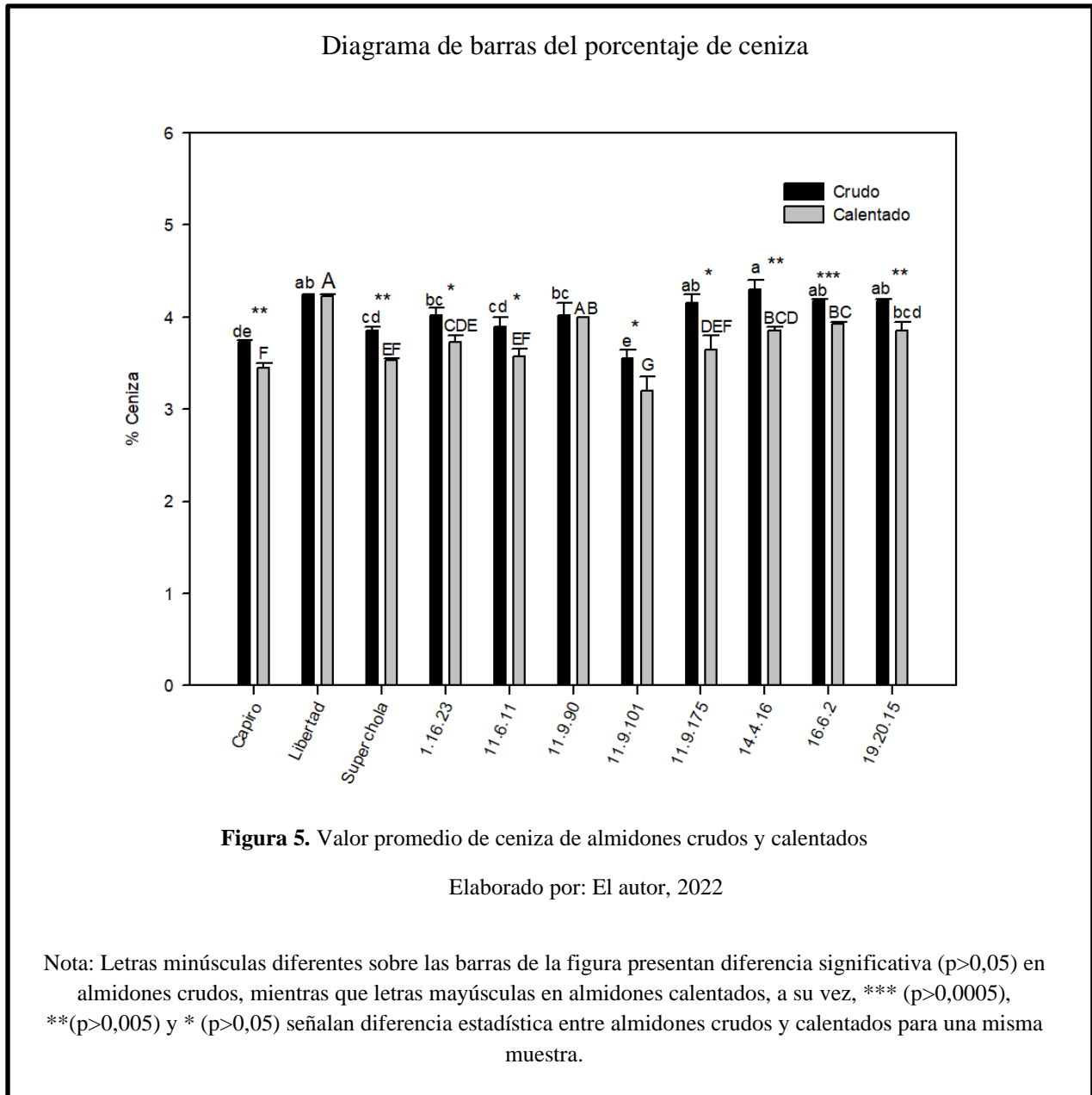
Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

- **Ceniza**

En la figura 5 se muestra el valor promedio del porcentaje de ceniza de almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de ceniza varió en un rango de 3,55 % (genotipo 11.9.101) a 4,30 % (genotipo 14.4.16) para muestras crudas y 3,20 % (genotipo 11.9.101) a 4,23 % (variedad Libertad) para muestras calentadas. El análisis estadístico en la mayoría de los casos mostró diferencia significativa, el mayor porcentaje de ceniza comparado entre almidones crudos y calentados, mostrando el mayor

porcentaje de ceniza para el genotipo 14.4.16 (4.30 %) en estado crudo. Por otra parte, los valores de porcentaje de ceniza obtenido en este estudio guardaron relación con otros estudios que mostraron un rango de ceniza de 1,1 a 4,9 % (Balladares, 2018).



- **Fibra cruda**

En la Figura 6 se muestra el valor promedio del porcentaje de fibra cruda de almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. Así, el porcentaje de fibra cruda en almidones crudos varió en un rango de 1,33 % (variedad Superchola) a 3,63 % (genotipo 1.16.23) y de 1,30 % (genotipo 16.6.2) a 3,58 % (genotipo 19.20.15) en almidones calentados. El análisis estadístico en algunos casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de fibra cruda comparado entre almidones crudos y calentados, señalando el mayor porcentaje para el genotipo 1.16.23 (3,63 %) en estado crudo. Estos resultados guardaron relación con otros estudios que señalan un rango de fibra cruda entre 1 a 10 % (Moyano, 2014). Además, otros autores mencionan que un tiempo prolongado de calentamiento en el almidón ocasiona una disminución en el porcentaje de fibra cruda (Sotelo et al., 2007) pues, la presencia de un pretratamiento térmico rompe el complejo de lignina, hidroliza la hemicelulosa mucho más fácil y reduce el grado de cristalinidad en la estructura de la celulosa (Ixcotoyac, 2013).

Diagrama de barras del porcentaje de fibra cruda

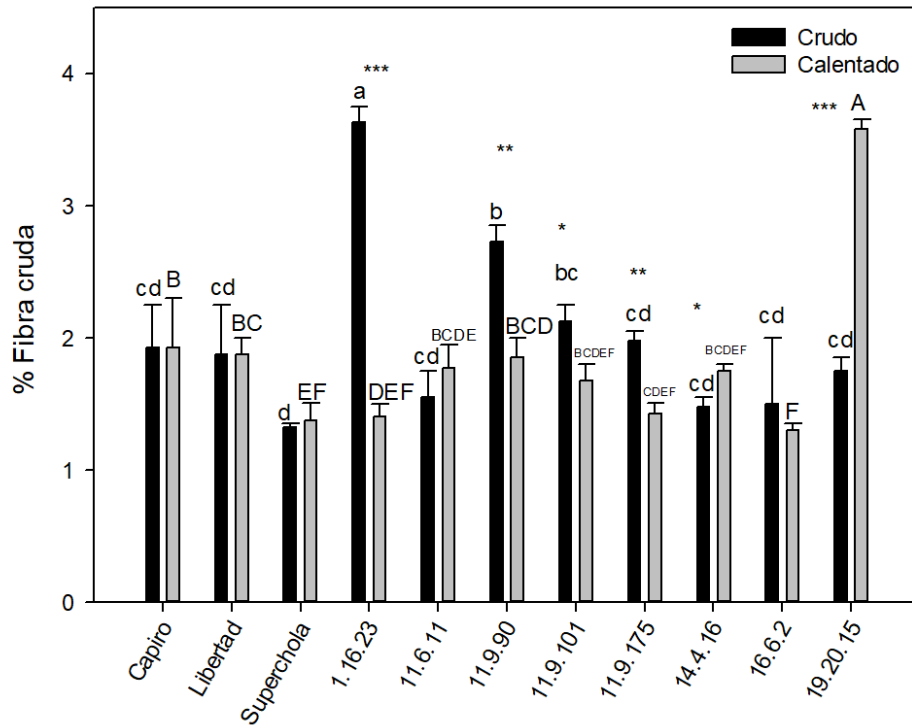


Figura 6. Valor promedio de fibra cruda de almidones crudos y calentados.

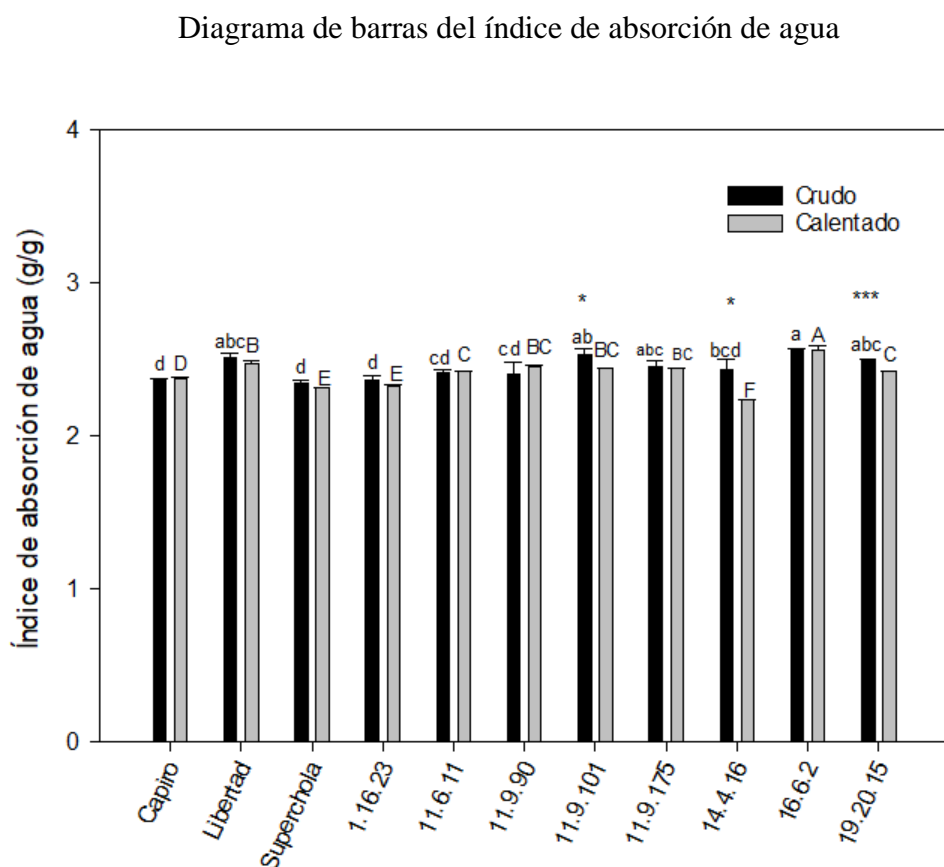
Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

- **Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)**

En la figura 7 se muestra el índice de absorción de agua de almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El índice de absorción de agua en almidones crudos varió en un rango de 2,35 g/g (variedad Superchola) a 2,57 g/g (genotipo 16.6.2) y de 2,24 g/g (genotipo 14.4.16) a 2,56 g/g (genotipo 16.6.2) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el índice de

absorción de agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando el mayor índice de absorción de agua para el genotipo 16.6.2 (2,57 g) en estado crudo. Estos resultados guardan relación con otros estudios que señalan que el índice de absorción de agua en almidones varía entre 0,82 g/g a 15,52 g/g, (Solarte et al., 2019). Además, en el estudio se observa que existe una ligera disminución del IAA, lo que podría deberse al hecho que muestras calentadas sufren una disminución de este parámetro, esto debido a que temperaturas entre 130 °C a 140 °C provocan una modificación de los cristales del almidón, alcanzando un estado amorfo (Díaz, 2013).



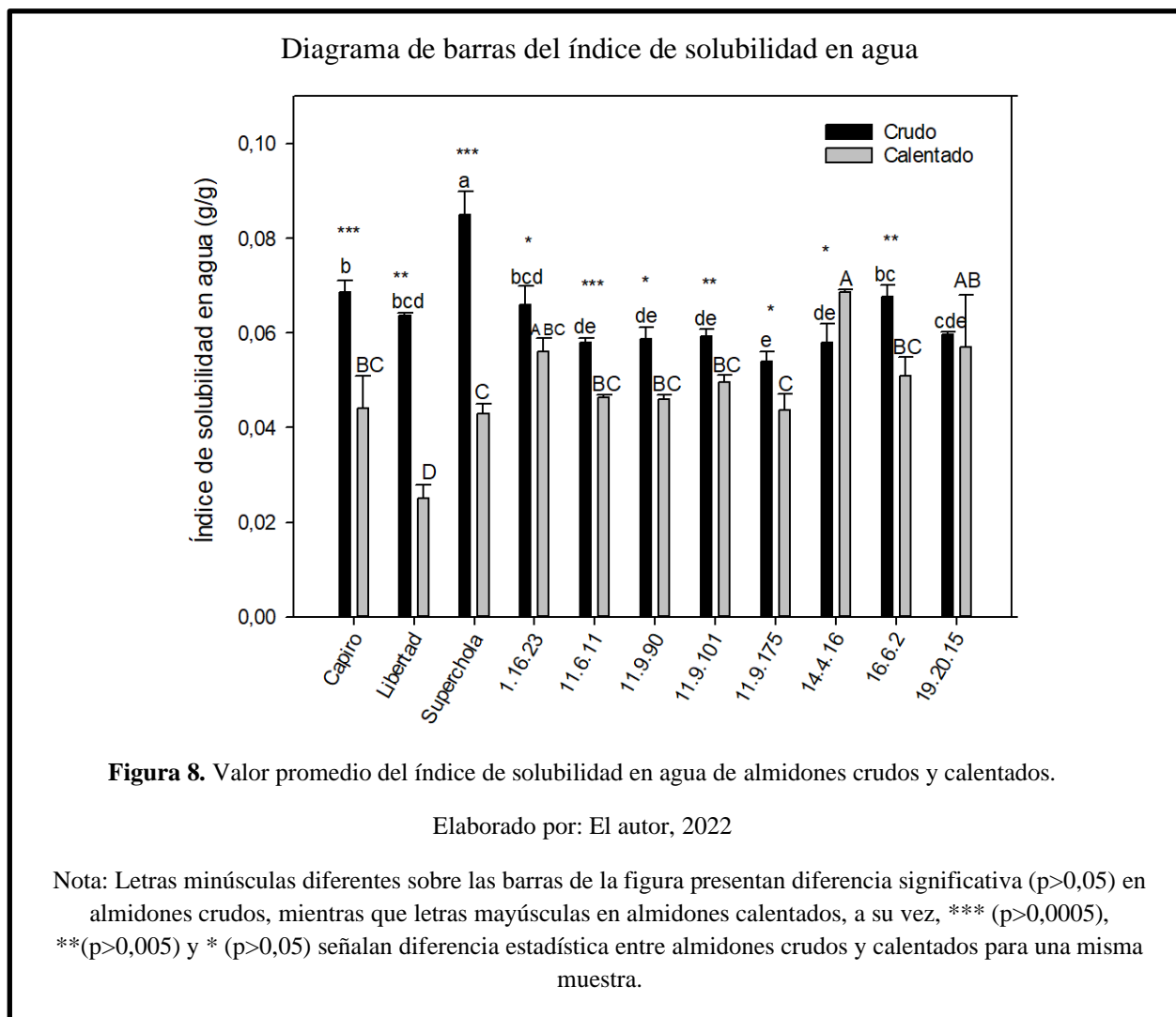
**Figura 7.** Valor promedio del índice de absorción de agua de almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

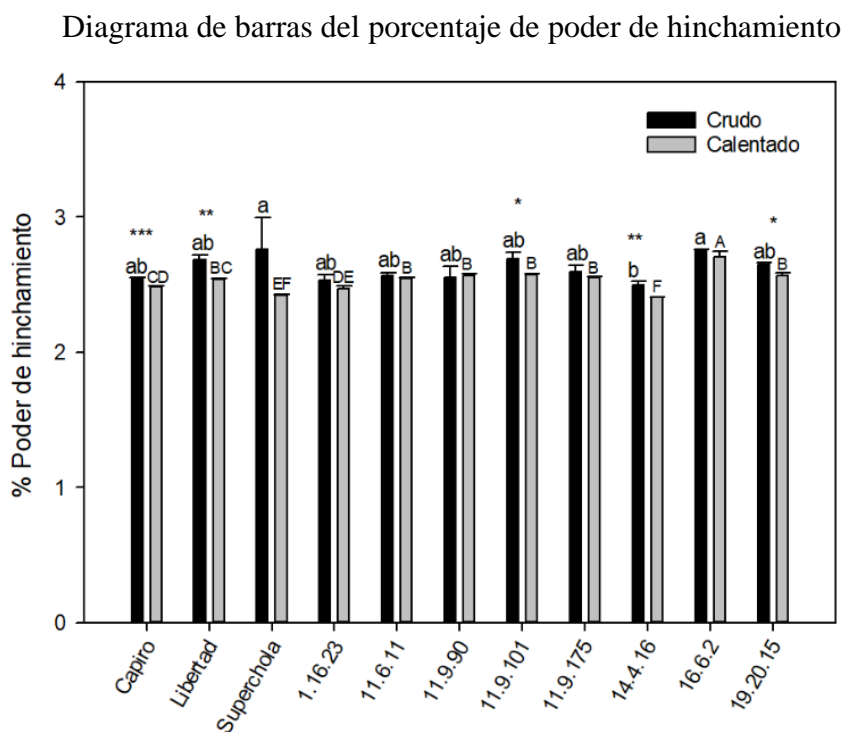
Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.



En la Figura 8 se muestra el índice de solubilidad en agua para almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El índice de solubilidad en agua en almidones crudos varió en un rango de 0,05 g/g (genotipo 11.9.175) a 0,09 g/g (variedad Superchola) y de 0,03 g/g (variedad Libertad) a 0,07 g/g (genotipo 14.4.16). El análisis estadístico en la mayoría de los casos mostró diferencia significativa, para el índice de solubilidad en agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando el mayor índice de solubilidad en agua para la variedad Superchola (0,09 g/g) en estado crudo. Estos resultados guardan relación con estudios que señalan que la modificación físico-química del almidón reduce considerablemente el índice de solubilidad en agua (Néder et al., 2016). Además, el ISA en muestras calentadas disminuye debido a la rotura molecular (Montano, 2013).



En la Figura 9 se muestra los valores promedios del porcentaje del poder de hinchamiento de los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje del poder de hinchamiento en almidones crudos varió en un rango de 2,50 % (genotipo 14.4.16) a 2,76 % (variedad Superchola y genotipo 16.6.2) y de 2,41% (genotipo 14.4.16) a 2,70 % (genotipo 16.6.2) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa, para el porcentaje de poder de hinchamiento comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de poder de hinchamiento para la variedad Superchola (2,76 %) y el genotipo 16.6.2 (2,76 %) ambas en estado crudo.



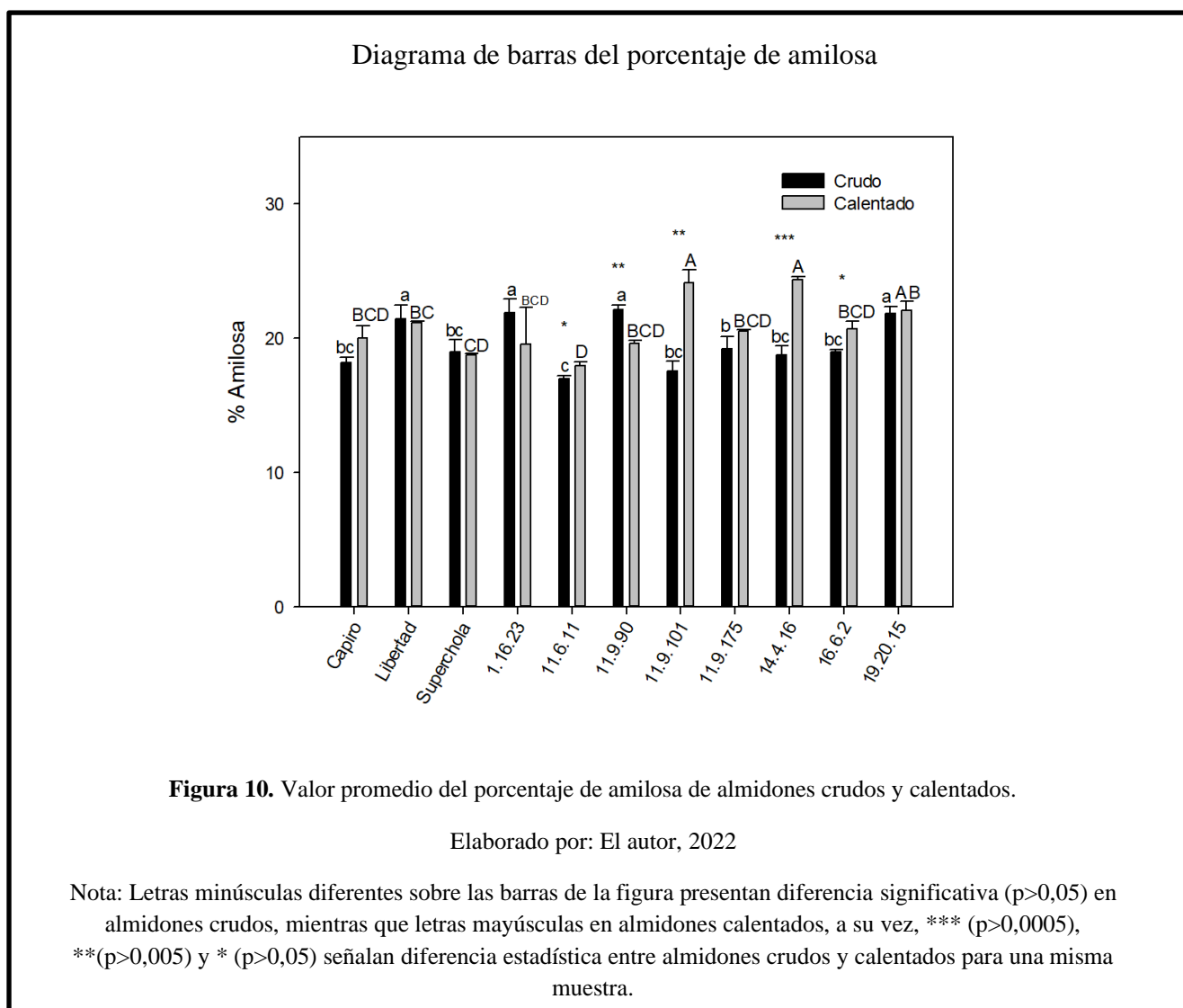
**Figura 9.** Valor promedio del porcentaje de poder de hinchamiento de almidones crudos y calentados.

Elaborado por: El autor, 2022

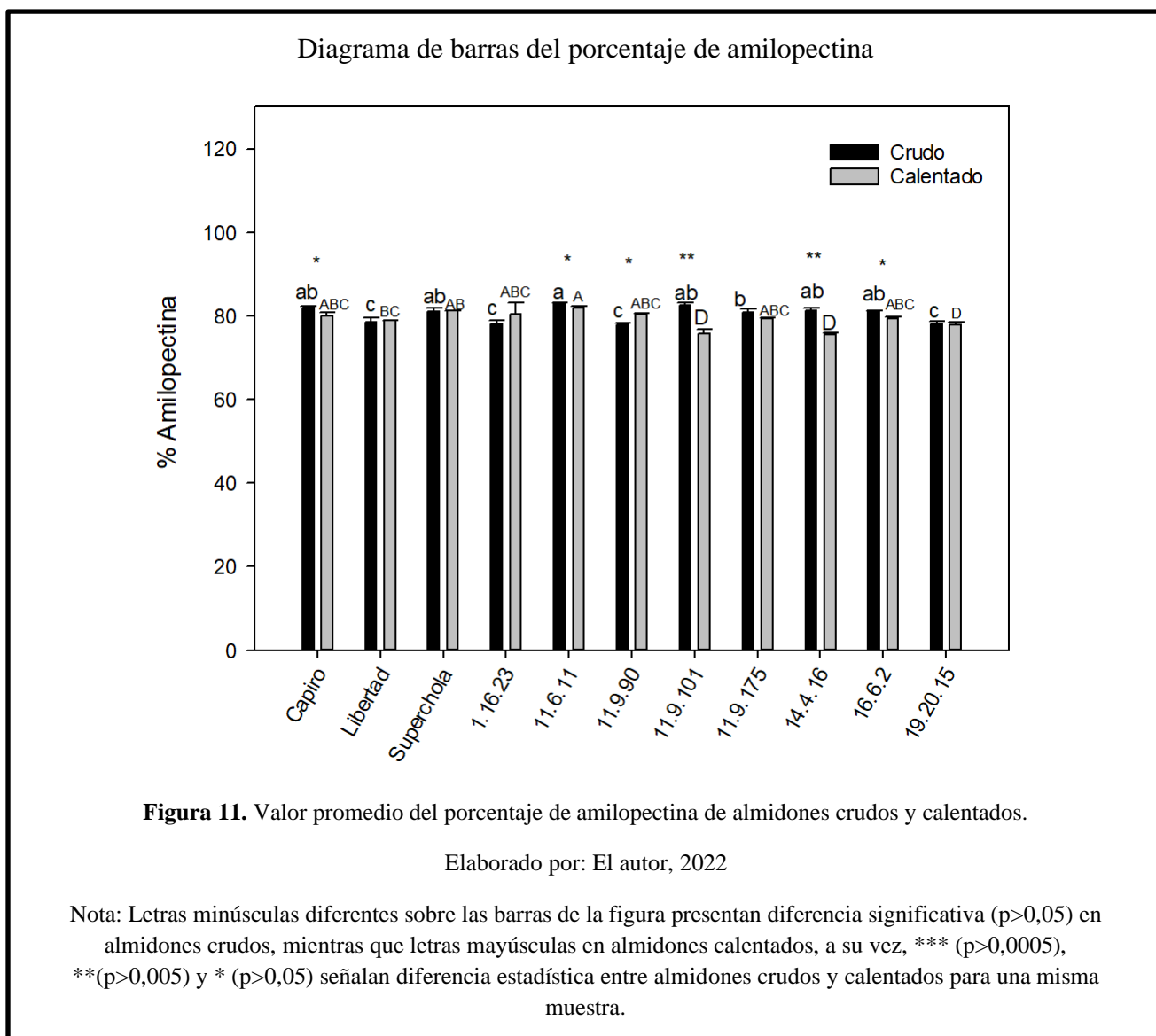
Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

- **Amilosa y amilopectina**

En la Figura 10 se muestra los valores promedios del porcentaje de amilosa para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de amilosa en almidones crudos varió en un rango de 17,00 % (genotipo 11.6.11) a 22,11 % (genotipo 11.9.90) y de 17,99 % (genotipo 11.6.11) a 24,36 % (genotipo 14.4.16) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de amilosa comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de amilosa para el genotipo 14.4.16 (24,36 %) y 11.9.101 (24,12 %) ambos en estado calentado.



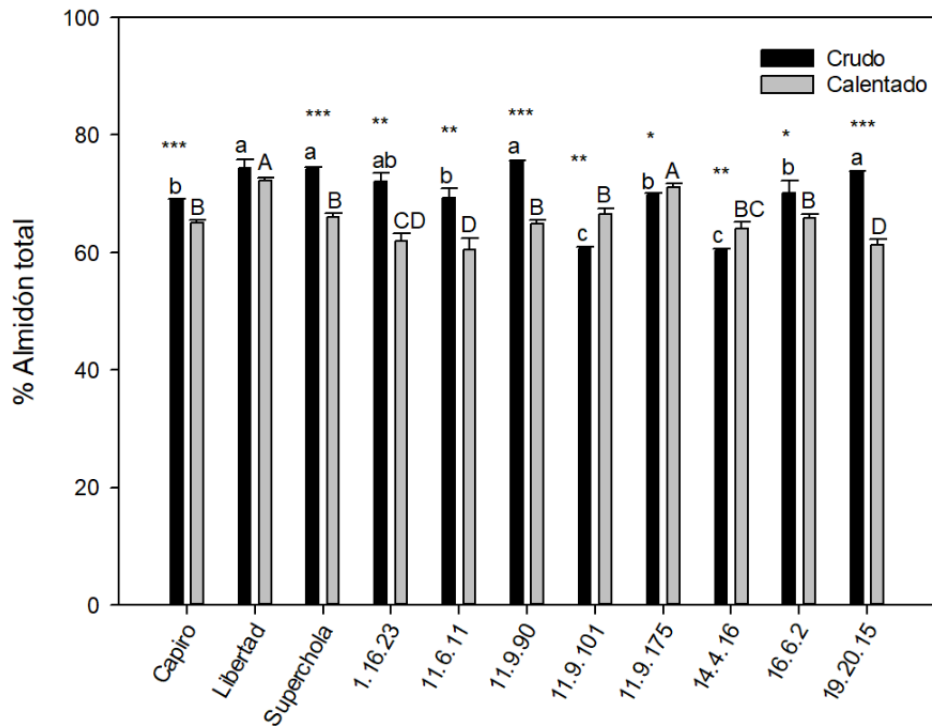
En la Figura 11 se muestra los valores promedios del porcentaje de amilopectina para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de amilopectina en almidones crudos varió en un rango de 77,89 % (genotipo 11.9.90) a 83,00 % (genotipo 11.6.11) y de 75,64 % (genotipo 14.4.16) a 82,02 % (genotipo 11.6.11) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de amilopectina comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de amilopectina para el genotipo 11.6.11 (83,00 %) en estado crudo.



- **Almidón total**

En la Figura 12 se muestra los valores promedios del porcentaje de almidón total para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de almidón total en almidones crudos varió en un rango de 60,24 % (genotipo 14.4.16) a 75,57 % (genotipo 11.9.90) y de 60,44 % (genotipo 11.6.11) a 72,18 % (variedad Libertad) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de almidón total comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de almidón total para el genotipo 11.9.90 (75,57 %) en estado crudo. Así, los resultados encontrados en estudio guardaron relación con otros estudios que señalaron que las papas poseen almidón total entre 60 % a 70 % (Fígares, 2020). Por otra parte, el contenido de almidón es extremadamente variable ya que el contenido depende del origen, clima, prácticas de cultivo y condicionamiento de suelos (Songor & Tenesaca, 2019).

Diagrama de barras del porcentaje de almidón total



**Figura 12.** Valor promedio del porcentaje de almidón total de almidones crudos y calentados.

Elaborado por: El autor, 2022

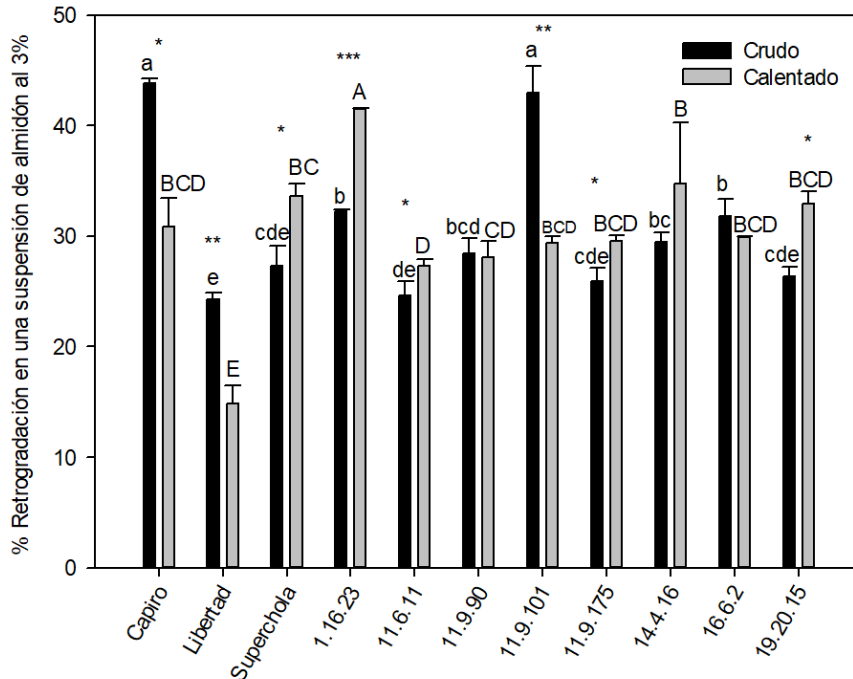
Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

- **Retrogradación**

En la Figura 13 se muestra los valores promedios del porcentaje de retrogradación en una solución de 3 % para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de retrogradación en almidones crudos varió en un rango de 24,26 % (variedad Libertad) a 43,80 % (Variedad Capiro) y de 14,83 % (variedad Libertad) a 41,46 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de retrogradación comparando

entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de retrogradación en una solución de 3 % para la variedad Capiro (43,80%) en estado crudo.

Diagrama de barras del porcentaje de retrogradación en una suspensión de almidón al 3%



**Figura 13.** Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 3%

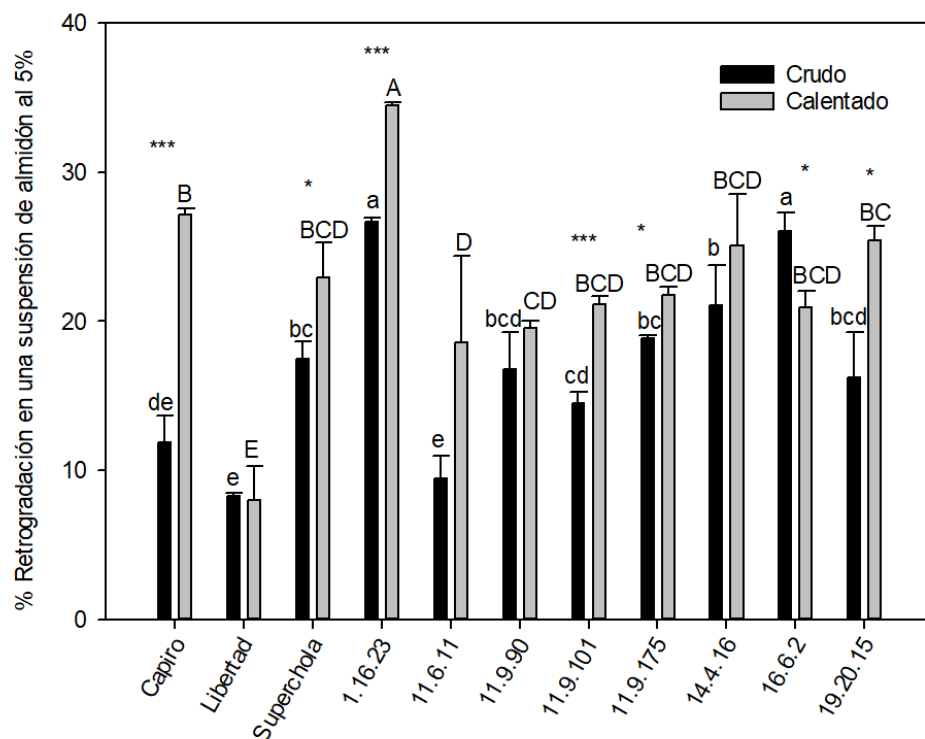
Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 14 se muestra los valores promedios del porcentaje de retrogradación en una solución de 5 % para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de retrogradación en almidones crudos varió en un rango de 8,27 % (variedad Libertad) a 26,69 % (genotipo 1.16.23) y de 7,97 % (variedad Libertad) a 34,47 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos

mostró diferencia significativa para el porcentaje de retrogradación comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de retrogradación para el genotipo 1.16.23 (34,47%) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de retrogradación en una suspensión de almidón al 5%



**Figura 14.** Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 5%

Elaborado por: El autor, 2022

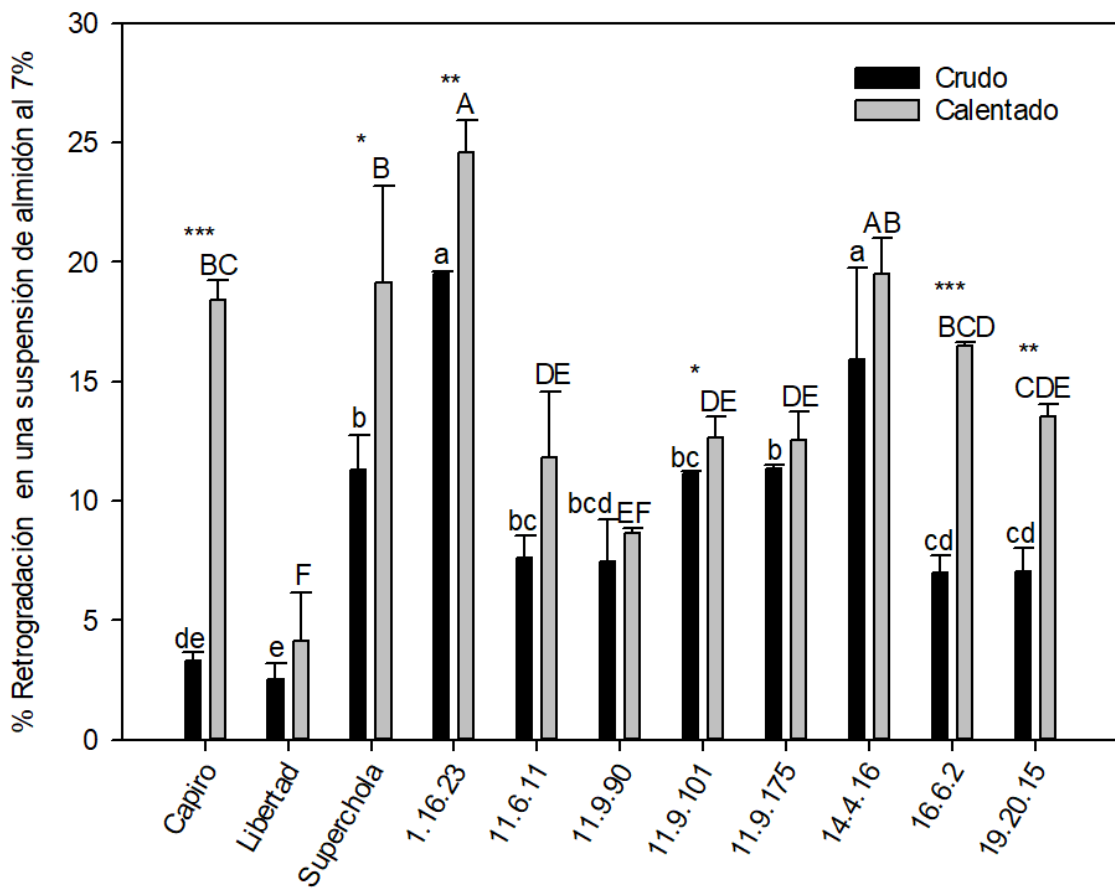
Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 15 se muestra los valores promedios del porcentaje de retrogradación en una solución de 7 % para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de retrogradación en almidones crudos varió en un rango de 2,55 % (variedad Libertad) a 19,50 % (genotipo 1.16.23) y de 4,14 % (variedad Libertad) a 24,60



% (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de retrogradación comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de retrogradación para el genotipo 1.16.23 (24,60 %) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de retrogradación en una suspensión de almidón al 7%



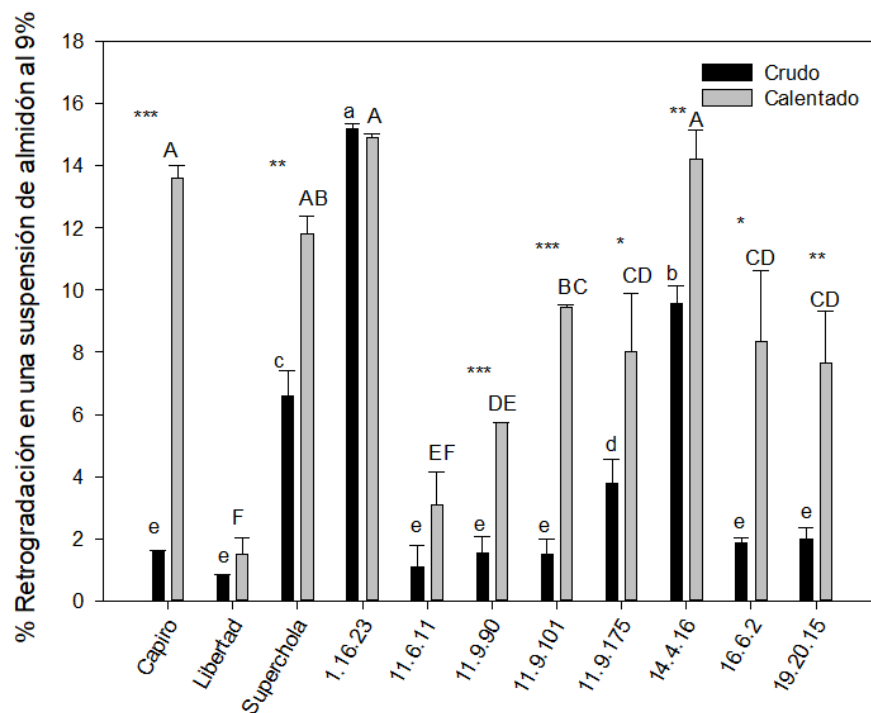
**Figura 15.** Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 7%

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 16 se muestra los valores promedios del porcentaje de retrogradación en una solución de 9 % para los almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de retrogradación en almidones crudos varió en un rango de 0,82 % (variedad Libertad) a 15,17 % (genotipo 1.16.23) y de 1,50 % (variedad Libertad) a 14,90 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa, para el porcentaje de retrogradación comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de retrogradación en una solución de 9 % para el genotipo 1.16.23 (15,17 %) en estado crudo.

Diagrama de barras del porcentaje de retrogradación en una suspensión de almidón al 9%



**Figura 16.** Valor promedio del porcentaje de retrogradación en una solución de almidón crudo y calentado al 9%

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

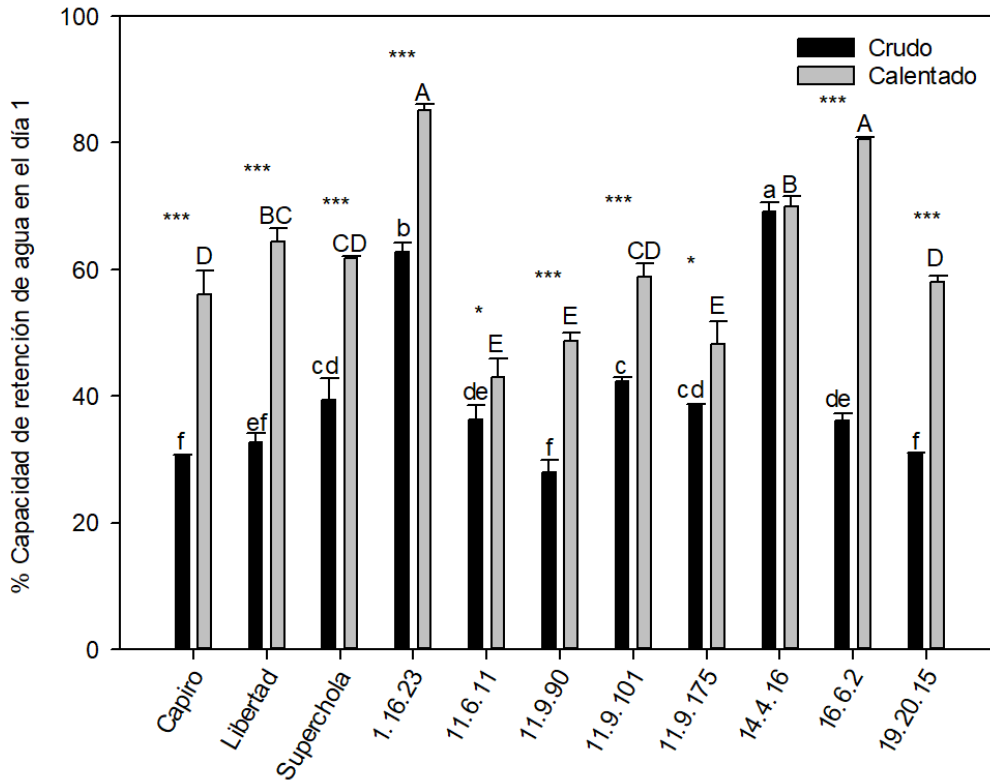
Estos resultados guardan relación con otros estudios que señalaron que el grado de retrogradación sucede por la variabilidad del origen del almidón. (Solarte et al., 2019).

Los almidones crudos presentan baja tendencia de retrogradación, debido a las limitaciones mecánicas en cuanto a la estructura semicristalina del gránulo (Alvis et al., 2008); mientras que almidones calentados poseen un mayor porcentaje de retrogradación debido a una alta reorganización de los componentes y mayor espontaneidad en la formación de puentes de hidrógeno logrando una recristalización mucho más generalizada con mayor repulsión de agua a comparación del almidón crudo (Ramos et al., 2018; Solarte et al., 2019). Así, cada almidón tiende a una tendencia diferente de retrogradación (Calabokis, 2021; Peña, 2017).

- **Estabilidad de almacenamiento en refrigeración**

En la Figura 17 se muestra los valores promedios del porcentaje de capacidad de retención de agua para almidones crudos y calentados al día uno de tratamiento tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de capacidad de retención en almidones crudos varió en un rango de 28,02 % (genotipo 11.9.90) a 69,19 % (genotipo 14.4.16) y de 43,01 % (genotipo 11.6.11) a 85,11 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de capacidad de retención de agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de capacidad de retención de agua para los genotipos 1.16.23 (85,11 %) y 16.6.2 (80,48 %) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 1



**Figura 17.** Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 1 de almidones crudos y calentados

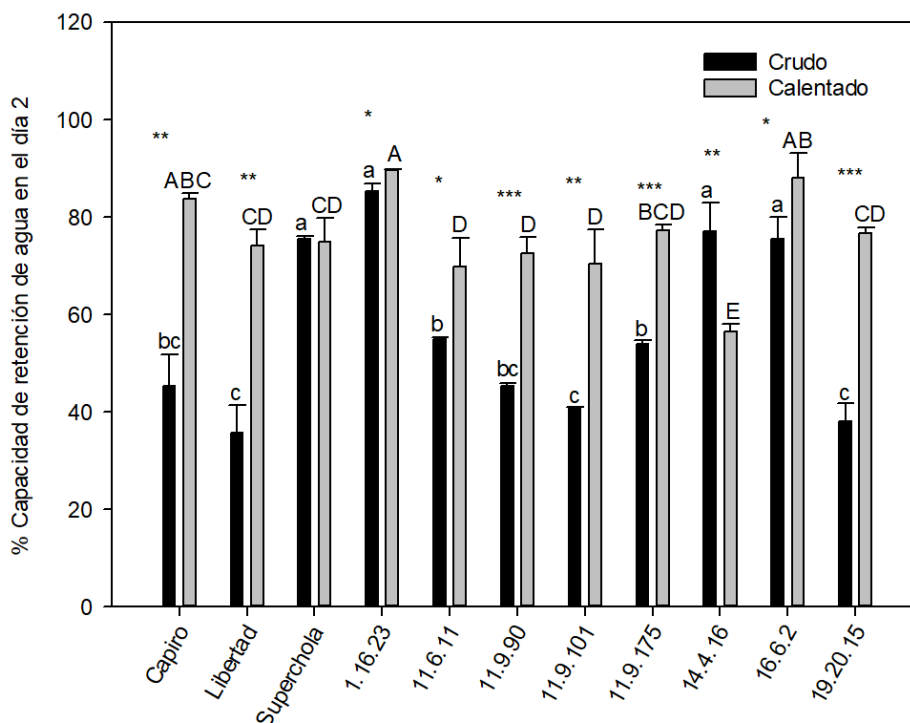
Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 18 se muestra los valores promedios del porcentaje de capacidad de retención de agua para almidones crudos y calentados al día dos de tratamiento tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de capacidad de retención en almidones crudos varió en un rango de 35,57 % (variedad Libertad) a 85,30 % (genotipo 1.16.23) y de 56,52 % (genotipo 14.4.16) a 89,64 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa, para el porcentaje de capacidad de retención de agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando

al mayor porcentaje de capacidad de retención de agua al día dos para el genotipo 1.16.23 (89,64%) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 2



**Figura 18.** Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 2 de almidones crudos calentados

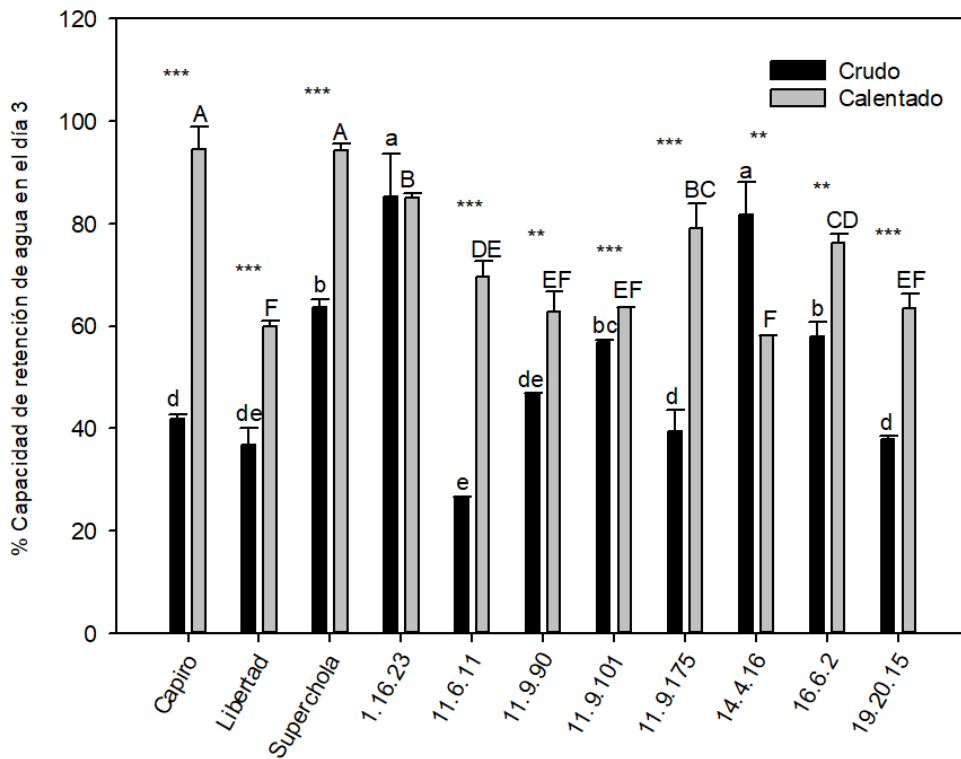
Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 19 se muestra los valores promedios del porcentaje de capacidad de retención de agua para almidones crudos y calentados al día tres de tratamiento tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de capacidad de retención en almidones crudos varió en un rango de 26,35 % (genotipo 11.6.11) a 85,25 % (genotipo 1.16.23) y de 58,10 % (genotipo 14.4.16) a 94,51 % (variedad Capiro) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de

capacidad de retención de agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de capacidad de retención de agua para la variedad Capiro (94.51 %) y Superchola (94,23 %) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 3



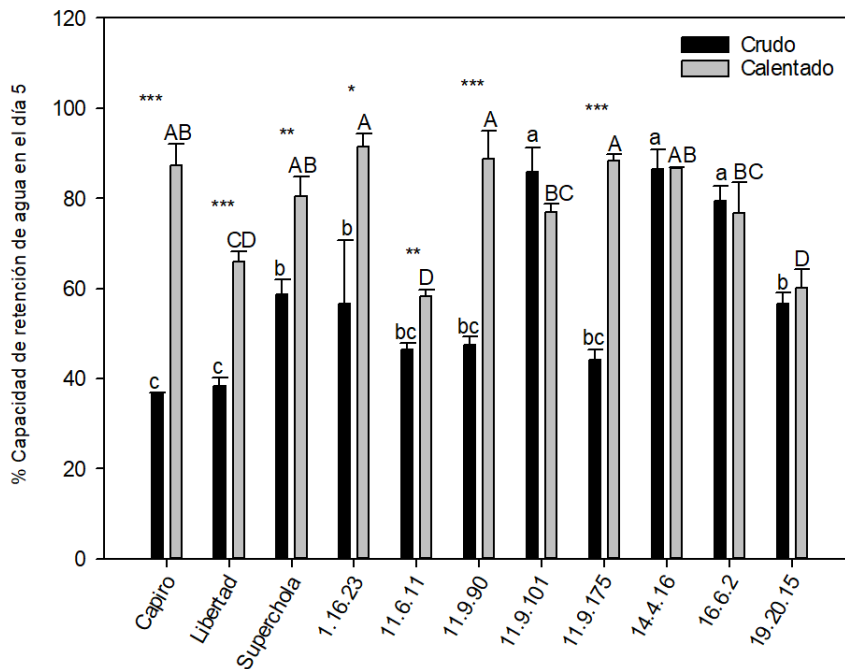
**Figura 19.** Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 3 de almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 20 se muestra los valores promedios del porcentaje de capacidad de retención de agua para almidones crudos y calentados al día cinco de tratamiento tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de capacidad de retención en almidones crudos varió en un rango de 36,72 % (variedad Capiro) a 86,46 % (genotipo 14.4.16) y de 58,32 % (genotipo 11.6.11) a 91,58 % (genotipo 1.16.23) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa, diferencia significativa para el porcentaje de capacidad de retención de agua comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de capacidad de retención de agua para el genotipo 1.16.23 (91,58 %) en estado calentado.

Diagrama de barras del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 5



**Figura 20.** Valor promedio del porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 5 de almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

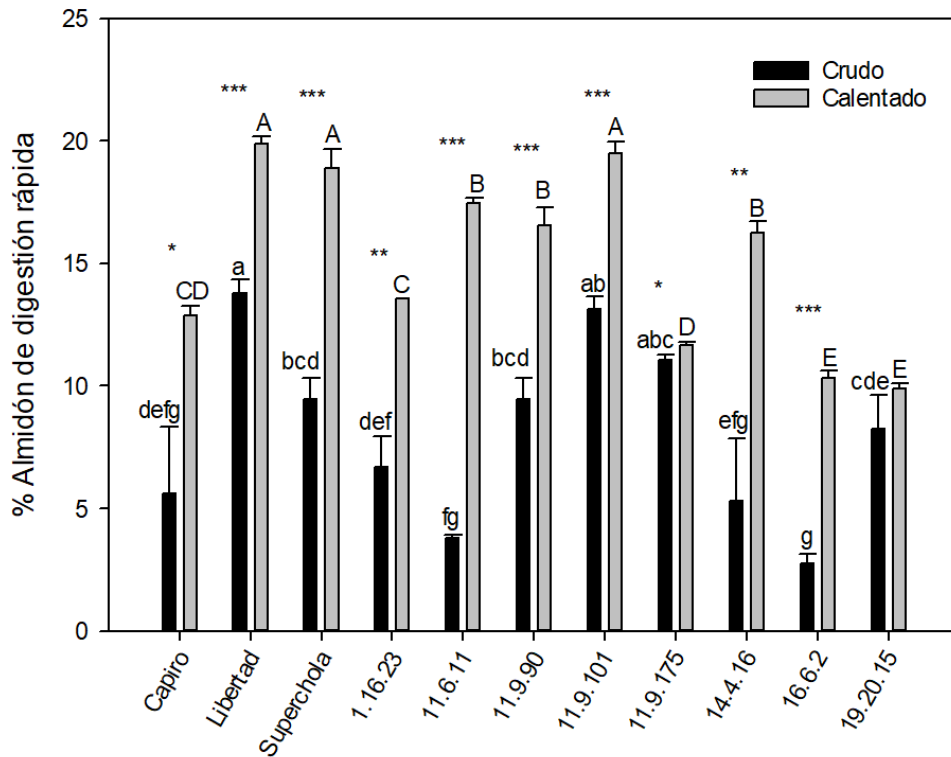
Los resultados obtenidos en este estudio indican que el porcentaje de capacidad de retención de agua en muestras crudas como en muestras calentadas aumentan gradualmente en los tres primeros días de almacenamiento, en el día cinco se pudo evidenciar una leve disminución en ambas muestras, este comportamiento sucede ya que las muestras superaron el límite máximo de retención de agua y por ende es posible empezaron un proceso de dextrinación (Manzanilla, 2018). Así, varios autores comprueban que, la capacidad de retención de agua es menor conforme fueron avanzando los días de estudio (Andino, 2008).

### **3. Tasa de digestión in vitro**

En la Figura 21 se muestra los valores promedios de porcentaje de almidón de digestión rápida (RDS) para almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de RDS en almidones crudos varió en un rango de 2,78 % (genotipo 16.6.2) a 13,77 % (variedad Libertad) y de 9,91 % (genotipo 19.20.15) a 19,89 % (variedad Libertad) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de RDS comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de RDS para la variedad Libertad (19,89 %) en estado calentado. Por otra parte el RDS encontrado en este estudio mostró relación con otros estudios que presentaron valores de RDS en un rango de 4,3 % a 9,6 % (Paredes et al., 2013).



Diagrama de barras del porcentaje de almidón de digestión rápida



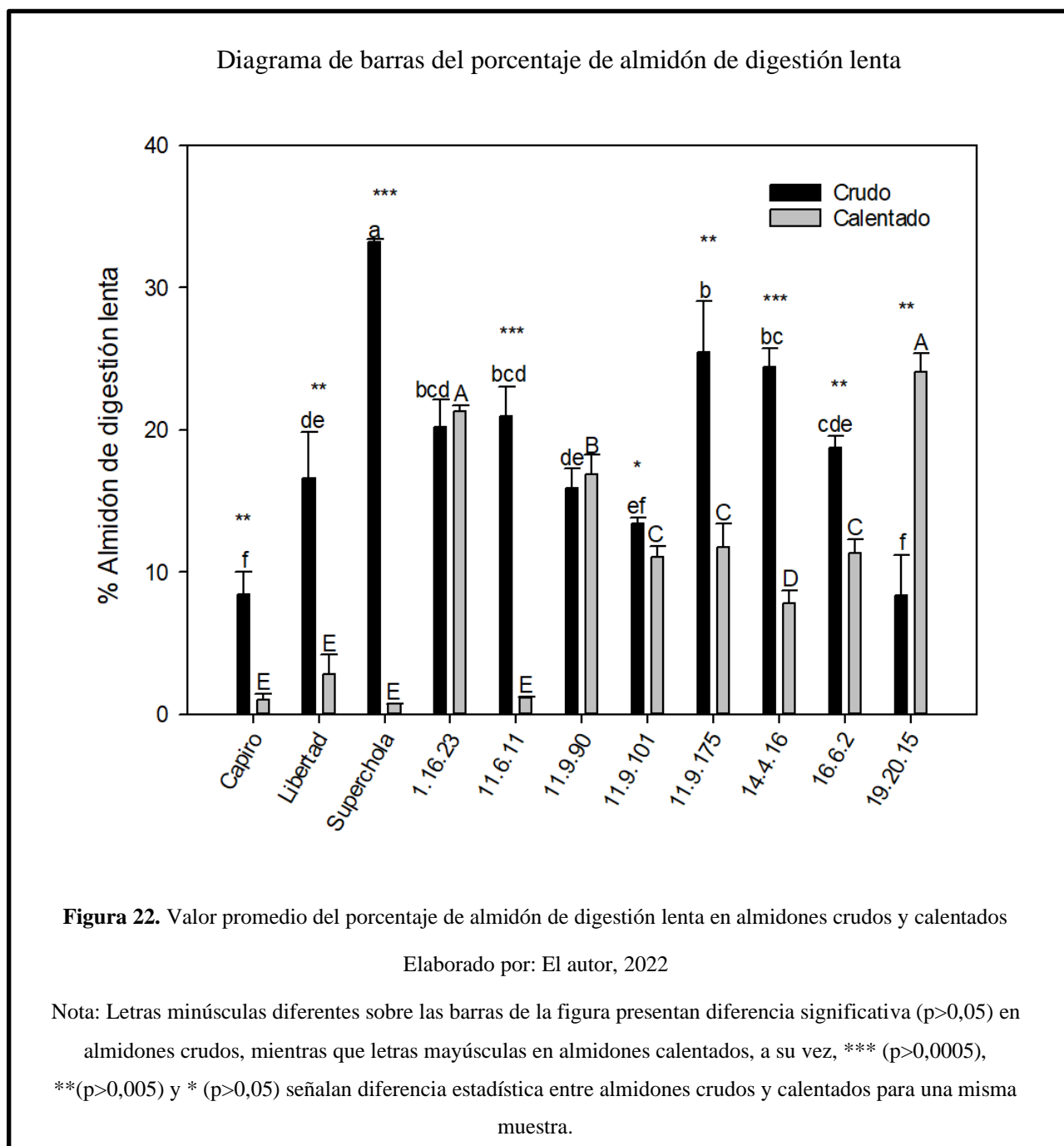
**Figura 21.** Valor promedio del porcentaje de almidón de digestión rápida en almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 22 se muestra los valores promedios de porcentaje de almidón de digestión lenta (SDS) para almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de SDS en almidones crudos varió en un rango de 8,33 % (genotipo 19.20.15) a 33,23 % (variedad Superchola) y de 0,72 % (variedad Superchola) a 24,09 % (genotipo 19.20.15) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de SDS comparando entre almidones crudos y

calentados, señalando al mayor porcentaje de SDS para la variedad Superchola (33,23 %) en estado crudo.



En la Figura 23 se muestra los valores promedios de porcentaje de almidón digerible total (TDS) para almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de TDS en almidones crudos varío en un rango de 26,21 % (variedad Capiro) a

46,49 % (variedad Libertad) y de 29,27 % (genotipo 16.6.2) a 49,39 % (variedad Superchola) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostró diferencia significativa para el porcentaje de TDS comparando entre almidones crudos y calentados, señalando al mayor porcentaje de TDS para la variedad Superchola (49,39 %) en estado calentado.

El RDS, SDS y RS, en los genotipos y variedades respectivas, presentan valores cercanos a los estudios reportados por otros autores, los cuales mencionan que el porcentaje de RDS oscila entre 4,33 % y 9,6 %; el SDS un rango entre 3,5 % a 16,9 % y el RS un rango de 36,1 % a 70,5 % (Paredes et al., 2013).

Diagrama de barras del porcentaje de almidón digerible total

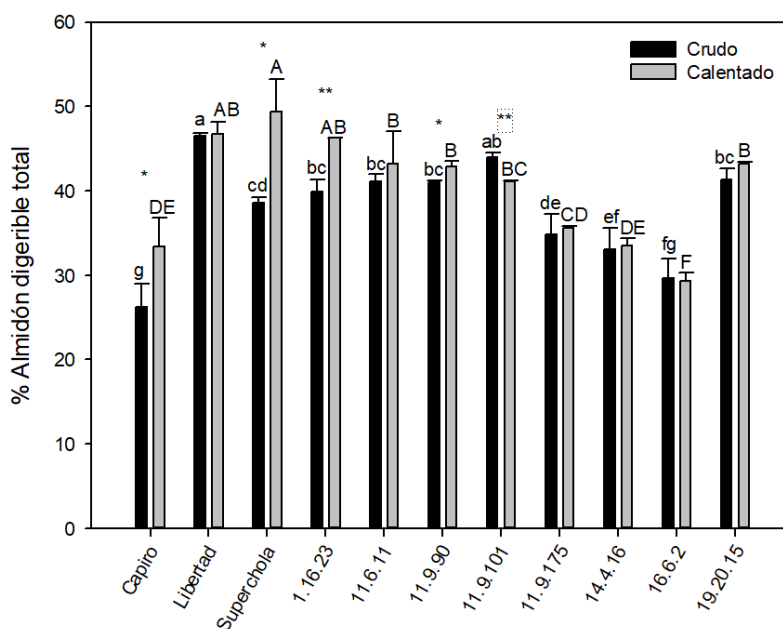


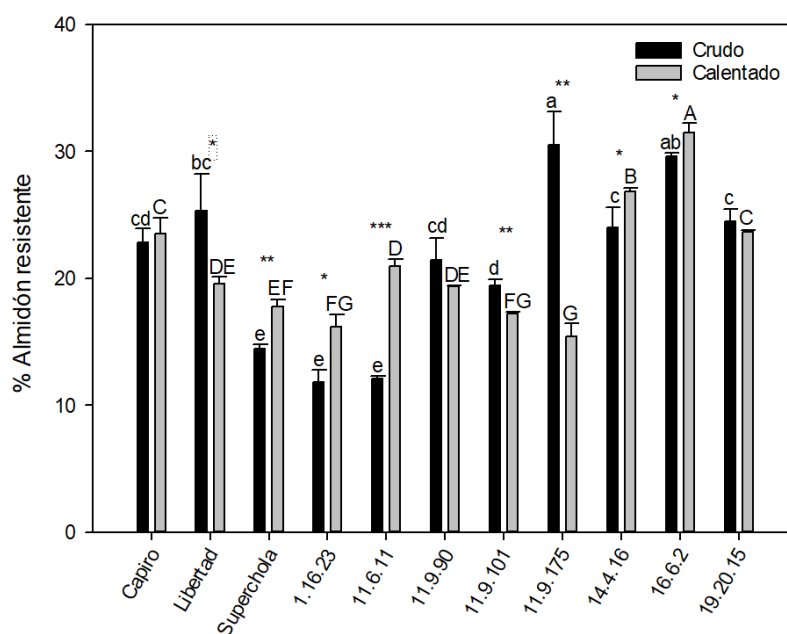
Figura 23. Valor promedio del porcentaje de almidón digerible total en almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

En la Figura 24 se muestra los valores promedios de porcentaje de almidón resistente (RS) para almidones crudos y calentados tanto para genotipos como para variedades. El porcentaje de RS en almidones crudos varió en un rango de 11,81 % (genotipo 1.16.23) a 30,53 % (genotipo 11.9.175) y de 15,39 % (genotipo 11.9.175) a 31,48 % (genotipo 16.6.2) en almidones calentados. El análisis estadístico en la mayoría de casos mostraron diferencia significativa, señalando al mayor porcentaje de RS para el genotipo 16.6.2 (31,48 %) en estado calentado. Los valores reportados en este estudio mostraron relación con los datos presentados en otros estudios quienes reportaron un valor de 20 % para almidón resistente. (Villaroel et al., 2018).

Diagrama de barras del porcentaje de almidón resistente



**Figura 24.** Valor promedio del porcentaje de almidón resistente en almidones crudos y calentados

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: Letras minúsculas diferentes sobre las barras de la figura presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en almidones crudos, mientras que letras mayúsculas en almidones calentados, a su vez, \*\*\* ( $p > 0,0005$ ), \*\* ( $p > 0,005$ ) y \* ( $p > 0,05$ ) señalan diferencia estadística entre almidones crudos y calentados para una misma muestra.

## Conclusiones

Del estudio se concluye que las mayores valores se obtuvo en el genotipo 14.4.16 para el rendimiento de extracción (80,18%); el genotipo 1.16.23 en estado crudo para el porcentaje de humedad (10,87 %); el genotipo 14.4.16 en estado crudo para el porcentaje de ceniza (4,30 %); el genotipo 1.16.23 en estado crudo para el porcentaje de fibra (3,63 %); el genotipo 16.6.2 en estado crudo para el índice de absorción de agua (2,57 g/g); la variedad Superchola en estado crudo para el índice de solubilidad de agua (0,09 g/g); la variedad Superchola en estado crudo para el poder de hinchamiento (2,76 %); el genotipo 14.4.16 en estado calentado para el porcentaje de amilosa (24,36 %); el genotipo 11.6.11 en estado crudo para el porcentaje de amilopectina (83,00 %); el genotipo 11.9.90 en estado crudo para el porcentaje de almidón total (75,57 %); la variedad Capiro en estado crudo para el porcentaje de retrogradación en una solución al 3% (43,80 %); el genotipo 1.16.23 en estado calentado para el porcentaje de retrogradación en una solución al 5 % (34,47 %); el genotipo 1.16.23 en estado calentado para el porcentaje de retrogradación en una solución al 7 % (24,6 0%); el genotipo 1.16.23 en estado crudo para el porcentaje de retrogradación en una solución al 9 % (15,17 %); el genotipo 1.16.23 en estado calentado para el porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 1 (85,11 %); el genotipo 1.16.23 en estado calentado para el porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 2 (89,64 %); la variedad en estado calentado para el porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 3 (94,51 %); el genotipo 1.16.23 en estado calentado para el porcentaje de capacidad de retención de agua en el día 5 (91,58 %); la variedad Libertad en estado calentado para el porcentaje de almidón de digestión rápida (19,89 %); la variedad Superchola en estado crudo para el porcentaje de almidón de digestión lenta (33,23 %); la variedad Superchola en estado calentado para el porcentaje de almidón digerible total (49,39 %); el genotipo 16.6.2 en estado calentado para el porcentaje de almidón resistente (31,48 %).

### **Recomendaciones**

- Ampliar otros métodos de extracción del almidón como, por ejemplo, vía húmeda para realizar comparaciones estadísticas frente al método de extracción vía seca.
- Realizar más estudios relacionados con las propiedades físico-químicas del almidón como, por ejemplo, la determinación de la concentración de lípidos y fosfolípidos para establecer la posible relación con los porcentajes de retrogradación.
- Continuar la experimentación en los genotipos 1.16.23, 11.6.11, 11.9.90, 11.9.101, 11.9.175, 14.4.16, 16.6.2 y 19.20,15 para favorecer la liberación al sector agrícola.

## Bibliografía

- Acosta, J., Benavides, Y., Charfuelan, A., & Valenzuela, F. (2018). Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico. *Bionatura*. <http://revistabionatura.com/files/CS-2018.01.01.2---Revista-bionatura.pdf>
- AGROBAYER. (2020). Cultivo de Papa Cultivo de Papa. *Cultivo de Papa*. [https://www.researchgate.net/publication/256195293\\_Cultivo\\_de\\_papa](https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa)
- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H., & Rada, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Informacion Tecnologica*. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642008000100004>
- Andino, C. (2008). *Estabilidad Congelación/Descongelación y Análisis de Textura de Mezclas de Almidones Andinos* [Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1220/1/90359.pdf>
- Aurelia, M. (2019). *Digestibilidad in vitro y propiedades fisicoquímicas del almidón de mandioca modificado por la combinación de tratamientos hidrotérmicos y químicos* [Universidad Nacional de Misiones.]. [https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2386/HORIANSKI Marta Aurelia\\_2019\\_ Digestibilidad in vitro y propiedades....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2386/HORIANSKI_Marta_Aurelia_2019_Digestibilidad_in_vitro_y_propiedades....pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Balladares, V. (2018). *Evaluación del contenido de antocianinas y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas (*Solanum andigena*) enteras y peladas de las variedades Puca Shungo, Yana Shungo y Yema de huevo*. [Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27787/1/AL\\_674.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27787/1/AL_674.pdf)
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., & Vázquez, L. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador. *E-Agronegocios*, 6(2). <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>
- Calabokis, M. (2021). *Metamorfosis del almidón : gelatinización y retrogradación*. <https://www.exiliopanadero.com/post/metamorfosis-del-almidón-gelatinización-y-retrogradación>
- Calcaneo, G. (2013). *Usos del Almidón - Proveedor de materias primas para industria alimenticia*. <https://quimicoglobal.mx/usos-del-almidon-proveedor-de-materias-primas-para-industria-alimenticia/>
- CIP. (2015). *Procesamiento Y Usos De La Papa*. <https://cipotato.org/es/lapapa/procesamiento-y-usos-de-la-papa/>
- CIPOTATO. (2017). *Superchola*. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/>
- Cornejo, Y., Martínez, O., Toro, C., Wong, F., Flores, J., & Cinco, F. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 1003–1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., & Monteros, C. (2020). Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos y protocolos. In *Instituto Nacional de Investigaciones*

- Agropecuarias* (Vol. 426).  
<http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Díaz, D. (2013). *Búsqueda de soluciones al problema de adsorción de agua y retrogradación de almidones termoplásticos* [Universidad de los Andes].  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12195/u671061.pdf?sequence=1>
- Dicenta, S. (2015). Almidones resistentes, importancia funcional, fundamentos de su determinación. *ALAN*. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-100/>
- FAO. (2010). *La papa, un alimento con tradición, nutrición y sabor* (FAO (ed.)).  
<https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>
- Fígares, M. (2020). *Valor nutricional de la patata y almidón resistente*.  
<https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/valor-nutricional-patata/>
- Figueroa, J. (2020). *Procesos de biocatálisis enzimática en almidones nativos y pre-gelatinizados de yuca: Efectos a nivel morfológico, molecular y de digestibilidad in vitro* [Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79620/1103096687.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- García, S., Chire, G., Repo, R., & Ureña, M. (2022). Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.) Puka Ambrosio. *Revista Chilena de Nutrición*, 49. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v49n1/0717-7518-rchnut-49-01-0007.pdf>
- Granados, C., Guzman, L., Acevedo, D., Díaz, M., & Herrera, A. (2014). *Propiedades funcionales del almidón de Sagu (Maranta arundinacea)*.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Grossi, G., Ohaco, E., & De Michelis, A. (2015). Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de culivo *Pleurotus ostreatus*. *Inta Ediciones*, 19. [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_determinacin\\_de\\_fibra.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_determinacin_de_fibra.pdf)
- Herrera, J., & Scott, G. (1995). Factores limitantes a la producción y uso de la papa: resultados de la encuesta a los programas nacionales de america latina. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 5(1), 122–134. <https://doi.org/10.37066/ralap.v5i1.63>
- Herrera, L. (2018). *Producción de almidón de arroz para la industria*.  
<http://bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQ9MTA3Njg%3D>
- IICA. (2020). *Día nacional de la papa*.  
<https://www.iica.int/es/prensa/noticias/organizaciones-promueven-consumo-de-papa-por-la-salud-del-ecuador>
- INIAP. (2014). *Papa*.  
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Islas, L. (2020). *Beneficios de la papa para tu salud. Ayuda a controlar la glucosa*.



<https://www.directoalpaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/beneficios-papa-para-tu-salud-ayuda-a-controlar-glucosa>

- Ixcotoyac, E. (2013). *Efecto de la temperatura y concentración de ácido sulfúrico de pretratamiento de aserrín de Pinus spp. en la producción de azúcares y 5-hidroximetilfurfural* [Escuela Agrícola Panamericana Zamorano].  
[https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS\\_7/AGROINDUSTRIA/87.pdf](https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGROINDUSTRIA/87.pdf)
- Loor, K., & Santacruz, S. (2013). Efecto de varios ciclos de enfriamiento/calentamiento en el contenido de almidón resistente tipo III en almidones de Canna Edulis (Achira) y Solanum tuberosum (papa). *Revista Boliviana de Química*, 30(301), 84–90.  
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v30n1/v30n1a12.pdf>
- Lopez, A., Soto, V., Ramírez, A., & Gavilanes, R. (2022). El costo estándar y su aplicación en la producción agropecuaria en el Ecuador. *Polo Del Conocimiento*.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i3.3718>
- López, M. (2022). *Cómo cocinar sin destruir las vitaminas de los alimentos*.  
[https://www.sabervirtv.com/nutricion/cocinar-sin-destruir-vitaminas\\_3965](https://www.sabervirtv.com/nutricion/cocinar-sin-destruir-vitaminas_3965)
- MAGAP. (2014). *Ecuador se proyecta a ser exportador de papa*.  
<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- Manzanilla, L. (2018). *Evaluación de las propiedades físicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (Ipomoea batata) para aplicaciones alimentarias*. (Vol. 12, Issue 2007) [Universidad Técnica de Ambato].  
<https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>
- Márquez, Y., Salomón, J., & Acosta, R. (2019). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). *INCA*.  
<https://www.redalyc.org/journal/1932/193263199010/html/>
- Martínez, J., Hernández, J., & Anlly, A. (2017). Propiedades físicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (Oryza sativa L) blanco e integral. *Revista de La Asociación Colombia de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(41), 15–30.  
<http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/446/364>
- Mejía, D. (2017). *Pérdidas poscosecha en la cadena de valor del rubro papa, un estudio de caso en la provincia del Carchi* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador].  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14224/Tesis\\_Pos\\_cosecha\\_Alejandro\\_Mejia\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14224/Tesis_Pos_cosecha_Alejandro_Mejia_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Meza, N., Ramírez, H., & Daboín, B. (2018). Evaluación de características de calidad de clones promisorios y variedades de papa (Solanum tuberosum L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.  
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27269/27901>
- Ming, H. (2019). “Evaluación del rendimiento, estabilidad y potencial biológico de un extracto rico en antocianinas del frijol negro (Phaseolus vulgaris L. var. San Luis)”

- obtenido a través de extracción supercrítica y presurizada ” [CIATEC].  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038458>
- Miranda, P., Marrugo, Y., & Montero, P. (2013). *Caracterización funcional del almidón de fríjol zaragoza (Phaseolus Lunatus L) y cuantificación de su almidón resistente*. 17–32.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992013000100002&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992013000100002&nrm=iso)
- Montano, A. (2013). *Modificación física del almidón de maíz a escala nanométrica para su uso en la Industria Alimentaria* [Universidad Veracruzana].  
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46427/QuirozCortesMCarmen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Mora, J., Velasco, C., Mejía, A., & Flores, R. (2018). *Midiendo perdidas en la cadena papa en Ecuador*. <https://doi.org/10.4160/9789290604921>
- Móran, J. (2020). *Taxonomía de la papa*. SCRIBD.  
<https://es.scribd.com/document/443509822/Taxonomia-de-la-papa>
- Moyano, M. (2014). *Fermentación en estado sólido (fes) de la papa (Solanum Tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal*. [https://produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/148-Fermentacion\\_papa.pdf](https://produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/148-Fermentacion_papa.pdf)
- Néder, D., Quintero, A., & Amaya, C. (2016). Efecto De La Extrusión-Cocción En La Formación De Almidón Resistente. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1*. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/1/7.pdf>
- NEOGEN. (2022). *Digestible and resistant starch assay procedure*.  
[https://www.megazyme.com/documents/Assay\\_Protocol/K-TSTA-100A\\_DATA.pdf](https://www.megazyme.com/documents/Assay_Protocol/K-TSTA-100A_DATA.pdf)
- Ordóñez, L., & Yoshioka, L. (2012). Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (Mangifera indica L). *Vitae, 19*(1), 2012.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914096>
- Oyarzún, C., Piedra, A., Kromann, P., Taipe, A., Montesdeoca, F., Montedeoc, L., Rivadeneira, J., Monteros, C., Comina, P., Carrera, E., & Reinoso, I. (2014). *Iniap - Libertad*. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/24-diacol-capiro/>
- Paredes, C., Bustos, A., Debiec, M., Calisaya, C., Alvarado, J., & Peñarrieta, J. (2013). Determinación de diferentes tios de almidón en Solanum tuberosum, papa proveniente del antiplano de la Paz. *Revista Boliviana de Química, 30*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339679001.pdf>
- Peña, E. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://library.co/document/y9gr35dq-extraccion-caracterizacion-fisicoquimica-funcional-almidones-variedades-nativas-procedentes.html>
- Penelo, L. (2020). *Patata: propiedades, beneficios y valor nutricional*.  
<https://www.lavanguardia.com/comer/tuberculos/20181030/452622496029/alimentos-patata-valor-nutricional-beneficios-propiedades.html>

- Porras, P., & Herrera, C. (2015). Modelo productivo de la papa variedad Diacol Capiro para el departamento de Antioquia. In Corpoica (Ed.), *Modelo productivo de la papa variedad Diacol Capiro para el departamento de Antioquia*.  
<https://doi.org/10.21930/978-958-740-210-0>
- PrensaEc. (2020). *Con nuevas variedades de papa , INIAP contribuye al desarrollo del agro ecuatoriano*. Con Nuevas Variedades de Papa , INIAP Contribuye Al Desarrollo Del Agro Ecuatoriano. <https://prensa.ec/2020/06/23/con-nuevas-variedades-de-papa-iniap-contribuye-al-desarrollo-del-agro-ecuadoriano/>
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador* (INIAP-CIP).  
[https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion PDF/Pumisacho y Sherwood Cultivo de Papa en Ecuador.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf)
- Quintero, D., & Ramírez, J. (2013). *Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón de yuca*. 1–21.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1>
- Quintero, V., Lucas, J., & Álzate, E. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. *Ingenium*, 14(28), 16–32.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038458>
- Ramos, M., Romero, C., & Bautista, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19.  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81355612003/81355612003.pdf>
- Ruales, J., Carpio, C., Santacruz, S., Santacruz, P., & Bravo, J. (2000). *Métodos de caracterización de carbohidratos*.
- Sandoval, A., Rodriguez, E., & Fernandez, A. (2004). *Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones del almidón*. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v72n146/a04v72n146.pdf>
- Solarte, J., Díaz, A., Osorio, O., & Mejía, D. (2019). Propiedades reológicas y funcionales del almidón procedente de tres variedades de papa criolla. *Informacion Tecnologica*, 30.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Songor, M., & Tenesaca, A. (2019). *Extracción y uso de almidón de papa china (Colocasia Esculenta) en la elaboración de productos cárnicos emulsionados* [Universidad de Cuenca]. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32116/2/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32116/2/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf)
- Sotelo, A., Argote, R., Cornejo, L., & Escalona, S. (2007). Medición de fibra dietética y almidón resistente. *Educación Química*, 42–49.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v19n1/v19n1a7.pdf>
- Teijeiro, M. (2018). *Acerca de la composición química de una patata*.  
<https://www.geniolandia.com/13063137/acerca-de-la-composicion-quimica-de-una-patata>

- Torres, L., Cuesta, X., Monteros, C., & Rivadeneria, J. (2011). *Variedades de papa*. <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/>
- Valdivieso, F., & Mollinedo, P. (2021). Formación de almidón retrogradado relacionado a niveles de amilosa en el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y chuño. *Revista CON-CIENCIA*, 9(2). [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-02652021000200084&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2310-02652021000200084&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652021000200084&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-02652021000200084&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Valencia, S., Muñoz, N., & Maldonado, P. (2019). *Carboximetilación por modificación química del almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) ecuatoriano*. <http://www.vlirnetworkecuador.com/avances-en-biociencias-e-inocuidad-alimentaria-en-el-ecuador-2019-17/>
- Vega, P. (2021). *Cuales son los usos del almidón*. 3–5. <https://almidoneselrendidor.com/usuarios-del-almidon/>
- Veitia, N., & Leiva, M. (2004). Comportamiento de diferentes genotipos de papa frente al tizón temprano (*Alternaria solani* Sor.) en condiciones de cantero. *Biotecnología Vegetal*. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/479>
- Vento, R., & Parian, E. (2014). *Efecto de la modificación química del almidón nativo de papa (Solanum tuberosum), sobre sus características fisicoquímicas y reológicas* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1956/Obregon Vento - Estrella Parian.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1956/Obregon%20Vento%20-%20Estrella%20Parian.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 45. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
- Zárate, L., Ramírez, L., Otálora, N., PRIETO, L., GARNICA, A., CERÓN, M., & ARGUELLES, J. (2014). 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. <https://doi.org/10.37066/ralap.v18i1.206>

## Anexos

### Anexo 1. Carta de compromiso para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

#### Carta de compromiso escaneada



#### CARTA DE COMPROMISO PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN PARA LA TITULACIÓN ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) Y LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Intervienen en la celebración de la presente Carta Compromiso, entre la Universidad Politécnica Salesiana, representado legalmente por María Sol Villagómez Rodríguez, PhD como Vicerrectora de la Sede Quito y la Dra. Ana Reino Molina en calidad de Procuradora de la misma, que en adelante se denominará "la Universidad" y, por otra parte, el Mgs. Jorge Esteban Rivadeneira Ruales, en calidad de Director de la Estación Experimental "Santa Catalina" - INIAP, Encargado, que en adelante se denominará "El INIAP", quienes libre y voluntariamente acuerdan celebrar la presente Carta Compromiso, a favor del alumno Michael Steven Molina Yaguana: C.C. 172740170-3, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología; al tenor de las siguientes cláusulas:

#### PRIMERA: ANTECEDENTES

1.1 La Ley Constitutiva del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), publicada en el Registro Oficial No. 984 del 22 de Julio de 1992, codificada por la Comisión de Legislación y Codificación No. 315 de fecha 16 de Abril del 2004, modificada el 26 de Febrero de 2015 expone que: "El INIAP, es una entidad de derecho público, con personería financiera y técnica, adscrita al ministerio rector de la política agraria, cuyos fines primordiales son: impulsar la investigación científica, la generación, innovación, validación y difusión de tecnologías en el sector agropecuario y de producción forestal, en el ámbito de sus competencias".

1.2 El INIAP tiene la misión de: Investigar, desarrollar tecnologías, generar procesos de innovación y transferencia tecnológica en el sector agropecuario, agroindustrial y de forestación comercial, para contribuir al desarrollo sostenible del Ecuador mediante la aplicación de la ciencia.

1.3 La Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, tiene como misión, proveer servicios de información técnica-científica actualizada a investigadores, y estudiantes para la generación y transferencia de tecnología agropecuaria, agroforestal y agroindustrial.

1.4 El departamento de nutrición y calidad; desarrolla, apoya trabajos de investigación en calidad de alimentos y agroindustria. Promueve acciones participativas de investigación, oferta de capacitación y servicio de análisis especializados, contando con la experiencia de investigadores, equipos e infraestructura apropiada.

1.5 Mediante Acción de personal N° 215 de fecha 04 de octubre de 2021, el Director Ejecutivo de INIAP, resolvió nombrar provisionalmente al Mgs. Jorge Esteban Rivadeneira Ruales el cargo de Director de la Estación Experimental Santa Catalina, Encargado.

1.6 La UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, es una Institución de Educación Superior de derecho privado sin fines de lucro, creada mediante Ley No. 63, expedida por el Congreso Nacional y publicada en el Registro Oficial No. 499 del 5 de agosto de 1994, con domicilio principal en la ciudad de Cuenca, con sus sedes en Quito y Guayaquil y con

1 de 5

**Figura 25.** Carta de compromiso (1 de 5) para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: El documento original se encuentra en el Departamento de Vinculación con la Colectividad

## Carta de compromiso escaneada



competencia de funcionamiento a nivel nacional. Dentro de sus actividades puede desarrollar programas y suscribir carta compromisos de apoyo con otras instituciones.

Con la resolución No. 161-SE-33-CACES-2020 el CACES acreditó a la UPS por el período de cinco años y de esta forma se ratifica el compromiso con la comunidad universitaria a nivel nacional y dentro de las redes académicas a nivel internacional.

1.7 La Universidad Politécnica Salesiana de acuerdo con el Padre Francisco Sánchez, presidente de la Sociedad Ecuatoriana Salesiana y Canciller de la Universidad Politécnica Salesiana, establece el 10 de julio del 2020 en calidad de inspector provincial de los salesianos en el Ecuador, nombrar a la PhD. María Sol Villagómez como Vicerrectora de la sede Quito por un periodo de 5 años de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 al igual que en el artículo 84 del estatuto de la Universidad.

1.8 Se incluye el documento mediante el cual la Universidad requirió a la Estación Experimental Santa Catalina el proyecto de investigación del estudiante.

### SEGUNDA. - OBJETO

La presente Carta Compromiso tiene por objeto establecer mecanismos necesarios, oportunos y ágiles para que el estudiante: Michael Steven Molina Yaguana, con cedula de ciudadanía No.172740170-3 previo a la obtención de su título de INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA, desarrolle su trabajo de investigación en el marco del proyecto INIAP – Departamento de Nutrición y Calidad “Determinación de las propiedades físico-químicas y tasa de digestión *in vitro* del almidón crudo y gelatinizado de ocho genotipos y tres variedades de papa de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP-Quito” a fin de fortalecer el aprendizaje de la estudiante y aportar con resultados, conclusiones y recomendaciones dentro del Proyecto que ejecuta el Núcleo de desarrollo tecnológico de la Estación Experimental Santa Catalina, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP-EESC.

### TERCERA. -RESPONSABILIDADES DE LAS PARTES Responsabilidades Estación Experimental “Santa Catalina”

- 3.1. Brindar las facilidades necesarias durante la ejecución de la investigación conforme a un cronograma de actividades.
- 3.2. Designar un Tutor de la Investigación con quien el Tutor o docente guía, designado por la Universidad, coordinará el monitoreo y avances de la misma.
- 3.3. Proporcionar al estudiante la guía, asesoramiento e información que necesite para llevar a cabo las actividades de la investigación.
- 3.4. Poner a disposición del estudiante laboratorios, campos experimentales e insumos que se necesiten para llevar a cabo las actividades de la investigación.
- 3.5. Entregar a la practicante al finalizar el periodo, un certificado de prácticas, el cual informará sobre el desenvolvimiento del estudiante.

2 de 5

**Figura 25.** Carta de compromiso (2 de 5) para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: El documento original se encuentra en el Departamento de Vinculación con la Colectividad



## Carta de compromiso escaneada



### Responsabilidad de la Universidad Politécnica Salesiana.

La Universidad Politécnica Salesiana se compromete a:

- 3.6. Asignar al estudiante Michael Steveen Molina Yaguana, a fin de que realice su investigación en la Institución.
- 3.7. Supervisar, evaluar y dar seguimiento académico al desarrollo de su investigación para la titulación del estudiante.
- 3.8. Informar al estudiante, sobre su deber de asistir puntualmente a su investigación para la titulación, registrar diariamente su asistencia y, observar la reglamentación interna del INIAP.
- 3.9. Reconocer como Cotutor del trabajo de investigación al técnico responsable en INIAP-EESC quien monitoreará y evaluará los avances de la investigación de la estudiante, en conjunto o coordinación con la contraparte docente de la Universidad Politécnica Salesiana.

### CUARTA. - RELACIÓN DE DEPENDENCIA

El estudiante Michael Steveen Molina Yaguana de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Politécnica Salesiana, no tendrá ningún tipo de dependencia laboral, civil, o de otra índole jurídica con el INIAP – Estación Experimental Santa Catalina.

Además, se aclara también que, la estudiante de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, cuenta con una póliza de seguros contra accidentes personales, que cubre cualquier situación fuera de la Universidad.

### QUINTA. –PLAZO

La presente Carta de Compromiso tendrá vigencia por el lapso de seis meses, desde la firma de esta carta de compromiso por los representantes de las entidades.

### SEXTA. - PROPIEDAD INTELECTUAL

Los descubrimientos e invenciones, las mejoras en los procedimientos, así como los trabajos y resultados que se logren alcanzar dentro de la vigencia del presente convenio; así como lo correspondiente a la titularidad de los derechos de propiedad intelectual que pudieran llegar a derivarse de la ejecución del convenio, se registrarán de conformidad a lo establecido en el Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

En el caso de obtener activos con posible derecho a patente, la distribución de titularidad se dará de acuerdo a la participación de los aportes realizados por los obtentores, tomando en cuenta principalmente el *know how* del INIAP, para lo cual se deberán generar libros de trabajo donde estipule cronológicamente las actividades y de qué manera participó el estudiante (obtentor o colaborador).

3 de 5

**Figura 25.** Carta de compromiso (3 de 5) para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: El documento original se encuentra en el Departamento de Vinculación con la Colectividad

## Carta de compromiso escaneada



El INIAP tendrá su cargo la presentación de solicitudes de patentes de invención u otros derechos de Propiedad Intelectual en nombre de las partes, y la tramitación, mantenimiento y defensa de derechos de propiedad intelectual se lo manejará en forma conjunta. A dicho efecto, el INIAP podrá solicitar información y/o colaboración a las entidades de asocio siempre que lo considere oportuno, la que deberá proveer la información y/o colaboración requerida con la mayor brevedad posible.

Las partes se comprometen así mismo a informarse entre sí toda acción y/o resultado posible de ser utilizado en el proceso productivo y que adquiera por ello importancia económica, que se derive de la consecución del convenio y que les fuera reportado por sus respectivos dependientes. Tal comunicación deberá efectuarse por escrito y con el detalle suficiente. La información intercambiada en tal sentido será considerada por las partes como Información Confidencial.

La Información Confidencial, así como los materiales de investigaciones utilizados, no podrán bajo ninguna circunstancia ser relevada a terceros, excepto que existiere autorización expresa y por escrito de la parte propietaria de la Información Confidencial, ni podrán realizar las Partes, actos de disposición sobre la misma, sea con fines comerciales o científicos, con la excepción de las autorizaciones expresamente previstas en el presente artículo. Las Partes se obligan a sí mismos a comprometer al personal que tuviera acceso a la Información Confidencial, a no revelarla a terceros y mantenerla estrictamente confidencial, asumiendo en forma personal quien así obrare, la responsabilidad civil y/o penal que le fuera aplicable. A fin de dar cumplimiento a lo anterior, los profesionales y/o el personal técnico y/o asistentes que deban intervenir total o parcialmente de las tareas relacionadas con la investigación objeto del presente, deberán suscribir Acuerdos de Confidencialidad.

### SÉPTIMA. - PUBLICACIONES

En caso que la Universidad Politécnica Salesiana, difunda o publique los resultados de la investigación, solamente lo hará, mediante autorización escrita por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, de acuerdo a lo establecido en la cláusula sexta del presente instrumento. La Universidad se responsabilizará por asegurar que dos (2) copias físicas de cada publicación de material basado o desarrollado bajo los términos de este convenio sean enviadas al INIAP, inmediatamente después de su publicación.

### OCTAVA. -TERMINACIÓN

La Carta de Compromiso termina por:

- 8.1. Por el cumplimiento del objeto y plazo establecida para la realización de la investigación.
- 8.2. Por mutuo acuerdo de las partes:
- 8.3. Por decisión unilateral de la Institución previo informe de la causa motivadora, en los casos que el estudiante incurra en faltas repetidas de asistencia y/o impuntualidad no justificada, o falta de cumplimiento de las actividades planificadas.
- 8.4. Por decisión unilateral de la Universidad, para el caso de incumplimiento por parte de la institución, respecto de las cláusulas de la presente Carta de Compromiso o del plan de

4 de 5

**Figura 25.** Carta de compromiso (4 de 5) para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: El documento original se encuentra en el Departamento de Vinculación con la Colectividad



## Carta de compromiso escaneada



actividades del estudiante planificadas para realizar la investigación, en cuyo caso la Universidad podrá reubicar al estudiante en otro lugar para desarrollar su tesina.

### NOVENA. - ACEPTACIÓN:

Las partes libre y voluntariamente declaran expresamente su aceptación a todo lo convenido en el presente instrumento jurídico, a cuyas estipulaciones se someten, firmando en tres ejemplares de igual contenido y valor legal.

Fecha: **16 de marzo de 2022**

Por: LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Por: INIAP

María Sol Villagómez Rodríguez, PhD.  
**VICERRECTORA**  
Sede Quito

Mgs. Jorge Esteban Rivadeneira Ruales  
**DIRECTOR**  
Estación Experimental Santa Catalina  
INIAP

Dra. Ana Reino Molina  
**PROCURADORA UPS**

Gestionado por:	Mgr. Paco Noriega	16-03-2022
Realizado por:	Lcdo. Darwin Cáceres	16-03-2022
Revisado por:	Mgr. Nancy Bastidas	16-03-2022

Aprobación de Sede:	Mgr. Maria Sol Villagómez R. Ph.D.	16-03-2022
Revisión Legal:	Procuraduría	16-03-2022

5 de 5

**Figura 25.** Carta de compromiso (5 de 5) para la realización de investigación para la titulación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: El autor, 2022

Nota: El documento original se encuentra en el Departamento de Vinculación con la Colectividad