

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL ALMIDÓN DE DOS
GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) CULTIVADAS CON DOS
APLICACIONES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS Y
FOSFATADOS”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: RICARDO ANDRES OROSCO COBO

TUTORA: ING. DEYSI GUEVARA FREIRE

CEVALLOS - ECUADOR

2019

**“CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL ALMIDÓN DE DOS
GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) CULTIVADAS CON DOS
APLICACIONES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS Y
FOSFATADOS”**

REVISADO POR:

ING. DEYSI GUEVARA FREIRE

TUTORA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FECHA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FECHA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FECHA

AUTORIA DE LA INVESTIGACION

El suscrito, RICARDO ANDRES OROSCO COBO, portador de cédula de ciudadanía número: 0503351330, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL ALMIDÓN DE DOS GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) CULTIVADAS CON DOS APLICACIONES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS Y FOSFATADOS” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

RICARDO ANDRES OROSCO COBO

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DEL ALMIDÓN DE DOS GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) CULTIVADAS CON DOS APLICACIONES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS Y FOSFATADOS” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

RICARDO ANDRES OROSCO COBO

DEDICATORIA

A mi querida familia quienes, con ejemplo de respeto, humildad, perseverancia y esfuerzo, además de su apoyo incondicional supieron guiarme a lo largo de mi vida permitiéndome así que culminara mis metas personales y profesionales con éxito, lo cual ha generado en mí gratitud eterna.

A mis queridos(as) amigos(as) y/o compañeros(as) de vida quienes me han brindado su amistad, compañía y apoyo incondicional en todos los momentos trascendentales y desventurados a lo largo de mi vida y carrera, generando en mi estima invaluable y gratitud indeterminable.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por el privilegio de acogerme en su templo del saber y facilitarme las herramientas necesarias para ser un profesional exitoso.

Mis más sinceros agradecimientos a la Ing. Deysi Guevara Freire y PhD. Carlos Vásquez Freytez quienes con sus conocimientos, paciencia y responsabilidad propiciaron el direccionamiento y desarrollo de esta investigación obteniendo así provechosos resultados.

A todos los docentes quienes con su amplia experiencia profesional en determinado momento generaron acertadas sugerencias y consejos para el desarrollo favorable de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes Investigativos	2
1.1.1. Categorías Fundamentales	5
1.1.2. Especie vegetal	11
1.2. Objetivos.....	17
CAPÍTULO II	18
METODOLOGÍA	18
2.1. Materiales, equipos e insumos.....	18
2.1.1. Equipos	18
2.1.2. Materiales.....	18
2.1.3. Insumos	19
2.1.4. Factores de estudio.....	19
2.1.5. Caracterización del lugar de experimentación.....	20
2.2. Metodología de la experimentación	22
2.2.1. Tratamientos	22
2.2.2. Diseño experimental	22
2.2.3. Características del ensayo	22
2.2.4. Distribución de tratamientos.....	23
2.2.5. Variables respuesta	23
2.2.6. Manejo de la experimentación.....	24
2.2.7. Procesamiento de la información.....	31
2.2.8. Hipótesis	32
CAPÍTULO III.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33

3.1. Análisis de los resultados	33
3.1.1. Rendimiento de tubérculos (kg/m ²), tubérculos por categoría (I, II y III) y almidón (g/m ²).	33
3.1.2. Capacidad de absorción, poder de hinchamiento y solubilidad del almidón.	35
3.1.3. Claridad y transmitancia en las pastas de almidón.	39
3.1.4. Estabilidad a congelación y refrigeración de las pastas de almidón.	42
3.1.5. Análisis proximal.....	45
3.2. Discusión de los resultados	47
3.2.1. Rendimiento de tubérculos (kg/m ²), tubérculos por categoría (I, II y III) y almidón (g/m ²).	47
3.2.2. Capacidad de absorción, poder de hinchamiento y solubilidad.....	47
3.2.3. Claridad y transmitancia de las pastas de almidón	48
3.2.4. Estabilidad a congelación y refrigeración de las pastas de almidón.	49
3.3. Verificación de la hipótesis	50
CAPÍTULO IV	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
4.1. Conclusiones.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS.....	70
ANEXO 1: Reporte del Análisis Químico de Suelo	70
ANEXO 2: Cálculos de Fertilización	71
ANEXO 3: Reporte del Análisis Textural de Suelo.....	74
ANEXO 4: Cálculos de Riego.....	75
ANEXO 5: Costos	78
ANEXO 6: Análisis de varianza (ADEVA).....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Oca.....	11
Tabla 2. Principales plagas y enfermedades que atacan al cultivar de <i>O. tuberosa</i> : .	14
Tabla 3. Contenido calórico y nutricional en 100g de tubérculo de <i>O. tuberosa</i> :.....	16
Tabla 4. Análisis proximal del almidón del Genotipo Rojo.....	46
Tabla 5. Análisis proximal del almidón del Genotipo Blanco	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) de dos genotipos de Oca tratados con diferentes niveles de N-P.....	33
Figura 2. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) por clase (I, II y III) de Oca roja tratados con diferentes niveles de N-P.	34
Figura 3. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) por clase (I, II y III) de Oca blanca tratados con diferentes niveles de N-P.	34
Figura 4. Peso promedio (\pm EE) del almidón (g/m^2) de dos genotipos de Oca tratados con diferentes niveles de N-P.....	35
Figura 5. Capacidad de absorción promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.....	36
Figura 6. Capacidad de absorción promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.....	36
Figura 7. Poder de hinchamiento promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.....	37
Figura 8. Poder de hinchamiento promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.....	37
Figura 9. Solubilidad promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.	38
Figura 10. Solubilidad promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.	38
Figura 11. Turbidez promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.	39
Figura 12. Turbidez promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.	40

Figura 13. Claridad promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.	40
Figura 14. Claridad promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.	41
Figura 15. Estabilidad a temperatura ambiente promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.....	42
Figura 16. Estabilidad a temperatura de refrigeración promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.	43
Figura 17. Estabilidad a temperatura de congelación promedio (\pm EE) del almidón de Oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.	43
Figura 18. Estabilidad a temperatura ambiente promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.	44
Figura 19. Estabilidad a temperatura de refrigeración promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.	44
Figura 20. Estabilidad a temperatura de congelación promedio (\pm EE) del almidón de Oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.....	45

RESUMEN

La oca (*Oxalis tuberosa*) es un tubérculo andino que forma parte de la dieta alimenticia de las comunidades andinas por su elevado contenido energético (carbohidratos), aunque posee gran importancia no se reporta información relevante sobre la influencia del nitrógeno y fósforo en la calidad de los tubérculos. En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la aplicación de nitrógeno y fósforo (00-00, 120-240 y 80-160) sobre el rendimiento de tubérculos (kg/m^2) y almidón (g/m^2) en dos genotipos de oca (roja y blanca), además de su influencia sobre las propiedades funcionales del almidón como: capacidad de absorción (CA), poder de hinchamiento (PH), solubilidad (S), claridad (C), turbidez (T) y sinéresis. Los mejores resultados fueron observados con la aplicación de N y P en dosis de 120-240, con el cual se obtuvo el mayor rendimiento de tubérculos y almidón, $5,58 \text{ kg/m}^2$; $428,31 \text{ g/m}^2$, en el genotipo rojo y $3,76 \text{ kg/m}^2$; $242,27 \text{ g/m}^2$ en el genotipo blanco. Sin embargo, las propiedades funcionales del almidón fueron afectadas positivamente con la aplicación N-P 80-160, siendo la CA ($28,29 \text{ g/g}$), PH ($44,20 \text{ g/g}$), S (36%) a 70°C , T (0,09-1,83) y C (68,14-27,86%) entre las 0 y 96 horas, sinéresis ambiente (1,27-14,17%), refrigeración (2,58-17,08%) y congelación (56,42-56,42%) entre el 1er y 5to día en el genotipo rojo, mientras que en el genotipo blanco estos valores fueron: CA ($37,51 \text{ g/g}$), PH ($58,56 \text{ g/g}$), S (35,93%) a 80°C , T (0,12-1,82) y C (51,04-18,99%) entre las 0 y 96 horas, sinéresis ambiente (0,73-9,03%), refrigeración (0,74-11,52%) y congelación (36,95-50,64%) entre el 1er y 5to día. De acuerdo con los resultados, la fertilización mejora las propiedades funcionales del almidón de manera que permitiría su inclusión en la industria alimenticia.

Palabras clave: Oca, fertilización, rendimiento, capacidad de absorción, poder de hinchamiento, solubilidad, claridad, turbidez y sinéresis.

ABSTRACT

The oca (*Oxalis tuberosa*) is an Andean tuber that is part of the diet of the Andean communities due to its high energy content (carbohydrates), although it has great importance no relevant information on the influence of nitrogen and phosphorus on the quality of the tubers. In this research work the effect of the application of nitrogen and phosphorus (00-00, 120-240 and 80-160) on the yield of tubers (kg/m²) and starch (g/m²) in two genotypes was evaluated of goose (red and white), in addition to its influence on the functional properties of starch such as: absorption capacity (CA), swelling power (PH), solubility (S), clarity (C), turbidity (T) and syneresis. The best results were observed with the application of N and P in doses of 120-240, with which the highest yield of tubers and starch, 5.58 kg / m², was obtained; 428.31 g/m², in the red genotype and 3.76 kg/m²; 242.27 g/m² in the white genotype. However, the functional properties of starch were positively affected with the NP 80-160 application, with CA (28.29 g/g), PH (44.20 g/g), S (36%) at 70°C, T (0.09-1.83) and C (68.14-27.86%) between 0 and 96 hours, ambient syneresis (1.27-14.17%), refrigeration (2.58-17.08%) and freezing (56.42-56.42%) between the 1st and 5th day in the red genotype, while in the white genotype these values were: CA (37.51 g/g), PH (58 , 56 g/g), S (35.93%) at 80°C, T (0.12-1.82) and C (51.04-18.99%) between 0 and 96 hours, ambient syneresis (0.73-9.03%), refrigeration (0.74-11.52%) and freezing (36.95-50.64%) between the 1st and 5th day. According to the results, fertilization improves the functional properties of starch in a way that would allow its inclusion in the food industry.

Keywords: Oca, fertilization, yield, absorption capacity, swelling power, solubility, clarity, turbidity and syneresis.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El conocimiento restringido referente al desempeño industrial-alimenticio de las raíces y tubérculos andinos (RTAs) complementado al precario nivel de investigación en países interandinos sobre la caracterización agronómica y mejoramiento genético de cultivares autóctonos (**Forero et al. 2012**) han generado que estos sean apartados de los sistemas de producción convencional a mediana-gran escala y en casos extremos que algunos de estos se encuentren en peligro de extinción (**Játiva 2012; Roca y Manrique 2005**) ya que son explotados a pequeña escala, nivel parcelario o producción tradicional por parte de los agricultores quienes destinan el total del rendimiento obtenido al autoconsumo (**Cajamarca 2010**).

Los RTAs son considerados como ``cultivares rústicos`` por su amplio rango de adaptabilidad a diversos factores edafo-climáticos y resistencia a plagas y/o enfermedades, además de constituir el soporte de la seguridad alimentaria en comunidades andinas, organizaciones campesinas y poblaciones mestizas (**Núñez 2015; Jiménez y Sammán 2014; Vásconez y Hofstede 2006**) quienes rescatan, promueven y conservan los recursos fitogenéticos de especies vegetales como: Achira (*Canna edulis*), Ahipa (*Pachyrhizus ahipa*), Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), Maca (*Lepidium meyenii*), Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Mashua o Isaño (*Tropaeolum tuberosum*), Mauka (*Mirabilis expansa*), Ulluco o Papalisa (*Ullucus tuberosus*) y Oca (*Oxalis tuberosa*) (**Palate 2013; Cadima 2006**).

La Oca (*O. tuberosa*) es un tubérculo comestible originario de los Andes Centrales de Perú y Bolivia con aproximadamente 8000 años de antigüedad (**Játiva 2012**), posee amplia diversidad morfológica (alrededor de 800 especies) lo que ha permitido su distribución por toda Sud América (**Torres y Torrico 2004**), en Perú y Bolivia la Oca

es el segundo tubérculo más importante en producción después de la Papa (*Solanum tuberosum*) (Cadima 2006) mientras que en Ecuador su producción y comercialización es a nivel local centralizándose principalmente en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua (Caiza 2010).

Denominada como ‘‘Papa Dulce’’ por formar parte de la dieta alimenticia de los incas este tubérculo andino posee alto contenido de metabolitos primarios (almidones, azúcares, vitaminas, minerales, proteínas, ácidos grasos, carbohidratos), metabolitos secundarios (antocianinas, oxalatos, betacianinas, carotenos, saponinas, alcaloides, taninos) (Cajamarca 2010), aminoácidos esenciales (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina) (Caiza 2010) y materia seca. Sus múltiples beneficios nutricionales otorgados tanto para el consumo en fresco posterior al secado al sol y cocción (transformación química de sus almidones en azúcares palatables que realzan su sabor y favorecen la degustación) como para la industria (Amores 2016; Palate 2013) quien investiga y desarrolla nuevas formas de procesamiento como: extracción de alcohol, obtención de harinas, néctar, mermeladas, enconfitados, caramelos y/o frituras (Amores 2016; Yenque et al. 2007).

1.1. Antecedentes Investigativos

La información relacionada con el efecto de la fertilización sobre el rendimiento de las especies de tubérculos andinos es escasa. Valdivia et al. (1999) manifiestan que la influencia de la fertilización mineral sobre el desarrollo y la producción de oca e isaño con niveles de N-P-K en 80-160-80 kg/ha, frente a un testigo sin fertilización poseen un efecto marcado sobre el índice de área foliar, cobertura foliar, duración de follaje, acumulación de biomasa y rendimiento de los tratamientos obtenidos: 23 y 36 tn/ha para oca e isaño, respectivamente, siendo de 80 y 25% superiores en ambos cultivos en comparación con los tratamientos sin fertilización. También existió una alta correlación entre la acumulación de materia seca y la radiación interceptada por el follaje, lo cual concluye que en suelos relativamente pobres, sobre todo en nitrógeno

y fósforo, la fertilización mineral puede generar un incremento notable en los rendimientos de estos cultivos "rústicos".

Sánchez (1970) enuncia que el empleo de fertilizantes en base a 0, 100 y 200 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, respetivamente influyen en el rendimiento de la especie vegetal (oca) obteniendo un valor fluctuante de 19 a 21 kg/tubérculo en una extensión de 20 m² dado que el N está presente en todas las actividades fisiológicas y actividad de los elementos como el P que interviene en la fijación de carbono, además de participar activamente en la síntesis de almidón de los tubérculos y el K que mantiene las hojas en buena actividad fotosintética para la producción/transporte de carbohidratos y proteínas durante el crecimiento.

Valdivia (1996) expresa que la fertilización mineral en suelos pobres de nutrientes bajo condiciones de dosificación de fertilizantes en 80-160-60 kg/ha de N-PO₂-K₂O favoreció el incremento en rendimientos de los cultivos de oca (Pucka Ñawi) de 12,5 a 22,5 tn/ha e isaño (Amarilla y Anaranjada) de 17,5 a 30 tn/ha y de 28 a 36 tn/ha respectivamente, además la fertilización mineral anticipó en 10 días las fases de floración y tuberización en oca y en isaño la variedad Amarilla fue más precoz ya que completó su ciclo biológico 27 días antes que la variedad Anaranjada.

En relación a las investigaciones relacionadas con las propiedades funcionales del almidón obtenido de tubérculos no convencionales se han observado variabilidad dependiente de la especie vegetal. **Hermosa (2013)** describe que el rendimiento de almidón para oca fue de 13,04% y para el isaño de 3,65%, además los resultados del análisis proximal para el almidón de oca fueron: humedad 11,24%, proteína 0,34%, grasa 1,04%, carbohidratos 87,35% y para el almidón de isaño fueron: humedad 10,79%, proteína 0,54%, grasa 1,91%, carbohidratos 86,68%, la cantidad de cenizas fue de 0,007% para ambos almidones, además los gránulos de almidón fueron ovoides con un tamaño oscilante entre 23,61 a 38,50 µm (eje mayor) y 13,15 a 18,75 µm (eje menor), mientras que los del isaño oscilan entre 5,60 a 26,32 µm (eje mayor) y 5,70 a 20,89 µm (eje menor). Con relación a la viscosidad, solubilidad y poder de

hinchamiento de los geles de almidón es directamente proporcional al aumento de temperatura ya que el almidón de oca presentó su punto máximo de solubilidad a los 73°C y el del isaño a los 80°C obteniendo los mejores resultados de solubilidad y poder de hinchamiento sometiendo los dos geles a una temperatura de 80°C.

Surco (2014) demuestra que el aislado de almidón de tres tubérculos (oca, melloco y mashua) obtuvieron un rendimiento de 12,85, 5,05 y 2,20% respectivamente, en cuanto a las características morfológicas se encontró que los gránulos de almidón tenían la forma elíptica, triangular y globular con un tamaño promedio de 30, 15 y 10µm para la oca, melloco y mashua, respectivamente. La solubilidad de los gránulos de almidón a una temperatura de 60°C fue de 6,97; 2,75 y 2,27% para la oca, melloco y mashua mientras que el poder de hinchamiento presento variabilidades entre 11,85; 8,36 y 4,51% para cada uno de los tubérculos anteriormente enlistados.

López (2017) evidencia que el contenido de amilosa obtenido en el almidón de camote, arracacha y oca fue de 18,73; 13,08 y 22,59% respectivamente, un contenido de humedad de 13,27; 13,36 y 12,56% para el almidón de camote, arracacha y oca. En las micrografías se observa que los gránulos de almidón no presentan aglomeración con superficie lisa, plana, sin grietas y formas ovales a poligonales en el caso del almidón de camote, en oca se observa una estructura similar pero predominan las formas ovales, mientras que en los gránulos de almidón de arracacha se obtienen formas irregulares con tamaños medianos. Con relación a la capacidad de absorción de agua y aceite, el almidón de camote mostró valores de 1,53g/g de agua y 2,32g/g de aceite, mientras que para el almidón de arracacha estos fueron 2,09g/g de agua y 2,39g/g de aceite y finalmente para el almidón de oca fueron de 1,87g/g de agua y 2,01g/g de aceite.

1.1.1. Categorías Fundamentales

Interacción del Nitrógeno, Fosforo y Potasio en la síntesis de almidón:

Nitrógeno (N): Es un elemento clave en la mayoría de reacciones metabólicas del vegetal, constituyente esencial de las paredes y protoplasma celular e integrante fundamental de la molécula de clorofila (**Hernández y Chailloux 2001**), generalmente es absorbido por las plantas mediante la mineralización en forma de (NO_3) “nitratos” en la etapa juvenil y como (NH_4) “amonio” durante la etapa adulta (**Giletto et al. 2013**), posterior a su absorción el ion (NO_3) “nitrato” sufre una transformación química de reducción lo cual permite al vegetal utilizarlo en forma de aminoácidos para la síntesis de proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, nucleótidos, amidas, aminas, carbohidratos, purinas, pirimidinas, alcaloides, coenzimas, vitaminas, pigmentos y amino-azúcares (**Becerra-Sanabria et al. 2007; Rodríguez 1998**).

El contenido de nitrógeno (N) en el suelo está determinado y regulado directamente con la cantidad de materia orgánica (M.O.) presente en el mismo (**Echeverría y Ferrari 1993**), esto sumado con factores climáticos (temperatura, presión atmosférica, precipitación, viento y humedad relativa), propiedades físicas (textura, estructura, porosidad y consistencia), químicas (CIC, CE, pH y elementos químicos) y biológicas (microfauna) del suelo permiten el correcto desarrollo del ciclo biogeoquímico del Nitrógeno (mineralización, aminación, amonificación y nitrificación) (**Solera 1999; Echeverría y Bergonzi 1995**).

Este elemento se mueve en el vegetal por medio del flujo o tasa transpiratoria (**Novoa y Loomis 1981**) desde los órganos adultos hacia los órganos jóvenes facilitando la translocación del almidón producido en las hojas hacia los tubérculos (**Dede 1997; Gómez 1999**) influenciando directamente en el llenado de los mismo e incrementando notablemente su rendimiento por unidad de área (**Williams y Maier 2001**), cualquier tipo de deficiencia será claramente visible en “hojas viejas” o inferiores (puntas y márgenes necróticos) (**Anderson y Bowen 1994**) ya que otorga el color verde característico a los vegetales, además de tallos cortos y delgados, crecimiento

vegetativo lento, maduración temprana de frutos y merma del rendimiento (**Ramírez et al. 2004; Saluzzo 2001**).

Fósforo (P): Es un elemento de gran importancia ya que participa activamente en el proceso de la fotosíntesis como integrante enzimático Rubisco (ribulosa-1,5-bisfosfato) y PEP carboxilasa (fosfoenolpiruvato carboxiquinasa), es absorbido por las plantas en forma de ion ortofosfato monovalente (H_2PO_4) y en forma de ion ortofosfato divalente $(HPO_4)_2$ los cuales son utilizados en la síntesis estructural de compuestos esenciales como enzimas, proteínas, lípidos, azúcares y ácidos nucleicos (**Zamuner et al. 2016; Zec 2008**), además influye directamente en la división celular, el desarrollo, reproducción vegetal, formación-maduración del fruto y resistencia a fitopatógenos generada por su asociación físico-química co-existente con el nitrógeno (N) (**Oltra et al. 2006; Rodríguez 1998**).

El fósforo (P) en el suelo no está presente de la manera elemental si no fraccionadamente como fosfatos generados a partir del proceso de desarrollo de los suelos (meteorización de minerales y rocas) (**Fassbender 1969**), estos a su vez pueden combinarse con iones de Ca, Mg, Fe, Al, K y NH_4 para originar compuestos complejos estables, solubles y fácilmente absorbidos por los vegetales (**Raij 1984**), al igual que en el Nitrogeno (N) factores climáticos, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo inciden directamente en el ciclo beogeoquimico del Fósforo (**Solera 1999; Echeverría y Bergonzi 1995**).

Es un elemento móvil que interactúa con el vegetal a través del fenómeno de adsorción y el mecanismo de difusión (**Ruiz 1986**) lo cual le permite incorporarse directamente en el proceso de fosforilación, facilitar la síntesis-aumento de almidón y la translocación de fotoasimilados hacia los tubérculos (**Burgos y Cenóz 2012**), su deficiencia se expresa con coloraciones verde azuladas, moradas, púrpuras o rojas (antocianinas) en hojas inferiores además genera tallos pequeños y delgados, restringe el desarrollo radicular y en casos severos ocasiona la muerte del vegetal (**Anderson y Bowen 1994; Orlando 1983; Andreis 1975**).

Potasio (K): Es un elemento catalizador o activador enzimático dentro de los enlaces iónico del piruvato quinasa en el proceso de respiración celular, así como también en el metabolismo de los carbohidratos y la regulación de los procesos fotosintéticos (fosforilacion), además de la turgencia, presión osmótica y pH en las células del vegetal (**Blevins 1985; Alexander 1973; Zúñiga 1972**), es absorbido en forma de ion "K" para la producción de fosfatos de alta energía (ATP) usados para el metabolismo celular (**Pérez et al. 2009; Añez y Espinoza 2004**).

El Potasio (K) está presente en el suelo como fracciones estructurales (minerales del suelo), retenidas (capturado en partículas de arcilla), intercambiables (presencia en M.O), solubles (solución del suelo) y orgánicas (residuos orgánicos) (**Mielniczuk 1982; Bertsch 1995**) mismas que se ven influenciadas directamente por factores climáticos, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo e inciden directamente en el ciclo beogeoquimico del Potasio (**Mielniczuk 1982; Ritchey 1982**).

Este elemento es muy móvil por lo cual puede ingresar al vegetal mediante mecanismo de absorción como: el flujo de masas, la difusión o intersección (**Malavolta y Crocomo 1982**) lo cual favorece su participación en el proceso metabólico de los carbohidratos (clorofila, respiración, y fotosíntesis) generando la formación de almidón e incrementado el rendimiento de tubérculos (**Molina 2002; Rodríguez 1992; Beringer 1982; Mengel 1982**), su contenido depende de la etapa fenológica del vegetal pero su localización principal son los tejidos meristemáticos (apicales, laterales e intercalare) (**Chaves y Salazar 1989**) por lo que cualquier síntoma de deficiencia es observado en estas regiones del vegetal con la presencia característica de amarillamiento o clorosis además de coloraciones rojizas en nervaduras de hojas adultas (**Kant y Kafkafi 2002; Rodríguez 1998**).

Almidón:

El almidón constituye el principal polisacárido de reserva energética celular, se encuentra presente en los tejidos vegetales en forma de partículas insolubles o gránulos y está compuesto heterogéneamente por dos tipos de polímeros (**Garnica et al. 2010**): la amilosa constituye aproximadamente el 25% del polisacárido y es un polímero lineal o unión secuencial de α -D-glucopiranosilo con enlaces glicosídicos α 1-4 y la amilopectina que integra aproximadamente el 75% del polisacárido es un polímero ramificado o unión de α -D-glucana con enlaces intermitentes glicosídicos α 1-4 y 1-6 (**Badui 2006; Shannon y Garwood 1984**), ambos polisacáridos integrantes del gránulo de almidón se presenta de forma cristalina debido a los enlaces hidrogeno existentes entre los grupos hidróxilos (**Badui 2006; Cheftel 1989**).

La diferencia entre almidones está determinada por sus propiedades físicas (viscosidad, firmeza, estabilidad y cristalización), químicas (contenido de amilosa, amilopectina, proteína, lípidos y pureza) (**Morrison y Karkalas 1990**), funcionales (solubilidad, capacidad de absorción-retención de agua y/o aceite, capacidad o poder de hinchamiento, capacidad espumante, capacidad emulsionante, capacidad de gelificación y/o pastificación) (**Aguilera 2009; Surco 2004**), morfológicas (forma, tamaño y distribución de gránulos) y de concentración, todas estas sujetas al genotipo de la especie vegetal, así como también al estado de maduración de la fuente (**Sívoli et al. 2009; Inatsu et al. 1983**).

El almidón de buena calidad se caracteriza por presentar elevados índices en sus propiedades físicas, químicas y funcionales dado a la constante relación amilosa/amilopectina que posee (**Aristizábal y Sánchez 2007; Delpeuch y Favier, 1980**) sin embargo, este puede fluctuar entre plantas del mismo genotipo o variedad y entre genotipos o variedades de la misma especie (**Alarcón y Dufour 2002**) lo cual permite determinar el rol que podría desempeñar como materia prima en la industria alimenticia, textil, papelera, de polímeros y/o fibras (**Bernabé y Cancho 2017; Gujska et al. 1994; Inatsu et al. 1983**).

La síntesis de almidón (granulo semi-cristalino) en las especies vegetales comienza con el uso de la enzima ADP-glucosa (ADP-Glc) como precursor de los procesos metabólicos-bioquímicos de glucogénesis y ciclo de Calvin (**Zeeman et al. 2002; Heber y Held 1981**) para la producción del polisacárido, mismo que se emplaza en los cloroplastos de órganos fotosintéticos (almidón transitorio "estanolitos") durante la fase luminosa y posteriormente son almacenados en los plastidios (amiloplastos) (**Hoseney 1994; Shannon y Garwood 1984**) de órganos de reserva: tubérculos, raíces y semillas (almidón de reserva "estatocitos") durante la fase oscura (**Zeeman et al. 2010; Sivak et al. 1998**), todo ello sin perturbar el equilibrio celular debido a la nula actividad y presión osmótica que poseen (**Ball y Morell 2003**).

Propiedades funcionales del almidón

Para determinar la utilidad industrial del almidón se deben considerar sus propiedades físico-químicas (gelatinización y retrogradación) y funcionales (estabilidad a refrigeración y congelación, solubilidad, capacidad de absorción, poder hinchamiento y transmitancia) (**Aguilera 2009; Surco 2004; Kaur et al. 2004**), estas propiedades se expresan a temperaturas elevadas (**Gunaratne y Hoover 2002; Wang y White 1994**) y originan cambios físico-químicos (birrefringencia) graduales e irreversibles en el gránulo (**Amani et al. 2005; Bello et al. 2002; Eerlingen y Delcour 1995**).

Estabilidad a refrigeración y congelación: Patrón que refleja la reorganización de los gránulos de almidón en los geles, es verificable a través de la expulsión del agua diluida (sinéresis) que se encuentra en las pastas en forma de cristales de hielo (**Betancur 2001; Soni et al. 1990**).

Solubilidad (S): Patrón que demuestra la capacidad de disolución del gránulo de almidón en agua, esta aumenta de acuerdo con la temperatura impartida y es verificable a partir de los 60°C a los 90°C (**Gujska et al. 1994**), se encuentra estrechamente relacionado con la configuración existente entre los polímeros de amilosa/amilopectina (**Araujo et al. 2004**).

Capacidad de absorción (CA): Patrón que demuestra la aptitud de los gránulos de almidón para absorber agua, los gránulos se hinchan progresiva e irreversiblemente a medida que aumenta la temperatura impartida (60°C a 90°C) como respuesta a la rotura de los enlaces de hidrógeno entre los polímeros amilosa/amilopectina (**Singh et al. 2003; Lii et al. 1995; Hoover y Sosulski 1986**).

Poder de hinchamiento (PH): Patrón que exhibe la facilidad del ingreso de agua al gránulo de almidón, este aumenta de acuerdo con la temperatura impartida (60°C a 90°C) ya que genera ruptura de los enlaces intragranulares y el incremento de la energía cinética, todo ello permite el ingreso del agua y por consiguiente el aumento de tamaño-volumen del granulo (**Karim et al. 2008; Miles et al. 1985**), está directamente influenciado por el contenido de amilopectina ya que la amilosa constituye un inhibidor del hinchamiento (**Cheng et al. 1996**).

Claridad (C) y turbidez (T): Patrón que expresa la cantidad de luz (longitud de onda determinada) que atraviesa la muestra, se desarrolla a partir del proceso de gelatinización con la obtención de pastas espesas (**Amani et al. 2005; Bello et al. 2002; Miles et al. 1985; Gidley 1987**) conformadas por cristales de amilosa/amilopectina (**Meza et al. 2001; Liu et al. 1998**), estas fracciones al interactuar entre sí con la temperatura y el tiempo de almacenamiento influyen directamente en la claridad así como también en el desarrollo espontaneo de proceso de retrogradación y sinéresis en las pastas (**Novelo y Betancur 2005; Gunaratne y Hoover 2002**).

Dentro de algunos factores que influyen directamente en la expresión de las propiedades funcionales del almidón encontramos: a) composición química del gránulo (**Tester et al. 2004**), constituida por parámetros como: contenido de amilosa-amilopectina, lípidos, fósforo y pureza de los gránulos (**Badui 2001**), b) síntesis del granulo (tamaño y forma) propia de la fuente botánica (**Lindeboom et al. 2004; Svegmarm y Hermansson 1993; Chojecki et al. 1986**), c) manejo agronómico de la

especie vegetal y d) factores edafo-climaticos de la zona de cultivo, (Lawal et al. 2011; Lawal 2004).

1.1.2. Especie vegetal

El nombre “oca” proviene de la palabra quechua “okka”, “oqa” o “uqa” (Chase y Raveal 2009), es conocida también como “oca”, “apiña”, “apilla” o “kawi” en Perú, Bolivia, Ecuador, Chile y Argentina además de “ibia” en Colombia, “cuiva”, “quiba” o “cuiva” en Venezuela y “papa extranjera” o “papa roja” en Mexico (Becerra 1995; Medina 1994; Arbizu y Tapia 1992; NRC 1989), es una planta herbácea y anual que se caracteriza por la producción de tubérculos comestibles con alto contenido nutricional y ricos en almidón (Cajamarca 2010).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Oca.

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Magnoliidae
Orden:	Geraniales
Familia:	Oxalidaceae
Género:	<i>Oxalis</i>
Especie:	<i>Tuberosa</i>
Nombre Binomial:	<i>Oxalis tuberosa</i> Molina

(Núñez 2015; Becerra 1995; Medina 1994; Arbizu y Tapia 1992; NRC 1989).

Descripción botánica

La oca (*O. tuberosa*) fue descrita morfológicamente por el jesuita Giovanni Ignacio Molina en el año de 1810 como: una especie vegetal herbácea, anual, dicotiledónea y con genética poliploide (Maza 2007), presenta desarrollo compacto con crecimiento erecto durante las primeras etapas fenológicas y decumbente en etapas fenológicas finales, altura entre 20 a 40 cm (Pomar 2002) y reproducción vegetativa a través de

estolones con engrosamiento terminal “tubérculos” de los cuales se pueden desarrollar vástagos aéreos (**Yampara 2007; White 1975**).

Raíz: Todo el sistema radicular es adventicio (**Rosero 2010**), fibroso o fasciculado y muy ramificado que le permite penetrar profundamente el suelo además de absorber eficazmente los nutrientes (**Cajamarca 2010; Orbegoso 1957**).

Tallo: Cilíndrico, suculento y herbáceo con un diámetro que varía entre los 0.5 a 1.5 cm, coloración verde-amarillenta a verde-oscuro (**León 1964**), de conformación simple con brotación basal o ramificada de la parte media del tallo, genera una conformación cónica o semiesférica en el vegetal y se caracteriza por ser erecto en la etapa juvenil y decumbente en la etapa adulta (**Calva 2016; Orbegoso 1957**).

Hojas: Alternas, trifoliadas, pinnadas o palmaticompuestas y similares a un trébol, poseen peciolo acanalado de entre 2 a 9 cm de longitud (**Carrera 2013; Robles 1981**), folíolos obcordiformes de entre 1 a 4 cm de largo con el haz de superficie lisa color verde oscuro y el envés con superficie pubescente del mismo color (**Calva 2016; Orbegoso 1957**).

Inflorescencia: Umbeliforme y axilar con dos cimbras simpodiales dispuestas entre 4 a 5 flores hermafroditas (**Rosero 2010**), pedúnculos florales de longitud entre 10 a 15 cm y pedicelos florales de 1 a 3 cm (**Cajamarca 2010; Orbegoso 1957**).

Flores: Autógamas y/o alógamas con variabilidad de colores entre el amarillo y el anaranjado, morfológicamente con corola pentámera (5 pétalos y 5 sépalos) flabeliforme con borde trilobado (**Yampara 2007; Robles 1981**), estambres dispuestos en dos verticilos pentámeros diferenciados por su longitud: el primero de 3 a 4 mm (brevistilos) y el segundo de 9 mm (longistilios), filamentos pubescentes,

ovario supero pentacarpelar, estigmas bífidos, laminares y penicilados (**Carrera 2013; León 1968**).

Fruto: Cápsula pentalocular (5 lóculos) de paredes membranosas encerradas en un cáliz persistente (**Calva 2016; Cárdenas 1989**), obtención de semillas nula por dehiscencia loculicida o explosiva de la capsula, pero estas se forman en número de 1 a 3 en el interior del lóculo, son elipsoidales, granulosas y de color pardo (**Carrera 2013; León 1964**).

Tubérculos: Rizomas maduros de variabilidad en cuanto a su forma (elipsoidales, cilíndricos, claviformes u ovoides) (**Calva 2016; Yampara 2007**), color entero o punteado (blancos, morados o amarillos) y dimensión (longitudes entre 5 a 15 cm), además de yemas en toda la superficie con tamaño y profundidad que dependen de la variedad (**Carrera 2013; Maza 2007; León 1987**).

Requerimientos agroecológicos

Altitud: Por su característica de origen Andino el rango favorable de producción se encuentra entre cotas comprendidas desde los 2800 hasta los 3800 msnm (**Allcca 2017; Flores 2011; Ferreira 1986**).

Temperatura: Resiste moderadamente a bajas temperaturas, pero no a heladas (**Gualacata 2015**), sus rangos óptimos están considerados entre 6 a 15°C o por debajo de los 28°C ya que temperaturas inferiores a los 6°C o superiores a los 28°C destruyen al vegetal (**Calva 2016; Quispe 1997**).

Luminosidad: Requiere periodos diurnos comprendidos entre 9 a 12 horas para el correcto desarrollo vegetativo en especial para la formación de follaje y tubérculos (**Alcívar 2013**), completa su periodo vegetativo entre 180 a 240 días (**Allcca 2017; Suquilanda 2007**).

Precipitación: No posee problemas de adaptabilidad a zonas cuya pluviometría varía entre 570 a 2150 mm (**Cajamarca 2010**) sin embargo, lo óptimo se encuentra entre 500 a 700 mm distribuidos durante las etapas vegetativas (**Játiva 2012; Cárdenas 1989**).

Suelo: Se desarrolla eficientemente en suelos negros andinos o de textura franca (**Yampara 2007**), sueltos con buena profundidad, drenaje, contenido de materia orgánica, ligeramente ácidos y con un pH que fluctúe entre 5.3 a 7.8 (**Maza 2007; Cortés 1981**).

Plagas y enfermedades

Tabla 2. Principales plagas y enfermedades que atacan al cultivar de *O. tuberosa*:

PLAGAS		
Agente Causal	Nombre común	Lugar de ataque
<i>Capitarsia turbata</i>	Gusano de tierra	Tubérculo
<i>Agrotis sp.</i>		Follaje
<i>Feltia sp.</i>		
<i>Bothynus sp.</i>	Gusano arador	Tubérculo
<i>Ludius sp.</i>	Gusano alambre	Tubérculo
<i>Microtrypes sp.</i>	Gorgojo de la oca	Tubérculo
<i>Phthorimaea operculella</i>	Polilla	Tubérculo
		Follaje
<i>Chrysomela sp.</i>	Gusano de la oca	Tubérculo
		Follaje
<i>Epitryc sp.</i>	Pulguillas saltonas	Follaje
<i>Frankliniella tuberosi</i>	Trips	Follaje

ENFERMEDADES		
Agente Causal	Nombre común	Lugar de ataque
<i>Septoria oxalidis</i>	Manchas foliares	Follaje
<i>Uromyces oxalidis</i>	Roya amarilla	Follaje
<i>Puccinia sp.</i>	Roya morena	Follaje
<i>Rhizoconia solani</i>	Rizoctoniasis	Tubérculo
<i>Phytophthora sp.</i>	Pudrición	Tubérculo
<i>Phoma oxalidicola</i>	Viruela	Tubérculo
<i>Rosellinia sp.</i>	Lanosa	Tubérculo
<i>Urocystis oxalidis</i>	Carbón	Tubérculo
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Pudrición blanda	Tubérculo
<i>Rhizopus microsporus</i>		
<i>Mucor pyriformis</i>		
<i>Botrytis cinérea</i>	Pudrición gris	Tubérculo
<i>Fusarium oxysporum</i>	Pudrición del tubérculo	Tubérculo
<i>Fusarium roseum</i>		
<i>Penicillium oxalicum</i>	Pudrición mohosa	Tubérculo
<i>Penicillium sp.</i>		
<i>Cladosporium sp.</i>		
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Pudrición negra del tubérculo en almacenamiento	Tubérculo
<i>Potato black ringspot virus(PBRV)</i>	Virus de la mancha anular negra de la papa	Follaje
<i>Arracacha virus A (AVA)</i>	Virus A de la arracacha	Follaje
<i>Papaya mosaic virus</i>	Virus del mosaico de la papaya	Follaje
<i>Potato virus T (PVT)</i>	Virus T de la papa	Follaje

(Játiva 2012; Cadima y García 2003; Gonzales et al. 2003).

Contenido nutricional

Como se presenta en la (Tabla 3), este tubérculo andino presenta gran variabilidad química en cuanto a valores calóricos, nutricionales, proteicos, vitamínicos, minerales y de aminoácidos de acuerdo a la variedad vegetal cultivada, sin embargo, estos valores son los más altos en relación al resto de tubérculos tradicionales por lo cual se lo considera como un alimento de consumo apreciable y altamente nutritivo dentro de la dieta de las poblaciones andinas.

Tabla 3. Contenido calórico y nutricional en 100g de tubérculo de *O. tuberosa*:

Componente	Oca fresca *	Oca endulzada*
Humedad (%)	82,4	66,9
Calorías (Kcal)	67,0	128,0
Proteína (g)	0,7	1,1
Extracto etéreo (g)	0,0	0,1
Carbohidratos totales (g)	16,1	30,8
Fibra (g)	0,5	1,0
Cenizas (g)	0,8	1,1
Calcio (mg)	5	7
Fosforo (mg)	39	64
Hierro (mg)	0,9	1,3
B1 (mg)	0,07	0,09
Niacina (mg)	0,42	10,3
C (mg)	38,4	33

(Játiva 2012; Cajamarca 2010; Caiza 2010; Yenque et al. 2007; Cadima, y García 2003).

Usos

La Oca por sus diversos atributos fisicoquímicos es utilizada dentro del ámbito medicinal como emoliente, astringente, desinfectante (Caiza 2010), antiinflamatorio y paliativo, dentro del ámbito alimenticio como elemento de consumo en fresco, endulzado o procesado y dentro del ámbito de la alimentación animal como forraje en especial para porcinos (Allcca 2017; Yampara 2007).

1.2. Objetivos

- Evaluar el efecto de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados sobre el rendimiento del almidón por metro cuadrado.
- Medir la capacidad de absorción, poder de hinchamiento y solubilidad del almidón proveniente de cada genotipo de oca (*O. tuberosa*).
- Comparar la estabilidad de claridad, turbidez, congelación y refrigeración de las dos pastas de almidón.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales, equipos e insumos

2.1.1. Equipos

Balanza analítica (Pioneer)

Licuada (Oster Classic)

Plancha de agitación magnética (Cole-Parmer)

Refrigeradora (VFV 520)

Espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 201)

Centrífuga (SORVALL ST8)

Estufa (Modell 100-800)

2.1.2. Materiales

Aperos de labranza agrícola por tracción manual (azadón, azadilla, rastrillo)

Estacas con rótulo de identificación

Libreta de campo

Calibrador vernier

Balde plástico

Flexómetro

Vasos de precipitación

Varillas de agitación

Tubos de vidrio

Mortero y pistilo

Tamices

Embudos

Probetas

Soportes universales

Pinzas de tres dedos con nuez

Pinzas para crisoles

Pinzas de madera
Pipetas serológicas
Termómetros
Lienzos
Crisoles
Desecador
Tubos falcon
Tubos de centrífuga (15 ml)
Espátulas
Magnetos
Cepillos

2.1.3. Insumos

Genotipos (semilla)

Oca Roja
Oca Blanca

Fertilizantes químicos

Urea: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ → 46-00-00
Super Fosfato Triple: $\text{CH}_4(\text{PO}_4)_2$ → 00-46-00

2.1.4. Factores de estudio

Genotipos

Oca Roja	G1
Oca Blanca	G2

Dosis de N y P₂O₅ (kg/ha)

00 – 00	D0
120 – 240	D1
80 – 160	D2

* Dosis 0: 00 (N) – 00 (P₂O₅) kg/ha

Esta aplicación corresponde al contenido de N-P-K existente en el suelo y que en conjunto con los cálculos se encuentran basados en un análisis químico realizado, cabe destacar que la concentración de K es alta por lo cual solo se aportaran los elementos N y P dado que estos se encuentran en menores concentraciones.

$$N = (16,5 \times 2) = 33 \text{ kg/ha}$$

$$P_{2O5} = (53 \times 2 \times 2.29) = 242.74 \text{ kg/ha}$$

$$K_2O = (1,3 \times 390 \times 2 \times 1,2) = 1216.8 \text{ kg/ha}$$

2.1.5. Caracterización del lugar de experimentación

Ubicación del ensayo

El presente ensayo experimental se realizó en la Granja Experimental Docente Querochada, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y propiedad de la Universidad Técnica de Ambato, se encuentra en el cantón Cevallos a 16 km Sur Oeste de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua y cuyas coordenadas geográficas son 01° 22' 02" de latitud Sur y 78° 36' 20" de longitud Oeste con una altitud de 2865 msnm (**INAMHI, Estación meteorológica de primer orden Querochaca**).

Clima

Según los datos registrados durante el año 2018 por medio de la estación meteorológica de primer orden existente en la Granja Experimental Docente Querochaca el clima de la zona está clasificado como templado frío semi-seco con una temperatura promedio de 13,7°C, humedad relativa promedio de 74.8%, velocidad de viento promedio de 1.8 m/s y una precipitación anual de 549.5 mm (**INAMHI, Estación meteorológica de primer orden Querochaca**).

Suelo

Según el **Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (1976)** y citado por **Manobanda (2017)**, manifiesta que el tipo de suelo que predomina en esta zona está clasificado como Typic Vitracepts caracterizado por la presencia de ceniza volcánica y materiales amorfos. Son suelos con una pendiente del 2 al 8% y con un relieve plano, ondulado, profundo (1,5 m), su textura es franca arenosa con contenidos de materia orgánica media, nitrógeno bajo, fósforo medio y muy alto en potasio, posee una capacidad de intercambio catiónico baja y alta saturación de bases, su nivel de fertilidad es moderado en la capa superficial y bajo en la parte profunda del suelo.

La parcela de experimentación para el cultivo de oca cuenta con un remanente de fertilización debido al cultivo anterior de papa (*Solanum tuberosum*), presentando así un nivel alto de potasio (1216,8 kg/ha), medio en fósforo (242,74 kg/ha) y bajo en nitrógeno (33 kg/ha) además de un deficiente contenido de materia orgánica (2,2%).

Según el Laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el análisis de suelo realizado de la parcela en la cual se realizó la investigación reporta que: a una profundidad de 0 a 20 cm los contenidos de materia orgánica M.O. (2,2%) es BAJO, N-TOTAL (16,5 ppm) es BAJO, P (53 ppm) es ALTO y K (1,3 meq/100g) es ALTO como se puede evidenciar en el (**Anexo 1**).

Agua

El agua utilizada en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, posee un pH de 7,82, C.E de 0,3 milimhos/cm (321,5 umhos/cm), alcalinidad de 140,2 mg/l, y una dureza total de 110,2 mg/l (**Cajo 2016**).

2.2. Metodología de la experimentación

2.2.1. Tratamientos

No.	Símbolo	Genotipos	Aplicaciones de N y P ₂ O ₅ (kg/ha) a utilizar
1	D0G1	Oca Roja	00-00
2	D1G1	Oca Roja	120-240
3	D2G1	Oca Roja	80-160
4	D0G2	Oca Blanca	00-00
5	D1G2	Oca Blanca	120-240
6	D2G2	Oca Blanca	80-160

2.2.2. Diseño experimental

Se utilizó el diseño en Parcelas Divididas, siendo la parcela principal los genotipos de Oca y las subparcelas las diferentes aplicaciones de N y P distribuido en bloques completamente al azar con 3 repeticiones. Los datos obtenidos serán sometidos a análisis de varianza (ADEVA) y aquellos factores que muestren significancia serán comparados mediante prueba de medias según Tukey ($p < 0,01$).

2.2.3. Características del ensayo

Ancho de la sub-parcela: 2,4 m

Largo de la sub-parcela: 4 m

Área total por sub-parcela: 9,6 m²

Número total de sub-parcelas: 18

Número de plantas/sub-parcela: 40

Distancia entre plantas y distancia en hilera: 0,40 m x 0,60 m

Número de plantas a analizar/tratamiento: 8 (plantas por muestreo sistemático)

Número de repeticiones por tratamiento: 3

Número de tratamientos: 18

Área total del ensayo: 172,8 m²

Separación entre bloques: 1 m

Número total de plantas/bloque: 360

Número total de plantas/parcela neta: 720

2.2.4. Distribución de tratamientos

GENOTIPOS	1	2
(Oca)	Roja	Blanca
REPETICIÓN 1	D1	D1
	D2	D2
	D0	D0
REPETICIÓN 2	D1	D1
	D0	D0
	D2	D2
REPETICIÓN 3	D2	D2
	D0	D0
	D1	D1

2.2.5. Variables respuesta

Producción de tubérculos (kg/m²) y almidón (g/m²)

- Rendimiento de tubérculos kg/m².
- Rendimiento de tubérculos por categoría.
- Rendimiento de almidón g/m².

Propiedades funcionales del almidón

- Poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y solubilidad.
- Estabilidad a congelación y refrigeración.
- Claridad y transmitancia de los geles.

2.2.6. Manejo de la experimentación

Análisis de suelo

Se tomaron 20 sub-muestras de suelo en forma de zigzag a una profundidad de 20 cm las cuales se mezclaron y uniformizaron para constituir una muestra total de 1lb la misma que se envió al Laboratorio de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato y en base al reporte proporcionado posterior a su interpretación se realizó los reajustes correspondientes además de las dosis de formulación nutricional.

Siguiendo el mismo procedimiento se envió una muestra total de 1kg al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la ciudad de Quito para la realización del respectivo Análisis Textural con el cual posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes a la lámina de agua de riego a aplicar en el cultivar.

Preparación de la parcela de experimentación

Con el objetivo de roturar, airear, mullir el suelo, eliminar malezas y favorecer la infiltración del agua se procedió a pasar por dos ocasiones consecutivas el motocultor agrícola con cuchillas rotavator, posteriormente se realizó la nivelación del terreno, la formación de las subparcelas para cada una de los genotipos y los surcos mediante el uso de aperos de labranza manual como azadones, azadillas y rastrillos propendiendo a obtener una pendiente de 0,15% lo cual facilitara el desarrollo y eficiencia del método de riego por gravedad.

Proceso pre-germinativo del material vegetal

Posterior al proceso de adquisición del material vegetal se realizó su clasificación de acuerdo al tamaño, selección basada en las mejores características físicas tomando en cuenta que estas no presenten algún tipo de daño causado por factores mecánicos, químicos o biológicos y su almacenamiento en costales de polipropileno con capacidad para 50kg durante 1mes en una bodega localizada en la parroquia de Santa Rosa, la misma que cuenta con obscuridad, temperatura media de 12,5°C y humedad relativa

de 75% (**Bio Rem 2012**), transcurrido este período de tiempo se sumió los tubérculos durante 5 minutos en una solución de giberelinas con dosis de 10g/200l con el fin de favorecer la brotación.

Desinfección del material vegetal

Se llevó a cabo el proceso de desinfección de los tubérculos mediante pulverizaciones con moléculas químicas de Carboxin y Thiram presentes en el producto comercial VITAVAX FLO en dosis de 120cc/120l de agua en conjunto con la molécula química Acefato presente en el producto comercial ACEFATO 25% WP en dosis de 120gr/120lts de agua para 200kg de semilla.

Siembra del material vegetal

Esta se realizó una vez identificadas las subparcelas y los surcos que constituían las unidades experimentales o tratamientos de cada uno de los genotipos según el diseño experimental establecido con el uso de tubérculos de oca roja (G1) y oca blanca (G2) que se adquirieron en la parroquia de Pilahuin a relación de 2 tubérculos por golpe, a una profundidad menor a 0,10m, distancia de 0,40m entre plantas y de 0,60m entre hileras.

Riego

A partir de los datos proporcionados en el reporte del análisis textural realizado en el INIAP (**Anexo 3**) se procedió a calcular la capacidad de campo basada en la fórmula empírica de Peele y punto de marchitez permanente basado en la ecuación propuesta por Brigg (**Anexo 4**). Con respecto al volumen de agua que se suministrará al cultivar se calculó la lámina neta y bruta para llegar a la profundidad radicular además del intervalo y tiempo de riego y balance hídrico (**Anexo 4**). El método de riego será por gravedad con una eficiencia del 60% para la inundación de los surcos en suelo nivelado.

Capacidad de Campo (CC)

$$= 0,48\text{Arcilla} + 0,162\text{Limo} + 0,023\text{Arena} + 2,62$$

Punto de Marchitez Permanente (PMP)

$$= 0,302 \text{ Arcilla} + 0,102 \text{ Limo} + 0,0147 \text{ Arena}$$

$$\text{Lamina Bruta} = \frac{\text{Lamina Neta}}{\text{Eficiencia de Aplicación}}$$

$$\text{Caudal Volumétrico (Q)} = \frac{\text{Volumen (V)}}{\text{Tiempo (T)}}$$

Balance Hídrico (mm)

$$= \text{Requerimiento del cultivo (mm)}$$

$$- \text{Precipitación (mm)}$$

Rascadillo o deshierbas

Con el fin de eliminar la población de malezas (arvenses) en caminos e hileras de tratamientos y repeticiones se llevó a cabo el proceso de rascadillo con el uso de aperos de labranza agrícola manuales (azadillas y rastrillos) a los 60 días (2 meses) posteriores a la labor de siembra y cuando la planta alcanzó aproximadamente 15cm de altura.

Aporque

Para mejorar notablemente el anclaje, la estabilidad, el soporte, el desarrollo de la zona radicular y la buena conformación de los tubérculos se realizó el aporque con el uso de aperos de labranza agrícola manuales (azadillas y rastrillos) a los 120 días (4 meses) posteriores a la labor de siembra y cuando la planta alcanzó aproximadamente 30cm de altura.

Fertilización

La aplicación de los fertilizantes químicos fue dosificada en un 50% de N (Urea) más el 100% de P (Súper Fosfato Triple) durante el rascadillo y el 50% restante de N al momento del primer aporque, cabe destacar que no se realizó la aplicación de K dado que el suelo posee la suficiente concentración para integrar las dosis a aplicar y la cantidad de estos elementos fue determinada mediante cálculos basados en el análisis químico de suelo realizado y como se muestran en el (**Anexo 2**).

Nutrientes del suelo (kg/ha)	Concentraciones Referenciales (kg/ha)	Concentraciones por aplicar		
		Elemento	(kg/ha)	(gr/planta)
N→33 ¹	120 – 240	N (Urea)	99,67 ³	2,40
		P (SFT)	672,30 ³	16,13
P ₂ O ₅ →247,74 ¹	80 – 160 ²	N (Urea)	42,54 ³	1,02
		P (SFT)	272,30 ³	6,53

¹Valores reportados en el análisis químico de la FCAGP

²Niveles de fertilización reportados por **Valdivia et al., (1999)**

³Calculos de fertilización demostrados en el (**Anexo 1**)

Controles fitosanitarios

Como medida correctiva a la presencia e inferencia de plagas (*Agrotis ipsilon*) “gusano trozador” (*Phyllophaga spp*) “gallina ciega o cutzo” y enfermedades “roya” (*Uromyces oxalidis*) se aplicó pulverizaciones con moléculas químicas Carbosulfan presente en el producto comercial ELTRA 48 EC en dosis de 2cc/l además de Imidacloprid presente en el producto comercial LANCER en dosis de 1ml/l y Chlorothalonil presente en el producto comercial CLOROTEX en dosis de 2.5g/l a manera de drench y al área foliar.

Cosecha

Posterior al marchitamiento y/o amarillamiento del follaje (madurez fisiológica) se llevó a cabo este proceso, a los 180 días (6 meses) después de la labor de la siembra, de forma manual con el uso de aperos de labranza como azadones y azadillas para extraer cuidadosamente los tubérculos del suelo por medio de la excavación.

Postcosecha

Una vez realizada la labor de cosecha todos los tubérculos fueron seleccionados, clasificados y sometidos a un proceso de lavado para eliminar las partículas sólidos de suelo lo cual facilito la obtención de datos confiables provenientes de los análisis pertinentes.

Producción de tubérculos (kg/m²) y almidón (g/m²)

Para comparar el rendimiento kg/m² de almidón de cada uno de los genotipos estudiados se aplicó la fórmula matemática expuesta por **Sánchez & Meza, (2015)**:

- **Peso total por m²**: Es el valor estimado llevado a m² con relación al valor total hallado para cada unidad experimental, para cada tratamiento se ha considerado el producto cosechado.

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{Peso} \times \text{Parcela} (\text{kg})}{\text{Area de la parcela} (\text{m}^2)}$$

- **Rendimiento de Tubérculos por Categoría**: Se tomaron los datos de cada surco central (8plantas) y se clasificó de acuerdo a la norma **INEN N° 1831** y la metodología propuesta por **Flores (2011)** con modificaciones:

- **Clasificación de Oca Blanca por Peso**:

TIPO	TAMAÑO	PESO	
		Mínimo	Máximo
I	Grande	74,0 g	107,9 g
II	Mediano	40,0 g	74,0 g
III	Pequeño	6,1 g	40,0g

- **Clasificación de Oca Roja por Peso**:

TIPO	TAMAÑO	PESO	
		Mínimo	Máximo
I	Grande	66,1 g	95,4 g
II	Mediano	36,9 g	66,1 g
III	Pequeño	7,6 g	36,9g

- **Primera:** apariencia claviforme (oca) con un peso de 60 g aproximadamente.
- **Segunda:** apariencia claviforme (oca) con un peso de 40 g aproximadamente.

- Tercera: apariencia claviforme (oca) con un peso de 10 g aproximadamente.
- Rendimiento de almidón: del rendimiento en tubérculos (kg/m^2) se recolectan 2kg de la ‘Primera Clase’ para su posterior extracción de almidón y obtener su rendimiento en (g/m^2).

Extracción del almidón

Para la extracción y obtención de almidón de los tubérculos se aplicó el método descrito por los autores (**Valcárcel-Yamani et al. 2013**), (**Torruco-Uco y Betancur-Ancona 2007**) y (**Singh et al. 2006**) con modificaciones:

- 1) Seleccionar las muestras sanas y que están libres de impurezas.
- 2) Cortar los tubérculos manualmente en cubos pequeños de aproximadamente 3 mm.
- 3) Triturar en la licuadora con agua destilada en una relación (1:2) durante 3 min, posteriormente el homogenizado filtrarlo a través de un lienzo y recolectarlo en un vaso de precipitados, desechar los residuos retenidos en la membrana.
- 4) Dejar el filtrado en reposo durante 4 horas a temperatura de refrigeración (4°C) hasta que el almidón precipite, posteriormente separar el almidón del sobrenadante y resuspenderlo en agua, este procedimiento se repetirá aproximadamente por cinco veces hasta obtener un almidón blanco y un sobrenadante transparente.
- 5) Recolectar el almidón y dejarlo secar a 37°C durante 72 horas en una estufa con el fin de eliminar residuos de tierra y pigmentos.
- 6) Pesar el almidón seco y almacenarlo a temperatura de congelación (-20°C).

Propiedades funcionales del almidón

Para la determinación de las propiedades funcionales del almidón como el poder de hinchamiento, la capacidad de absorción de agua y la solubilidad se llevó a cabo la metodología propuesta por **Leach et al. (1959)** y citado por **Valcárcel-Yamani et al. (2013)** con modificaciones:

- 1) Calentar las suspensiones acuosas de 2% de almidón en relación (peso/volumen) a temperaturas constantes de (60, 70, 80 y 90°C) en un baño de agua con agitación constante durante 30 min.
- 2) Tomar alícuotas de 10 ml en tubos para centrifuga.
- 3) Enfriar cada suspensión y posteriormente centrifugar a 3000 xg durante 15 minutos.
- 4) Pesar los residuos y secar el sobrenadante a una temperatura de 105°C durante 5 horas.
- 5) Calcular la capacidad de absorción de agua (CA), poder de hinchamiento (PH) y la solubilidad (S) de los gránulos de almidón.
- 6) La capacidad de absorción de agua (CA) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de Absorción } \left(\frac{g}{g}\right) \\ = \frac{\text{Peso del gel formado por cada muestra (g)}}{\text{Peso de la muestra tratada (2\% o 0,2g)}} \end{aligned}$$

- 7) El porcentaje de solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH) se calculó a través de la metodología propuesta por **Torre-Gutiérrez et al. (2008)** usando las siguientes fórmulas con modificaciones:

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{\text{Peso del sobrenadante seco a } 105^{\circ}\text{C (g)} \times 400}{\text{Peso de la muestra tratada (g)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Poder de Hinchamiento } \left(\frac{g}{g}\right) \\ = \frac{\text{Peso del gel formado (g)} \times 100}{\text{Peso de la muestra tratada (g)}(100 - \% \text{Solubilidad})} \end{aligned}$$

Para la evaluación de la estabilidad a congelación y refrigeración del almidón se realizó lo expuesto por **Eliasson y Kim (1992)** con modificaciones:

- 1) Elaborar una suspensión de almidón al 5% en relación (peso/volumen).
- 2) Calentar la suspensión a temperatura de ebullición durante 15 minutos y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- 3) Colocar alícuotas de 10 ml en tubos de centrifuga y acondicionarlas a temperatura ambiente (17°C), temperatura de refrigeración (4°C) y

temperatura de congelación (-18°C) durante 5 días, cada 24 horas las muestras se deben centrifugar a 3200 xg durante 15 minutos y posteriormente el porcentaje de agua expulsado se medirá para calcular la sinéresis con la siguiente fórmula:

$$\text{Sinéresis (\%)} = \frac{\text{Líquido separado (g)}}{\text{Peso total de la muestra (g)}} \times 100$$

Para estimar la turbidez (T) del gel de almidón se aplicó la metodología propuesta por **Craig et al. (1989)** con modificaciones:

- 1) Colocar en un baño de agua termostática (temperatura de ebullición con agitación continua durante 1 hora) una suspensión acuosa de almidón al 1% en relación (peso/volumen).
- 2) Enfriar la pasta a temperatura ambiente y almacenar a temperatura de refrigeración (4°C) durante 5 días.
- 3) Medir la claridad de gel de almidón a 640 nanómetros cada 24 horas en un espectrofotómetro (0h, 24h, 48h, 72h y 96h).

Para estimar la claridad (C) del gel de almidón se aplicó la metodología propuesta por **Perera y Hoover (1999)** con modificaciones:

- 4) Colocar en un baño de agua termostática (temperatura de ebullición con agitación continua durante 1 hora) una suspensión acuosa de almidón al 2% en relación (peso/volumen).
- 5) Enfriar la pasta a temperatura ambiente y almacenar a temperatura de refrigeración (4°C) durante 5 días.
- 6) Medir la claridad de gel de almidón a 640 nanómetros cada 24 horas en un espectrofotómetro (0h, 24h, 48h, 72h y 96h).

2.2.7. Procesamiento de la información

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA) y pruebas de significación Tukey ($p < 0,01$) mediante el programa estadístico INFOSTAT 2018 para la diferenciación estadística entre tratamientos y la obtención de rangos significativos con letras minúsculas del abecedario.

2.2.8. Hipótesis

El suministro de diferentes aplicaciones de N y P en el cultivar de Oca (*O. tuberosa*) mejora las propiedades funcionales del almidón.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de los resultados

3.1.1. Rendimiento de tubérculos (kg/m^2), tubérculos por categoría (I, II y III) y almidón (g/m^2).

Se demostró efecto tanto del genotipo como del nivel de fertilización sobre el peso de los tubérculos ($p < 0,0001$; $gl:2$ y $F=38,90$), la clase de tubérculos ($p_{\text{gen1}} < 0,0154$; $gl:4$ y $F=4,78$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; $gl:2$ y $F=108,78$) y el peso del almidón ($p < 0,0242$; $gl:1$ y $F=39,75$) (Figuras 1-4). El mayor peso de tubérculos ($5,58 \text{ kg}/\text{m}^2$) fue obtenido en el genotipo rojo y en el genotipo blanco ($3,76 \text{ kg}/\text{m}^2$) con aplicación N-P 120-240, mientras que el menor peso en el genotipo rojo ($2,42 \text{ kg}/\text{m}^2$) y en el genotipo blanco ($1,43 \text{ kg}/\text{m}^2$) se obtuvieron sin aplicación de fertilizantes, donde se observó una disminución del 56,63 y 61,96%, los valores intermedios ($3,46$ y $2,42 \text{ kg}/\text{m}^2$) del genotipo rojo y blanco, respectivamente se reportan con aplicación N-P 80-160.

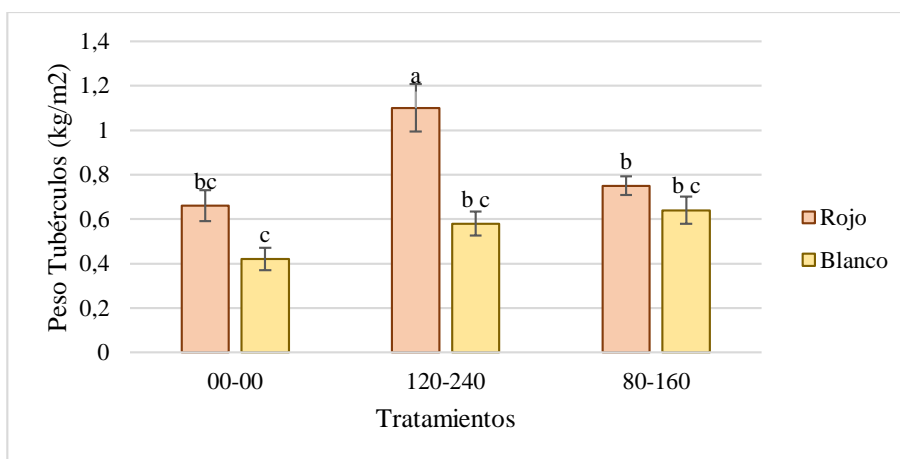


Figura 1. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) de dos genotipos de oca tratados con diferentes niveles de N-P.

El mayor peso de tubérculos ($3,32 \text{ kg/m}^2$) pertenecientes a primera clase (I) del genotipo rojo fueron obtenidos con aplicación N-P 120-240, mientras que el menor peso ($0,22 \text{ kg/m}^2$) se obtuvo en tercera clase (III) sin aplicación observando una disminución del 93,37%, los valores intermedios ($0,29$ y $2,05 \text{ kg/m}^2$) fueron reportados con aplicación N-P 80-160 en tercera clase (III) y sin aplicación en primera clase (I), respectivamente.

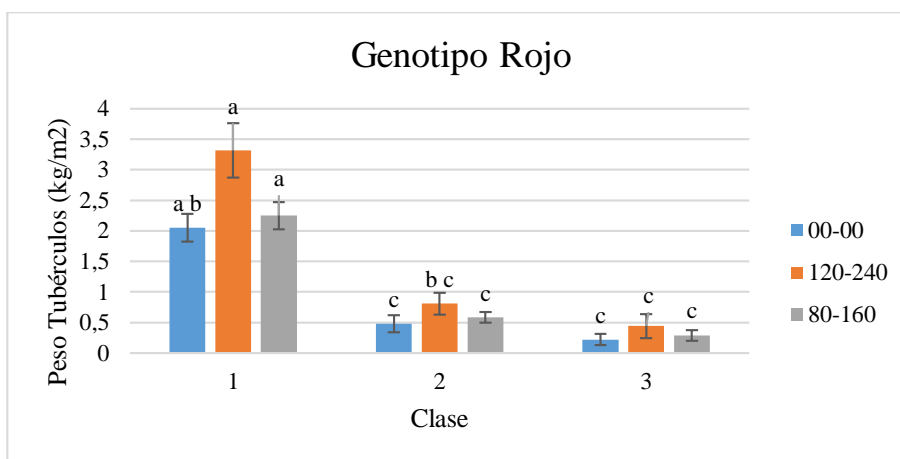


Figura 2. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) por clase (I, II y III) de oca roja tratados con diferentes niveles de N-P.

El mayor peso de tubérculos ($2,33 \text{ kg/m}^2$) pertenecientes a primera clase (I) del genotipo blanco fueron obtenidos con aplicación N-P 120-240, mientras que el menor peso ($0,01 \text{ kg/m}^2$) se obtuvo en tercera clase (III) con la aplicación N-P 120-240 observando una disminución del 99,57%, los valores intermedios ($0,07$ y $1,54 \text{ kg/m}^2$) fueron reportados sin aplicación en segunda (II) y primera (I) clase, respectivamente.

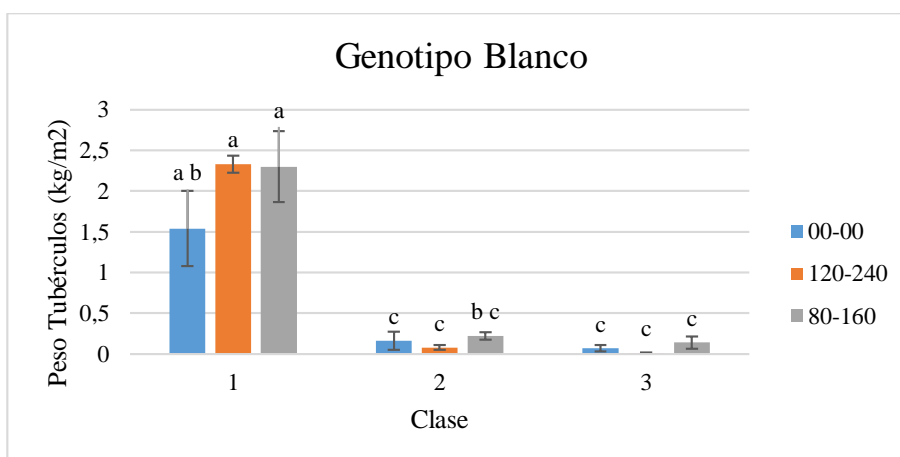


Figura 3. Peso promedio (\pm EE) de los tubérculos (kg/m^2) por clase (I, II y III) de oca blanca tratados con diferentes niveles de N-P.

El mayor peso de almidón (428,31 g/m²) fue obtenido en el genotipo rojo y en el genotipo blanco (242,27 g/m²) con aplicación N-P 120-240, mientras que el menor peso en el genotipo rojo (266,18 g/m²) y en el genotipo blanco (145,86 g/m²) se obtuvieron sin aplicación observando una disminución del 37,85 y 39,79%, los valores intermedios (295,49 y 233,32 g/m²) del genotipo rojo y blanco, respectivamente se reportan con aplicación N-P 80-160.

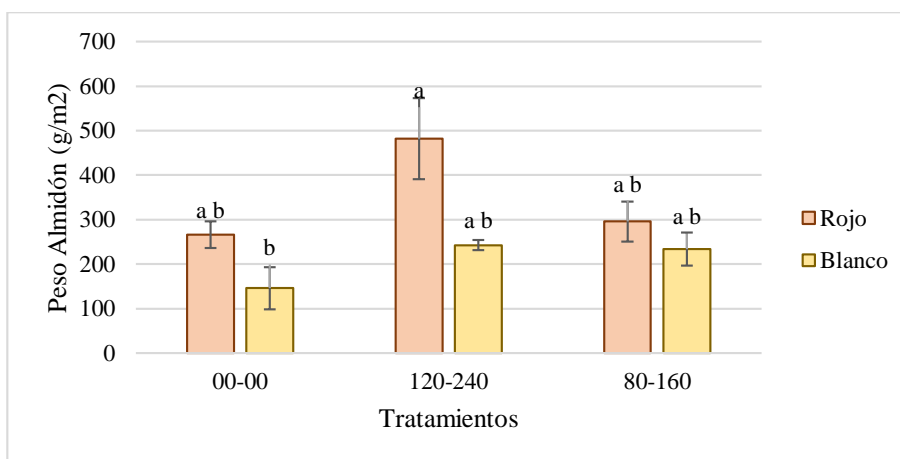


Figura 4. Peso promedio (\pm EE) del almidón (g/m²) de dos genotipos de oca tratados con diferentes niveles de N-P.

3.1.2. Capacidad de absorción (CA), poder de hinchamiento (PH) y solubilidad (S) del almidón.

Se evidenció el aumento gradual de CA ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:6 y $F=14,86$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:6 y $F=20,93$), PH ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:6 y $F=57,94$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:6 y $F=25,25$) y S ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:6 y $F=32,96$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:6 y $F=14,18$) del almidón con relación a la temperatura y la influencia de los diferentes niveles de fertilización (Figuras 5-10); cabe destacar que en algunos casos a temperaturas entre 80 y 90°C no se presenta separación de fases por lo cual no es cuantificable este fenómeno, así también lo reporta **Valcárcel et al. (2013)**.

El almidón del genotipo rojo presenta su mayor CA (28,29 g/g) a temperatura de 70°C con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor CA (20,86 g/g) se reporta sin la aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 26,26%, los valores intermedios (21,75 y 27,89 g/g) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a temperaturas de 60 y 70°C, respectivamente.

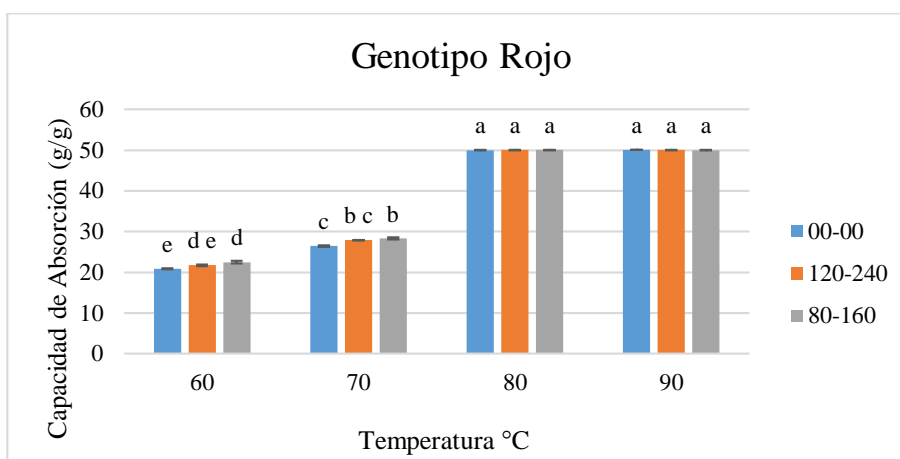


Figura 5. Capacidad de absorción promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

El almidón del genotipo blanco presenta su mayor CA (37,51 g/g) a temperatura de 80°C con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor CA (16,91 g/g) se reporta sin aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 54,91%, los valores intermedios (17,06 y 33,49 g/g) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a temperaturas de 60 y 80°C, respectivamente.

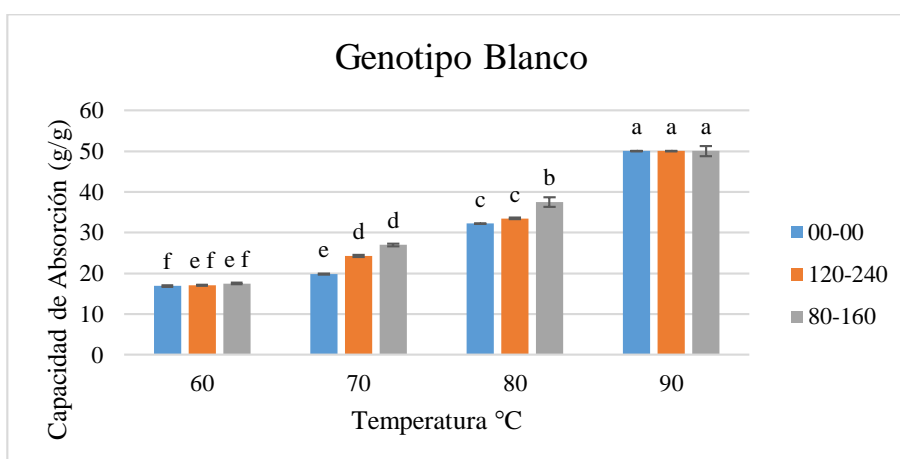


Figura 6. Capacidad de absorción promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

El almidón del genotipo rojo presenta su mayor PH (44,20 g/g) a temperatura de 70°C con aplicación N-P 80-160, mientras que el menor PH (26,52 g/g) se reporta sin aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 40%, los valores intermedios (28,92 y 40,23 g/g) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a temperaturas de 60°C y 70°C, respectivamente.

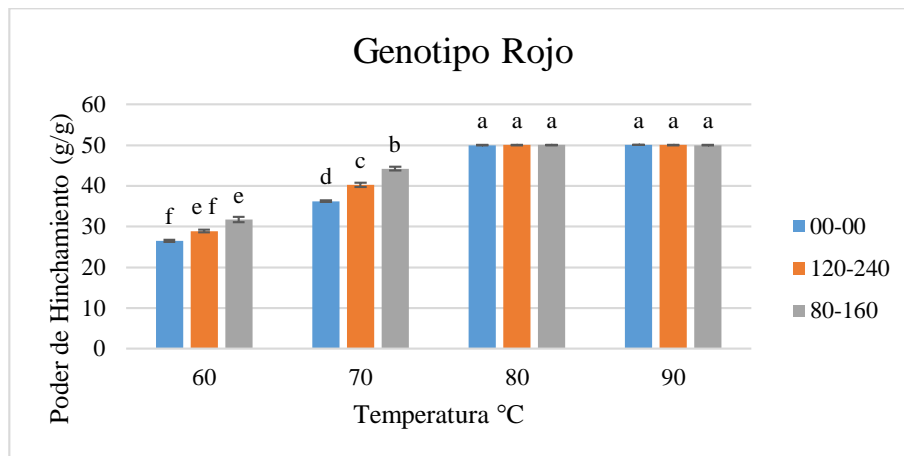


Figura 7. Poder de hinchamiento promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

El almidón del genotipo blanco presenta su mayor PH (58,56 g/g) a temperatura de 80°C con aplicación N-P 80-160, mientras que el menor PH (20,61 g/g) se reporta sin aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 64,80%, los valores intermedios (21,34 y 49,16 g/g) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a las temperaturas de 60°C y 90°C, respectivamente.

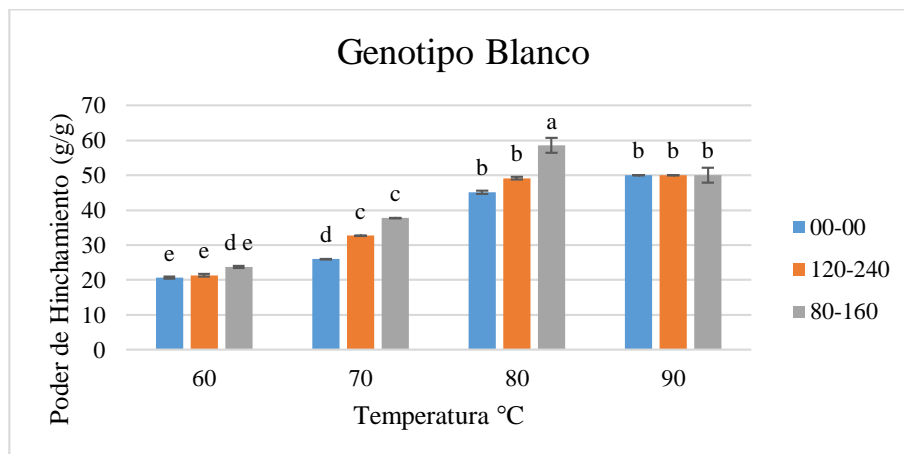


Figura 8. Poder de hinchamiento promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

El almidón del genotipo rojo presenta su mayor S (36%) a temperatura de 70°C con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor S (21,33%) se reporta sin aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 40,75%, los valores intermedios (24,80 y 30,67%) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a las temperaturas de 60 y 70°C, respectivamente.

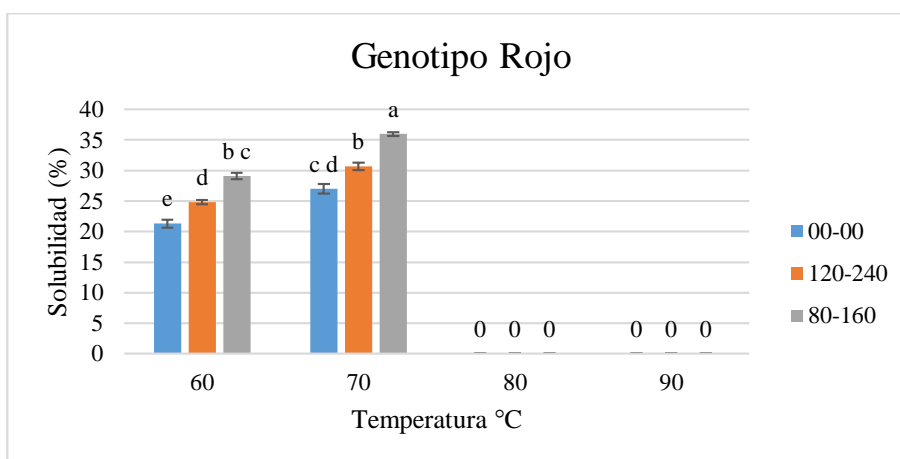


Figura 9. Solubilidad promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

El almidón del genotipo blanco presenta su mayor S (35,93%) a temperatura de 80°C con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor S (17,93%) se reporta sin aplicación de fertilizantes a temperatura de 60°C observando así una disminución del 50,09%, los valores intermedios (20,07 y 31,87%) fueron reportados con aplicación N-P 120-240 a temperaturas de 60 y 80°C, respectivamente.

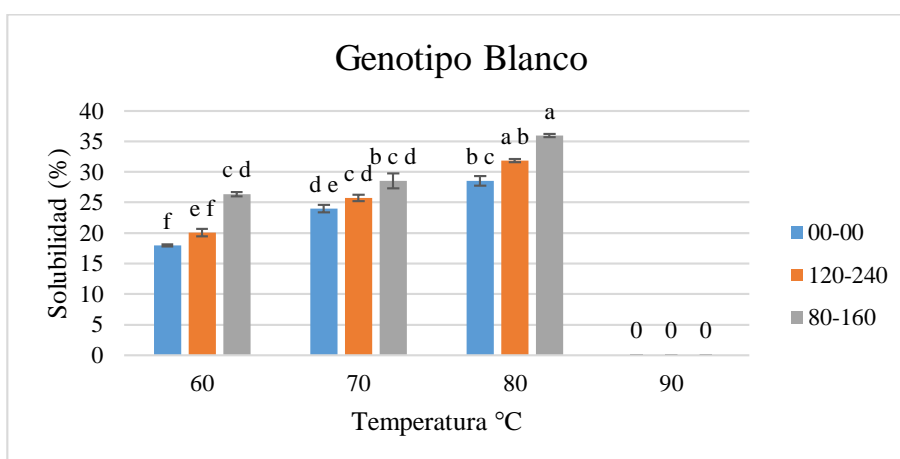


Figura 10. Solubilidad promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

3.1.3. Turbidez (T) y claridad (C) en las pastas de almidón.

Se corroboró el efecto tanto del nivel de fertilización como del tiempo-temperatura de almacenamiento sobre la turbidez ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; $gl:4$ y $F=4961,68$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; $gl:8$ y $F=35,26$) y claridad ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; $gl:8$ y $F=59,06$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; $gl:8$ y $F=27,18$) de las pastas (Figuras 11-14). La mejor T del almidón del genotipo rojo fue obtenida a 0 (0,09) y 96 horas (1,83) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (2,03) se obtuvo a las 96 horas sin aplicación de fertilizantes observando un aumento del 95,56%, los valores intermedios (0,11 y 1,89) se generaron entre las 0 y 96 horas con aplicación N-P 120-240.

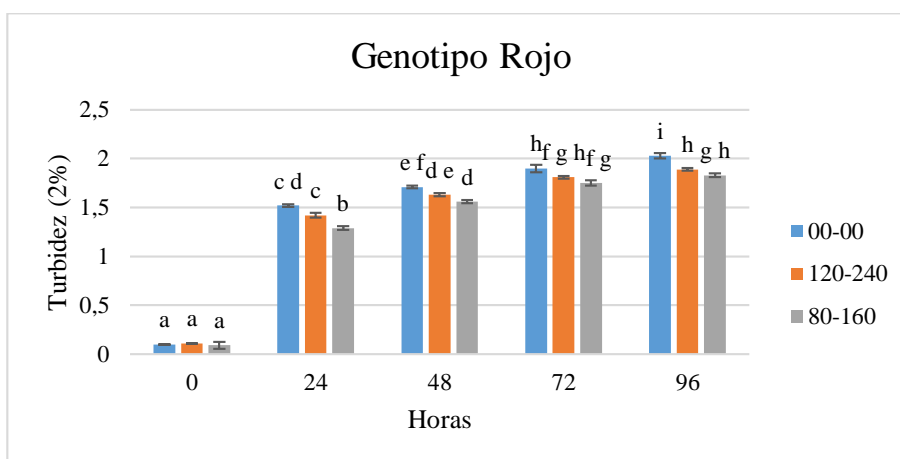


Figura 11. Turbidez promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor T del almidón del genotipo blanco fue obtenida a 0 (0,12) y 96 horas (1,82) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (2,04) se obtuvo a las 96 horas sin aplicación de fertilizantes observando un aumento del 94,11%, los valores intermedios (0,15 y 1,95) se generaron entre las 0 y 96 horas con aplicación N-P 120-240.

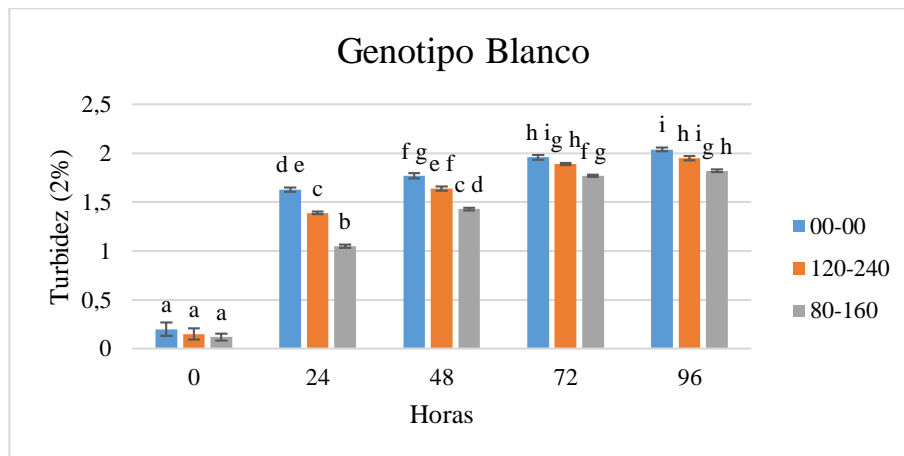


Figura 12. Turbidez promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

La mayor C del almidón del genotipo rojo fue obtenida a 0 (68,14%) y 96 horas (27,86%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor (24,51%) se obtuvo sin aplicación de fertilizantes a las 96 horas observando una disminución del 64,02%, los valores intermedios (61,48 y 25,03%) se generaron entre las 0 y 96 horas con aplicación N-P 120-240.

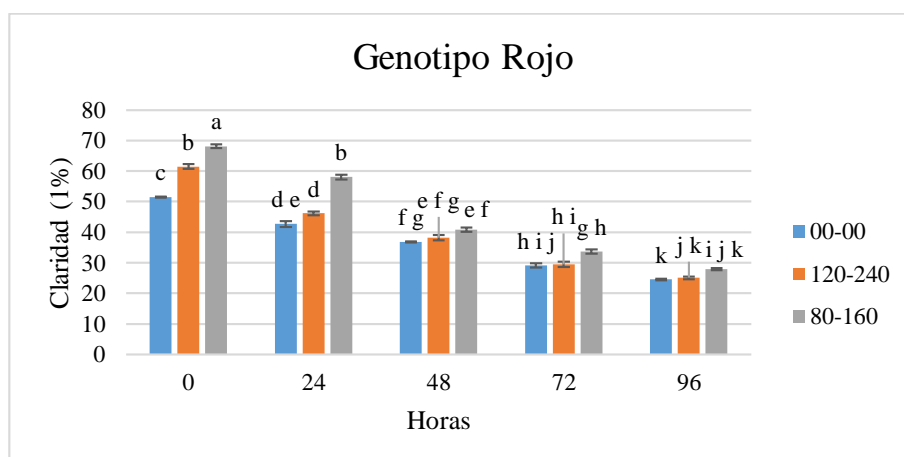


Figura 13. Claridad promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

La mayor C del almidón del genotipo blanco fue obtenida a 0 (51,04%) y 96 horas (18,99%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la menor (8,05%) se obtuvo sin aplicación de fertilizantes a las 96 horas observando una disminución del 84,22%, los valores intermedios (43,7 y 15,42%) se generaron entre las 0 y 96 horas con aplicación N-P 120-240.

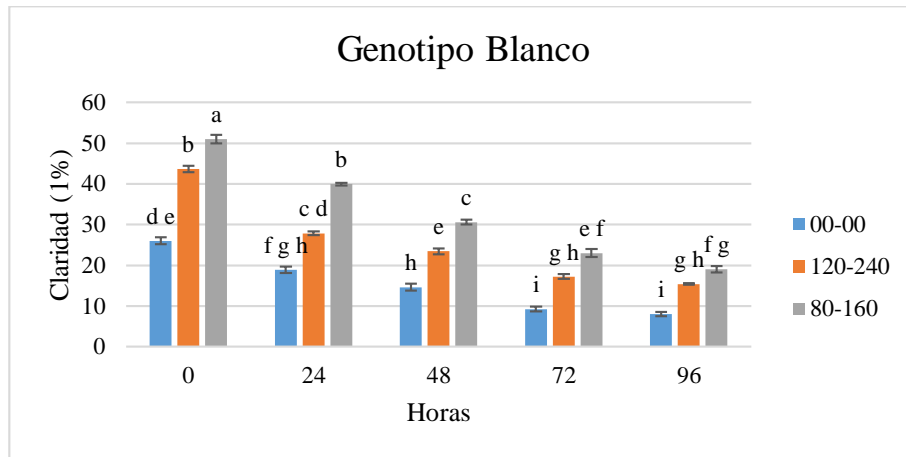


Figura 14. Claridad promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

3.1.4. Estabilidad a congelación y refrigeración de las pastas de almidón.

Se verificó el efecto tanto del nivel de fertilización como del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad a temperatura ambiente ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:8 y $F=67,58$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:8 y $F=104,64$), de refrigeración ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:8 y $F=42,22$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:8 y $F=40,71$) y congelación ($p_{\text{gen1}} < 0,0000$; gl:8 y $F=26,72$; $p_{\text{gen2}} < 0,0000$; gl:8 y $F=46,21$) de las pastas (Figuras 15-20). La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo rojo a 17°C fue obtenida al 1er día (1,27%) sin aplicación de fertilizantes y al 5to día (14,17%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (19,12%) se obtuvo al 5to día con aplicación N-P 120-240 observando un aumento del 93,35%, los valores intermedios (1,79 y 15,19%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 80-160 y sin aplicación, respectivamente.

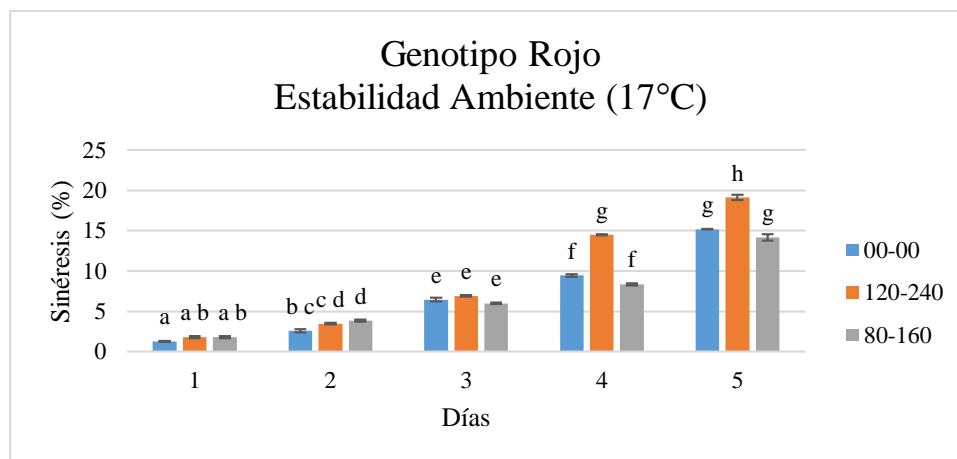


Figura 15. Estabilidad a temperatura ambiente promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo rojo a 4°C fue obtenida al 1er día (2,58%) sin aplicación de fertilizantes y al 5to día (17,08%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (27,20%) se obtuvo al 5to día sin aplicación observando un aumento del 90,51%, los valores intermedios (3,14 y 24,39%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 80-160 y N-P 120-240, respectivamente.

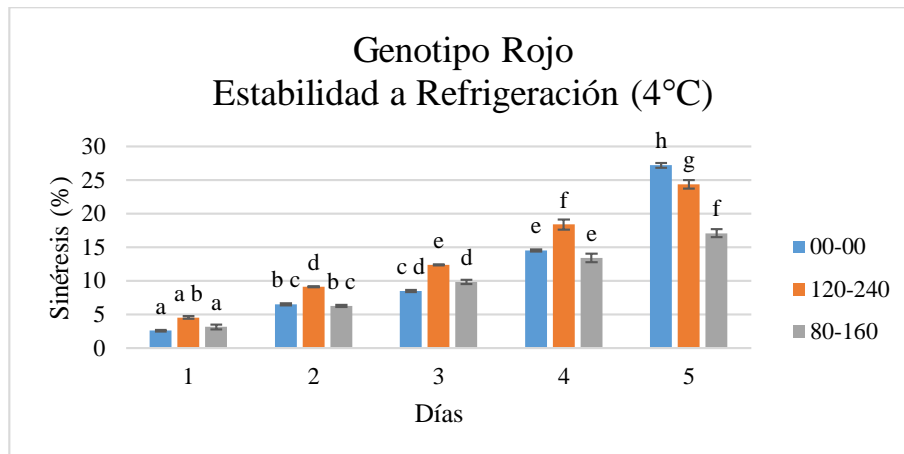


Figura 16. Estabilidad a temperatura de refrigeración promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo rojo a -8°C fue obtenida al 1er día (56,42%) sin aplicación de fertilizantes y al 5to día (63,03%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (71,75%) se obtuvo al 5to día con aplicación N-P 120-240 observando un aumento del 21,36%, los valores intermedios (57,5 y 65,75%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 80-160 y sin aplicación, respectivamente.

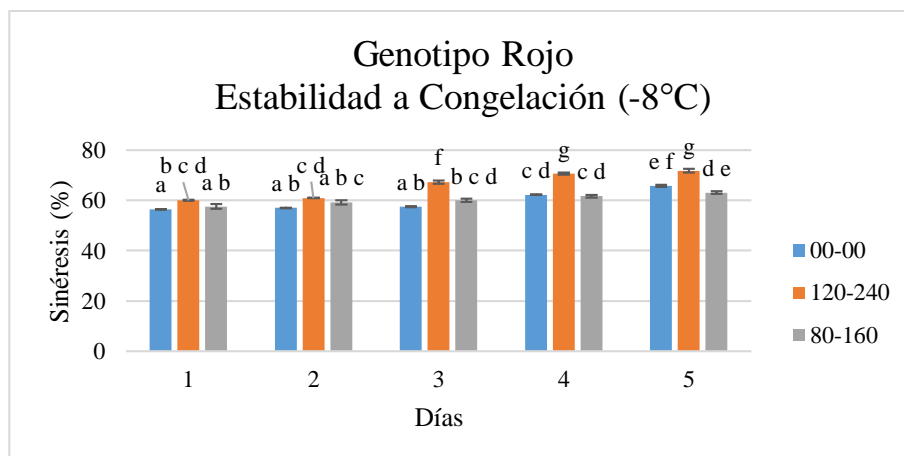


Figura 17. Estabilidad a temperatura de congelación promedio (\pm EE) del almidón de oca roja tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo blanco a 17°C fue obtenida al 1er (0,73%) y al 5to día (9,03%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (13,78%) se obtuvo al 5to día sin aplicación observando un aumento 94,70%, los valores intermedios (0,84 y 11,65%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 120-240.

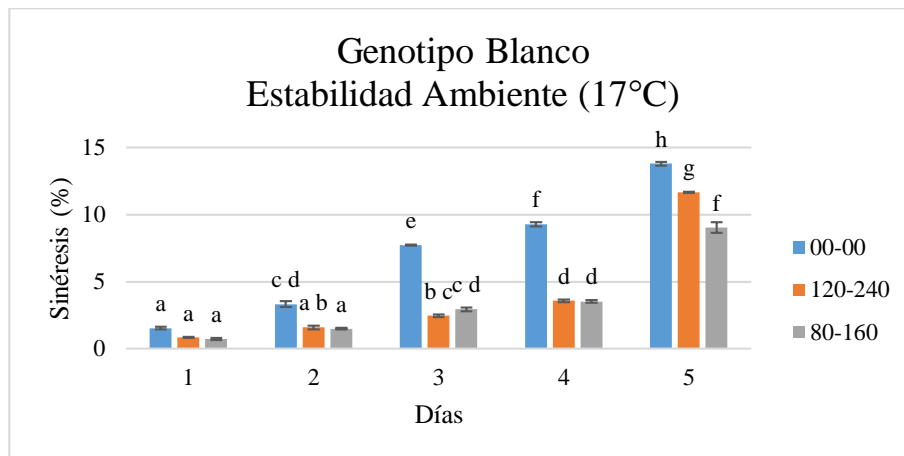


Figura 18. Estabilidad a temperatura ambiente promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo blanco a 4°C fue obtenida al 1er (0,74%) y al 5to día (11,52%) con aplicación N-P 80-160, mientras que la deficiente (16,58%) se obtuvo al 5to día sin aplicación observando un aumento 95,53%, los valores intermedios (1,56 y 13,99%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 120-240.

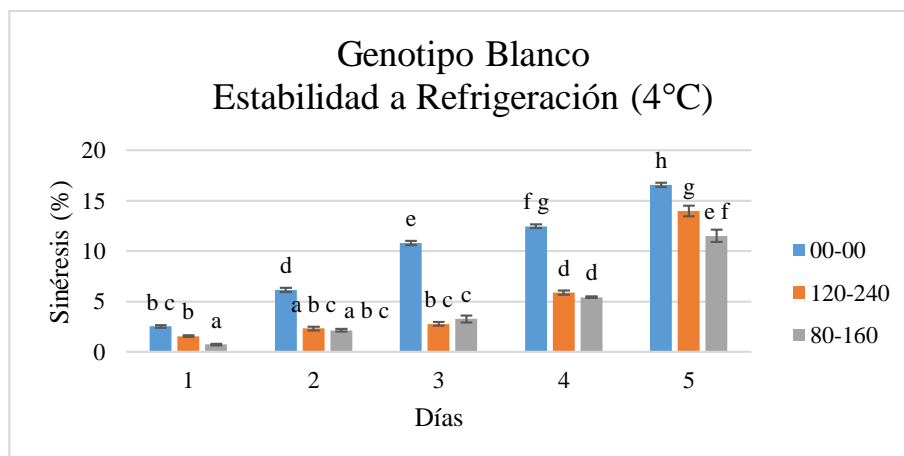


Figura 19. Estabilidad a temperatura de refrigeración promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

La mejor estabilidad de pasta del almidón del genotipo blanco a -8°C fue obtenida al 1er (36,95%) y al 5to día (50,64%) con aplicación N-P 120-240, mientras que la deficiente (61,73%) se obtuvo al 5to día con aplicación N-P 80-160 observando un aumento 40,14%, los valores intermedios (37,46 y 54,14%) se generaron entre el 1er y 5to día con aplicación N-P 80-160 y sin aplicación, respectivamente.

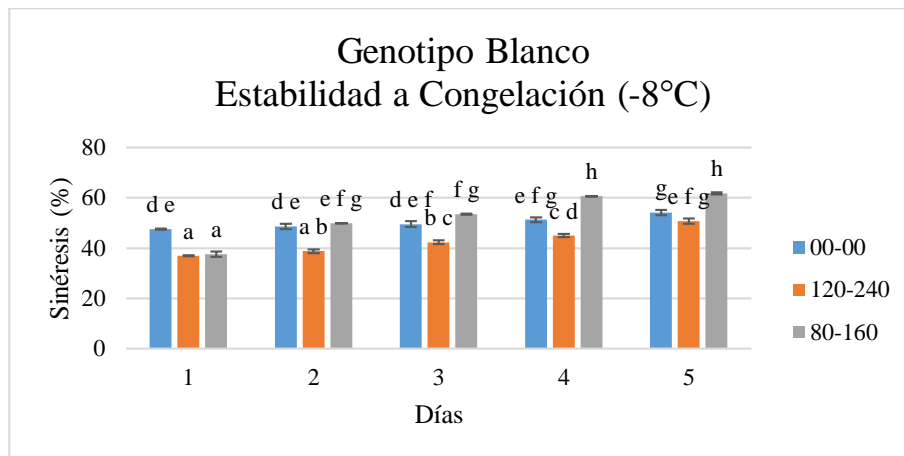


Figura 20. Estabilidad a temperatura de congelación promedio (\pm EE) del almidón de oca blanca tratada con diferentes niveles de N-P.

3.1.5. Análisis proximal

A través de un análisis proximal del almidón de cada genotipo de oca (**Tabla 4 y 5**) se puede evidenciar que el contenido de amilosa del genotipo blanco 21,4-25,4% es mayor al del genotipo rojo 17,7-21,9%, la presencia de amilopectina del genotipo rojo 78,02-82,30% es superior al genotipo blanco 74,60-78,60% y el fósforo almacenado en el genotipo rojo 0,17-0,19% es inferior al genotipo blanco 0,20%; además, se calculó el porcentaje de pureza con la fórmula propuesta por **Torre et al. (2007)** detallada a continuación; los resultados de pureza difieren de 85,91% a 99,28% en el genotipo rojo y de 98,5% a 98,8% en el genotipo blanco.

La pureza se obtiene a través de la fórmula:

$$Pureza = 100 - (Fibra + Proteina + Cenizas + Lipidos)$$

Tabla 4. Análisis proximal del almidón del Genotipo Rojo

Dosis N-P	00-00	120-240	80-160
Fibra (%)	0,11	0,10	2,51
Proteína (%)	0,30	1,03	7,42
Humedad (%)	4,44	13,81	7,43
Cenizas (%)	0,18	0,15	4,04
Amilosa (%)	17,71	21,98	20,56
Amilopectina (%)	82,30	78,02	79,45
Fosforo (%)	0,19	0,17	0,19
Lípidos (%)	0,14	0,63	0,14
Pureza (%)	99,28	98,10	85,91

Tabla 5. Análisis proximal del almidón del Genotipo Blanco

Dosis N-P	00-00	120-240	80-160
Fibra (%)	0,1	0,1	0,1
Proteína (%)	1,2	0,9	0,6
Humedad (%)	4,4	7,3	5,1
Cenizas (%)	0,1	0,1	0,5
Amilosa (%)	22,3	21,4	25,4
Amilopectina (%)	77,7	78,6	74,6
Fosforo (%)	0,2	0,2	0,2
Lípidos (%)	0,1	0,1	0,1
Pureza (%)	98,5	98,9	98,8

3.2. Discusión de los resultados

3.2.1. Rendimiento de tubérculos (kg/m^2), tubérculos por categoría (I, II y III) y almidón (g/m^2).

En general, los dos genotipos de oca respondieron positivamente a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfatado en cuanto a rendimiento de tubérculos y almidón, los cuales presentaron un mayor rendimiento de estos dentro de la clase I. Los rendimientos alcanzados en cuanto a tubérculos son superiores a los reportados por **Valdivia et al. (1999)** quien alcanzó $2,3 \text{ kg/m}^2$ suministrando N-P-K 80-160-80, **Valdivia (1996)** $2,2 \text{ kg/m}^2$ con aplicación N-P-K 80-160-60 y **Sánchez (1970)** 1 kg/m^2 en base a fertilización N-P-K 00-100-200. Esto se presume a la influencia directa de la interacción nitrógeno-fósforo en la translocación del almidón (**Dede 1997; Gómez 1999**) y llenado de tubérculos (**Burgos y Cenóz 2012**) lo cual incrementa el rendimiento por unidad de área además de mejorar notablemente su calidad (**Williams y Maier 2001**).

3.2.2. Capacidad de absorción (CA), poder de hinchamiento (PH) y solubilidad (S)

La aplicación N-P 80-160 en el cultivar de oca genotipo rojo y blanco presentó los valores más altos de CA, PH y S. Estos resultados mostraron una tendencia directa entre las propiedades funcionales y la temperatura que oscilan en un rango de $60\text{-}90^\circ\text{C}$, los cuales concuerdan con lo expuesto por **Rondán y Finardi (2009)** quienes mencionan que la CA, PH y S incrementa en función de la temperatura.

La gelatinización del almidón comenzó a los 60°C ; con una temperatura máxima de 70 y 80°C y una ausencia de pasta a 80 y 90°C en almidón de oca roja y a 90°C en almidón de oca blanca. El estudio de **Valcárcel et al. (2013)** expone que a temperatura de 90°C la PH y S no existe separación de fases en oca, lo cual concuerda con el presente estudio. El genotipo blanco alcanzó los mejores resultados de CA, PH y S a los 80°C , mientras que el genotipo rojo a los 70°C . Los resultados obtenidos, son inferiores a los reportados por **Valcárcel et al. (2013)** con 53 y 70 g/g (CA), $122,50$ y

250 g/g (PH), 65 y 77,50% (S) a temperaturas de 70 y 80°C en la misma especie vegetal. En otros tubérculos, **Rondán y Finardi (2009)** exhiben valores similares 32,50 y 39 g/g en CA, 42,50 y 80 g/g en PH, 22,50 y 50% de S a temperaturas de 70 y 80°C en "Maca" (*Lepidium meyenii*). Este comportamiento podría deberse a que en los gránulos de almidón existe interacción de la temperatura con el alto contenido de amilosa (**Badui 2001**) generando la perturbación del comportamiento inter e intramolecular y el debilitamiento de las fuerzas asociativas entre los polímeros amilosa-amilopectina a través de la repulsión iónica (**Riley et al. 2006**). Los altos contenidos de amilosa observados en los genotipos rojo y blanco podrían explicar el incremento de CA, PH y S del gránulo (**Garnica et al. 2010; Sasaki y Matsuki 1998; Wang y Seib 1996; Cheng et al. 1996; Teste y Morrison 1990**).

3.2.3. Turbidez (T) y claridad (C) de las pastas de almidón

La mejor T y C en los geles del genotipo rojo y blanco se alcanzó con la aplicación N-P 80-160. Durante el almacenamiento a 4°C y el transcurso de 0 a 96 horas los valores de T incrementaron mientras que los de C disminuyeron progresivamente como respuesta a la reorganización de las moléculas de amilosa. Esto concuerda con lo expuesto por **Jacobson et al. (1997)** quienes mencionan que la temperatura influye en la disposición de la molécula de amilosa (retrogradación) generando una relación inversamente proporcional entre T y C (**Miles et al. 1985b**).

El genotipo rojo presenta valores inferiores en T y superiores en C comparado al genotipo blanco con T superior y C inferior; todos estos valores son superiores en T, pero inferiores en C a los reportados por **Valcárcel et al. (2013)** con 0,04; 0,08 en T y 91,20%; 83,17% en C a 0 y 96 horas en la misma especie vegetal. En otros tubérculos, **Rondán y Finardi (2009)** presentan valores superiores de T (0,51; 0,57) e inferiores en C (30,90%; 26,91%) a 0 y 96 horas en "Maca" (*L. meyenii*). La interacción de la temperatura y el contenido de amilosa y fósforo del gránulo de almidón acelera la gelificación de las moléculas de amilosa y la recristalización de las moléculas de amilopectina durante el proceso de retrogradación (**Singh et al. 2003; Jane et al. 1999; Erlingen y Delcour 1995; Craig et al. 1989; Orford et al. 1987; Ring et al. 1987; Miles et al. 1985b; Banks y Greenwood 1975**). El genotipo blanco al tener el

contenido más alto de amilosa y fósforo presenta los mejores valores en T y C generando geles claros, este resultado concuerda con lo expuesto por **Sánchez y Aristizábal (2007); Hoover (2002); Zobel (1988); Miles et al. (1985); Schoch (1942)** quienes mencionan que un alto contenido de amilosa y fósforo del gránulo de almidón influye en la velocidad de retrogradación generando geles opacos (C<40%) o claros (C>40%).

3.2.4. Estabilidad a congelación y refrigeración de las pastas de almidón

En base a la aplicación N-P 80-160 se lograron los mejores resultados de estabilidad a temperatura ambiente, seguidos de la temperatura a refrigeración y congelación en las pastas del almidón de ambos genotipos presentando incrementos graduales en la expulsión de agua (sinéresis) por variación de temperatura y tiempo de almacenamiento (**Hernández et al. 2008; Morris 1990**).

Durante el 1er y 5to día las pastas del genotipo blanco son más estables a temperatura ambiente y refrigeración en comparación al genotipo rojo quien presentó pasta inestable a las mismas temperaturas. Los valores de sinéresis obtenidos a temperatura de refrigeración son inferiores a los reportados por **Valcárcel et al. (2013)** quienes alcanzan 55 y 70% al 1er y 5to día en la misma especie vegetal. En otros tubérculos, **Hernández et al. (2008)** exhibe valores inferiores en congelación 5,80 y 11% al 1er y 5to día en la especie vegetal "Makal" (*Xanthosoma yucatanensis*). El cambio de textura y viscosidad debido a la retrogradación del polímero amilosa influye sobre la expulsión, exudación o desligamiento del agua contenida molecularmente (**Hernández et al. 2008; Zhongkai et al. 2007; Hoover 2002; Case et al. 1998; Hwang y Kokini 1992**). El alto contenido de amilosa y fósforo presente en el genotipo de oca blanca confiere más estabilidad al descongelamiento, puesto que un mayor contenido de amilosa y fósforo influyen directamente en la textura y viscosidad de las pastas durante el proceso de congelación y descongelación (**Lu et al. 2009**).

3.3. Verificación de la hipótesis

Se corrobora la hipótesis planteada puesto que el suministro de Nitrógeno y Fósforo en el cultivar de Oca (*O. tuberosa*) mejoró notablemente las propiedades funcionales del almidón proveniente de los genotipos Rojo y Blanco.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Bajo las condiciones de experimentación se puede concluir que:

- La dosis N-P 120-240 kg/ha proporcionó mayor rendimiento de almidón por metro cuadrado puesto que el nitrógeno y fósforo suministrados poseen relación directa con el incremento de masa, materia seca y calidad de los tubérculos, sin embargo, la dosis N-P 80-160 kg/ha permite alcanzar los mejores resultados en cuanto a las propiedades funcionales del almidón.
- El almidón del genotipo blanco exhibió los mejores valores de CA, PH y S a temperatura de 80°C, mientras que el genotipo rojo evidencia su mejor CA, PH y S a temperatura de 70°C, dominados por su alto contenido de amilosa.
- Los geles del genotipo rojo reportan valores bajos de turbidez y altos de claridad mientras que los geles del genotipo blanco presentan alta turbidez y baja claridad entre las 0 y 96 horas. Además, las pastas del genotipo blanco son más estables a temperatura ambiente y refrigeración que el genotipo rojo entre el 1er y 5to día, influenciados por su alto contenido de amilosa y fósforo.

4.2. Recomendación

- Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, el almidón no convencional de los dos genotipos de oca (*O. tuberosa*) presenta propiedades funcionales que sugieren su inclusión como ingrediente espesante, estabilizador o gelificante en procesos de industrialización alimenticia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, Y. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad De Ciencias. Departamento de Química Agrícola. Madrid, España. 245.
- Alarcón, F; Dufour, D. 2002. Almidón agrio de yuca en Colombia Tomo 1: Producción y recomendaciones N.268. ISBN 958-9439-67-5 CIAT. Cali, Colombia. 9-19.
- Alcívar, F. 2013. Propuesta de Una Guía Culinaria Basada en el Uso de Tubérculos Producidos en el Ecuador. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Carrera de Licenciatura en Gastronomía. Guayaquil, Ecuador. 176.
- Alexander, AG. 1973. Sugarcane Physiology. A Comprehensive Study of the *Saccharum* Source – to Sink System. Amsterdam, Elsevier. Publ. Co. 752.
- Allcca, M. 2017. Influencia de la Concentración de Sacarosa y Temperatura en la Deshidratación Osmótica de la Oca (*Oxalis tuberosa*). Universidad Nacional José María Arguedas. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Andahuaylas, Perú. 83.
- Amani, N; Kamenan, A; Rolland-Sabaté, A; Colonna, P. 2005. Stability of yam starch gels during processing. Afr. J. Biotechnol. 4: 94-101p.
- Amores, M. 2016. Evaluación del comportamiento reológico de un postre lácteo a base de harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y gelatina dispersos en lactosuero dulce. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. 78.
- Anderson, DL; Bowen, J.E. 1994. Nutrición de la Caña de Azúcar. Quito, Ecuador. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). 40.
- Andreis, HJ. 1975. Macro and Micro Nutrient Content of Millable Florida Sugar Cane. Sugar Journal, 37(8): 10-12.
- Añez, B; Espinoza, W. 2004. Producción de Papa en Respuesta a la Fertilización Química y Orgánica. Agricultura Andina, 9, 42–64.

- Araujo, C; Rincón, A; Padilla, F. 2004. Characterisation of *Dioscorea bulbifera* native starch. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54(2): 241-245.
- Arbizu, C; Tapia, M. 1992. Tubérculos andinos. En: Cultivos marginados: Otra perspectiva de 1492. FAO; Jardín Botánico de Córdoba. 147-161.
- Aristizábal, J; Sánchez, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín De Servicios Agrícolas De La FAO 163 Capítulo 8 – Análisis físico-químico del almidón. FAO, Roma. 73.
- Badui, S. 2001. Química de los alimentos. 1Ed. Pearson Education, México, pp. 730.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos 4Ed. Pearson Educación. México. 81, 83.
- Ball, S; Morell, M. 2003. From bacterial glycogen to starch: understanding the biogenesis of the plant starch granule. Ann. Rev. Plant Biol. 54:207-33.
- Banks, W; Greenwood, CT. 1975. Starch and its components. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.
- Becerra, M. 1995. Evaluación agronómica y contaje cromosómico del germoplasma de Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) de la Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 130.
- Becerra-Sanabria, L; Navia-de Mosquera, S; Ñustez-López, C. 2007. Efecto de niveles de fosforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar “Criolla Guaneña” en el departamento de Nariño. Revista de La Asociación Latinoamericana de La Papa 14(1): 51–60.
- Bello-Pérez, L; Contreras, S; Romero, R; Solorza, J; Jiménez, A. 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* L. var. Macho). Agrociencia, 36: 169-180.
- Beringer, H. 1982. O Potássio na Produção Das Culturas. In: Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Londrina, Brasil, 1982. Anais. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa; Fundação IAPAR. 163-175.

- Bernabé, Y; Cancho, F. 2017. Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. 152.
- Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157.
- Betancur-Ancona, D. 2001. Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch/Stärke* 53(5): 219-226.
- Bio Rem. 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Santa Rosa. Ambato, Ecuador. 152.
- Blevins, DG. 1985. Role of Potassium in Protein Metabolism in Plants. In: Symposium International of Potassium in Agriculture. Atlanta, Georgia, EUA, 1985. Proceeding. Wisconsin-USA. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 413-424.
- Burgos, ÁM; Cenóz, PJ. 2012. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(1): 144–152.
- Cadima, X; García, W. 2003. Conservación y Producción de la Papalisa (*Ullucus tuberosus*) Documento de trabajo N°. 23. Fundación PROINPA. Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (RTAs), Proyecto Papa Andina. Cochabamba, Bolivia. 84.
- Cadima, X. 2006. Tubérculos. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*. Cochabamba, Bolivia. 347–369.
- Caiza, C. 2010. Elaboración y Valoración Nutricional de tres Productos Alternativos a Base de Oca (*Oxalis tuberosa*) para Escolares del Proyecto Runa Kawsay. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 1–133.

- Cajamarca, E. 2010. Evaluación Nutricional de la Oca (*Oxalis tuberosa* sara-oca) Fresca, Endulzada y Deshidrata en Secador de Bandejas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador. 127 p.
- Cajo, A. 2016. Producción Hidropónica de Tres Variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L), Bajo el Sistema NFT, con Tres Soluciones Nutritivas. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Ecuador. 102 p.
- Calva, C. 2016. Caracterización Etnobotánica de Tres Especies Andinas: Melloco (*Ullucus tuberosus*), Oca (*Oxalis tuberosa*) y Mashua (*Tropaeolaceae tuberosum*), domesticadas en el Cantón Saraguro. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja, Ecuador. 100.
- Cárdenas, M. 1989. Manual de Plantas Económicas de Bolivia. 2º ed.: Los Amigos del libro, La Paz, Bolivia. 333.
- Carrera, J. 2013. Elaboración, Caracterización y Propuesta de la Compota de Oca (*Oxalis tuberosa*), Como Alternativa Complementaria en la Alimentación de Adultos Mayores. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil, Ecuador. 88.
- Case, SE; Capitani, T; Whaley, JK; Shi, Y. 1998. Physical properties and gelation behavior of a low- amylopectin maize starch and other high-amylose maize starches. Journal of Cereal Science 27: 301–314.
- Chamorro, K. 2017. Evaluación del rendimiento del cultivo de la Mashua (*Tropaeolium tuberosum*) a tres dosis de fertilizantes edáficos y tres bioestimulantes. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carchi, Ecuador. 50.
- Chase, M; Reveal, J. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161: 122-127.

- Chaves SMA; Salazar, J. 1989. El uso de las concentraciones de N y K en la sección 8-10 del tallo, como criterio para determinar el estado de madurez de la caña de azúcar. In: Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica, 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Julio. Volumen 1. 59-61.
- Cheftel, C. 1989. Proteínas alimentarias. Propiedades funcionales. Vol. 1. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- Cheng, Y; Tsai, M; Tseng, K. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry* 73(4): 415-420.
- Chojcecki, AJS; Gale, MD; Bayliss, MW. 1986. El número y el tamaño clases de gránulos de almidón en el endospermo de trigo y su asociación con peso de grano. *Anales de la Botánica*, 58: 819–831.
- Cortes, H. 1981. Alcances de la investigación en tubérculos andinos. Oca, olluco y maswa o isaño. En: Curso sobre manejo de la producción agraria en laderas. Ministerio de Agricultura/IICA, Serie resultados y recomendaciones de eventos técnicos N° 235. Huaraz, Perú.
- Craig, SAS; Maningat, CC; Seib, PA; Hosney, RC. 1989. Starch paste clarity. *Cereal Chemistry* 66: 173–182.
- Dede, O. 1997. Effect of different forms and rates of nitrogen fertilizers on some agronomic and technologic characters of potato (*Solanum tuberosum* L.) in var. (Ercis) ecological conditions. Var (Turkey). *Yuzuncu. Yil University*. 90.
- Delpeuch, F; Favier, J. 1980. Caractéristiques des amidons de plantas alimentaires tropicales: action de l'alpha – amylase, gonflement et solubilité. *Annales de Technologie Agricole* 29(1): 53-67.
- Echeverría, HE; Bergonzi, R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* 135. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce. 15.

- Echeverría, HE; Ferrari, J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Boletín Técnico 112. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce. 18.
- Eerlingen, RC; Delcour, JA. 1995. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. Journal of Cereal Science 22(2): 129-138.
- Eliasson, AC; Kim, HR. 1992. Changes in Rheological Properties of Hydroxypropyl Potato Starch Pastes During Freeze-Thaw Treatments I. a Rheological Approach for Evaluation of Freeze-Thaw Stability. Journal of Texture Studies 23(3): 279–295.
- Fassbender, HW. 1969. Estudio de Fósforo en Suelos de América Central. IV. Capacidad de Fijación de Fósforo y su Relación con Características Edáficas. Turrialba 19(4): 497-505.
- Ferreira, R. 1986. Flora del Perú Dicotiledóneas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Flores, D. 2011. Recopilación de Saberes Ancestrales Sobre las especies Andinas Alimenticias: Mashua (*Tropaelum tuberosum*), Melloco (*Ullucus tuberosus*), Oca (*Oxalis tuberosa*), y Quinoa (*Chenopodium quinoa*), en la comunidad de Pesillo, Cayambe-Ecuador. 1 –24.
- Forero, A; Esperanza, S; Gambasica, P; Virgilio, N.; Pérez, I. 2012. Sistema de producción de tubérculos andinos en Boyacá, Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia. 9(69): 257–273.
- Garnica, A; Prieto, L; Rocío, A; Cerón, M. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de alimentos. Alimentos Hoy 19(21): 125-129.
- Garnica, A; Romero, A; Cerón, M; Prieto, L. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum*

- tuberosum* L. subespecie *andigena*) para la industria de alimentos. Revista Alimentos Hoy 19(21): 3–15.
- Gidley, M. 1987. Factors affecting the crystalline type (A-C) of native starches and model compounds: a rationalization of observed effects in terms of polymorphic structures. Carbohydrate Research 161: 301-304.
- Giletto, C; Monti, M; Ceroli, P; Echeverría, H. 2013. Efecto de la Fertilización con Nitrógeno Sobre la Calidad de Tubérculos de Papa (Var. Innovator) En el Sudeste Bonaerense. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 14(2), 217–222.
- Gómez, O. 1999. Conceptos básicos de fertilidad de suelos e interpretación de análisis. [En línea] [Consultado 12 de octubre 2001] disponible en: <http://www.Infoagro.go./tecnología/papalanálisis-papa.htm>, 1999.
- Gonzales, S; Terrazas, F; Almanza, J; Condori, P. 2003. Producción de oca (*Oxalis tuberosa*) papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isano (*Tropaeolum tuberosum*): Importancia, zonas productoras, manejo y limitaciones. Documento de trabajo N°. 20. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 46.
- Gualacata, N. 2015. Evaluación de la Producción de Cuatro Líneas Promisorias de Oca (*Oxalis tuberosa*) en Aprovechamiento de Diferentes Niveles de Abonadura Orgánica en el Sector La Esperanza, Provincia Imbabura, Universidad Técnica De Babahoyo. Facultad en Ciencias. Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agronómica. Carchi, Ecuador. 82.
- Gujaska, E; Reinhard, D; Khan, K. 1994. Physicochemical properties of field Pea, Pinto and Navy Bean Starches. Journal of Food Science 59 (3): 634-636.
- Gunaratne, A; Hoover, R. 2002. Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. Carbohydrate Polymers 49(4): 425-437.
- Heber, U; Heldt, H. 1981. The chloroplast envelope: structure, function and role in leaf metabolism. Annual Review of Plant Physiology 32: 139-168.

- Hermosa, G. 2013. Caracterización de Almidones de dos Tubérculos Andinos: Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y Oca (*Oxalis tuberosa* Mol). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Puno, Perú. 106.
- Hernández, M; Chailloux, M. 2001. La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). La Nutrición Mineral y La Biofertilización. Temas de Ciencia y Tecnología 5(13): 11–27.
- Hernández-Medina, M; Torruco-Uco, JG; Chel-Guerrero, L; Betancur-Ancona, D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Food Science and Technology 28(3): 718-726.
- Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches, Carbohydrate Polymers 49(4): 425-437.
- Hoover, R; Sosulski, F. 1986. Effect of cross linking on functional properties of legume. Starches/Stärke 38: 149–155.
- Hoseney, RC. 1994. Principios de ciencia y tecnología de Cereales. Ed. Acribia, Zaragoza, 31.
- Hwang, J; Kokini, J. 1992. Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. Carbohydrate Polymers 19(1): 41-50.
- Inatsu, O; Maeda, I; Nobuko, J; Takahashi, K. 1983. Some properties of Edible Canna Starch produced in Taiwan. Journal of the Japanese Society of Starch Science 30(1): 38-47.
- INEN. 2013. Norma técnica ecuatoriana de requisitos para hortalizas frescas y melloco. NTE INEN 1831:1992. Quito, Ecuador. 8.
- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. 1976. Diagnóstico del Proyecto de Desarrollo Rural Integral para el Área de Quero, Provincia de Tungurahua. Quito. 32-37.

- Jacobson, MR; Obanni, M; Bemiller, J. N. 1997. Retrogradation of starches from different botanical sources. *Cereal Chemistry* 74: 571–578.
- Jane, J; YY. Chen; LF. Lee; AE. McPherson; KS. Wong; M. Radosavljevic; T. Kasemsuwan. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry* 76: 629–637.
- Játiva, M. 2012. Caracterización Física, Química y Nutricional de la Oca (*Oxalis tuberosa*) Cultivada en diferentes Suelos Edafológicos del Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Carrera de Ingeniería en Industrialización de Alimentos. Quito, Ecuador. 143.
- Jiménez, M; Sammán, N. 2014. Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 64(2): 131–138.
- Kant, S; Kafkafi, U. 2002. Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. *El Potasio En Sistemas Agrícolas Argentinos*, (Pergamino, Buenos Aires, Argentina), 263–280.
- Karim, A; Nadiha, M; Chen, F; Phuah, Y; Chui, Y; Fazilah, A. 2008. Pasting and retrogradation properties of alkali-treated sago (*Metroxylon sagu*) starch. *Food Hydrocolloids* 22: 1044-1053.
- Kaur, L; Singh, N; Singh, J. 2004. Factors influencing the properties of hydroxypropylated potato starches. *Carbohydrate Polymers* 55: 211-223.
- Lawal, OS. 2004. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidised, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chemistry* 87: 205-218.
- Lawal, OS; Lapasin, R; Bellich, B; Olayiwola, TO; Cesàro, A; Yoshimura, M; Nishinari, K. 2011. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids* 25: 1785-1792.

- León, G. 1968. Variabilidad morfológica de *Oxalis tuberosa* (oca) y clave de identificación del tubérculo. UNSAAC. Cusco, Perú.
- León, J. 1964. Plantas Alimenticias Andinas. IICA, Boletín Técnico, N°60. Lima-Perú.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 445.
- Lii, C; Shao, Y; Tseng, K. 1995. Gelations mechanism and rheological of rice starch. *Cereal Chemistry* 72(4): 393-400.
- Lindeboom, N, Chang, P; Tyler, R. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. *Starch-Stärke* 56(3-4): 89-99.
- Liu, H; Ramsden, L; Corke, H. 1998. Physical properties of crosslinked and acetylated normal and waxy rice starch. *Starch/Stärke* 51(7): 249-252.
- López, R. 2017. Caracterización Fisicoquímica de Almidón Procedente de Camote (*Ipomoema batatas*), Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) y Oca (*Oxalis tuberosa*). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Trujillo, Perú. 37.
- Lu, ZH; Sasaki, T; Li, YY; Yoshihashi, T. 2009. Effect of amylose content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gel. *Food Hydrocolloids* 23: 1712–1719.
- Malavolta, E; Crocomo, O. 1982. O Potássio e a Planta. In: Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Londrina, Brasil, 1982. Anais. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa; Fundação IAPAR. 95-162.
- Manobanda, A. 2017. Asociación del Cultivo de Girasol (*Helianthus annuus* L.) con Cultivos Atrayentes y su Efecto en la Entomofauna Asociada en el Sector Querochaca, Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua. 55.

- Maza, B. 2007. Diversidad de Tubérculos Andinos en el Ecuador. Herbario “Reinaldo Espinosa” Loja. Quito, Ecuador.
- Medina, H. 1994. Contaje cromosómico de la Oca (*Oxalis tuberosa* Molina.) conservada in vitro. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. 47.
- Mengel, K. 1982. Fatores e Processos Que Afetam as Necessidades de Potássio Das Plantas. In: Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Londrina, Brasil, 1982. Anais. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa; Fundação IAPAR. 195-212.
- Meza, K; Bello, L; Contreras, S; Paredes, O. 2001. Functional properties of corn, banana and potato starch blends. Acta Científica Venezolana 52: 62-67.
- Mielniczuk, J. 1982. O Potássio No Solo. 4ª ed. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA). Boletim Técnico 2, setembro. 79.
- Miles, MJ; VJ. Morris; PD. Orford; SD. Ring. 1985a. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. Carbohydrates Research 135: 271-281.
- Miles, MJ; VJ. Morris; PD. Orford; SD. Ring. 1985b. Gelation of amylose. Carbohydrates Research 135: 257-269.
- Molina, E. 2002. Fuentes de fertilizantes foliares. Seminario de Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliares en colaboración con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. 26–35.
- Morris, VJ. 1990. Starch gelation and retrogradation. Trends in Food Science and Technology 1: 2–6.
- Morrison, W; Karkalas, J. 1990. Starch. In P. Dey y J. Harbome (eds). Methods in Plant Biochemistry. New York, USA, Academic Press, p. 323-353.
- National Research Council. 1989. The lost crops of the incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington, D.C. 13.

- Novelo, CL; Betancur, AD. 2005. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *Starch/Stärke* 57(9): 431-441.
- Novoa, R; Loomis, RS. 1981. Nitrogen and Plant Production. *Plant and Soil* 58: 177-204.
- Núñez, E. 2015. Análisis de la variabilidad genética de las ocas cultivadas (*Oxalis tuberosa* Mol.) de la región Cajamarca. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 1-99.
- Oltra, M; Garmendia, I; Llopis, A; Manga, V. 2006. Optima fertilización para un alto rendimiento de patata (*Solanum tuberosum* L.). Dpto de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Alicante, España. 1.
- Orbegoso, G. 1957. Estudio sobre la Estructura y Variabilidad de la Oca (*Oxalis tuberosa* Mol). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 221.
- Orford, PD; Ring, SG; Carroll, V; Miles, MJ; Morris, VJ. 1987. The effect of concentration and botanical source on the gelation and retrogradation of starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 39: 169-177.
- Orlando Filho, J. 1983. Nutrição e Adubação Da Cana-de-Açúcar No Brasil. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR. 369.
- Pacheco, E; Nora, T. 2009. Propiedades Químicas y Funcionales del Almidón Nativo y Modificado de Ñame (*Dioscorea alata*). *Interciencia* 34(4): 280-285.
- Palate, J. 2013. Estudio del Efecto de la Temperatura y el Tiempo en las Características Físico-Químicas y Sensoriales de la Oca (*Oxalis tuberosa*) durante su Maduración. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. 156.
- Perera, C; Hoover, R. 1999. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry* 64(3): 361-375.
- Pérez, L; Rodríguez, L; Gómez, M. 2009. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y

- Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía Colombiana* 26(3): 477–486.
- Pomar, G. 2002. Tuberización in vitro de *Oxalis tuberosa* Mol. “Oca” como alternativa para la producción de tubérculos semilla. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. Lima, Perú. 117.
- Quispe, C. 1997. Parámetros agrofisiológicos del desarrollo y crecimiento de los cultivos: papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), e Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R.). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Toralapa, Cochabamba. 110.
- Raij, B Van. 1984. Fertilizantes Fosfatados e Uso. *Informações Agronômicas* 26: 1-2.
- Ramírez, O; Cabrera, A; Corbera, J. 2004. Fertilización Nitrogenada de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) En la Provincia de Holguín. Dosis Óptima de Nitrógeno. *Cultivos Tropicales* 25(2): 75–80.
- Riley, C; Wheatley, A; Asemota, H. 2006. Isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. *African Journal of Biotechnology* 5(17): 1528-1536.
- Ring, SG; Colonna, P; Ianson, K. J; Kalichevsky, M. 1987. The gelation and crystallization of amylopectin. *Carbohydrate Research* 62: 277–293.
- Ritchey, DK. 1982. O Potássio nos Oxissolos e Ultissolos dos Trópicos Úmidos. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA). *Boletim Técnico* 7, dezembro. 69.
- Robles, E. 1981. Origen y evolución de la oca, olluco y mashua. UNALM. Centro de Informática para la investigación Agrícola. Lima – Perú. 26.
- Roca, W; Manrique, I. 2005. Tubérculos Andinos para la Nutrición y la Salud. *Agrociencia*, IX (1–2), Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 195–201.
- Rodríguez, C. 1998. Efecto del Nitrogeno, Fosforo y Potasio en el Crecimiento y Producción de Plántulas de Tomate (*Lycopersicum esculentun* Mili) Var. Floradade. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Nuevo León, México. 105.

- Rodríguez, S. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT 1era edición. Segunda reimpresión. México, D.F. 124.
- Rondán-Sanabria, GG; Finardi-Filho, F. 2009. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). Food Chemistry 114(2): 492–498.
- Rosero, M. 2010. Colección, Caracterización y Conservación de Variabilidad Genética de Oca (*Oxalis tuberosa* Mol) en Agroecosistemas Paramunos del Departamento de Nariño-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 97.
- Ruiz, HA. 1986. Efeito do Conteúdo de Água sobre o Transporte de Fósforo em Dois Latossolos. Tese Dr. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 86.
- Saluzzo, J. 2001. Concentración de nitratos en pecíolos y rendimiento de los cultivares de papa Kennebec y Shepody en relación a la fertilización nitrogenada. Agriscientia 18: 21–26.
- Sánchez, T; Aristizabal, J. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, Italia, 134.
- Sánchez, M; Meza, R. 2015. Evaluación Del Rendimiento Del Cultivo De Papa Bajo La Aplicación Del Riego Deficitario (Prd) Utilizando Cintas De Riego. Anales Científicos 76(1): 21–28.
- Sánchez, S. 1970. Influencia de la Fertilización N-P-K en el Rendimiento y Calidad de la Oca (*Oxalis tuberosa* Mol). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Centro de Enseñanza e Investigación. Departamento de Fitotecnia y Suelos. Turrialba, Costa Rica. 70.
- Sasaki, T; Matsuki, J. 1998. Effects of wheat starch structure on swelling power. Cereal Chemistry 75: 525-529.
- Schoch, TJ. 1942. Fractionation of starch by selective precipitation with butanol. Journal of the American Chemical Society 64: 29-57.

- Shannon, J; Garwood, D. 1984. Genetics and physiology of starch development. En R. L. Whistler, J. N. Bemiller, E. F. Paschall, eds, Starch: Chemistry and Technology, 2nd edition. Academic Press, Orlando, 25-86.
- Singh, J; McCarthy, OJ; Singh, H. 2006. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (*Maori potato*) starches. Carbohydrate Polymers 64(4): 569–581.
- Singh, N; Singh, J; Kaur, L; Sodhi, NS; Gill, BS. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chemistry 81(2): 219-231.
- Sivak, M; Preiss, J; Taylor, S. 1998. Starch: basic science and biotechnology. Advances in Food and Nutrition Research 41:199.
- Sívoli, L; Pérez, E; Rodríguez, P; Raymúndez, M; Ayesta, C. 2009. Técnicas microscópicas y de dispersión empleadas en la evaluación de la estructura del almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* C). Acta Microscópica 18(3): 195–203.
- Solera, M. 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. DIECA. San José, Costa Rica. 129p.
- Soni, P; Sharma, H; Srivasta, H; Gharia, M. 1990. Physicochemical properties of *Canna edulis* starch: comparison with maize starch. VCH Verlagsgesellschaft mbh. D-6940, 4-8. Germany.
- Suquilanda, M. 2007. Producción Orgánica de Cultivos Andinos. MAGAP. FAO. UNOCANC. (Manual Técnico). 126. 199.
- Surcos, F. 2014. Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), Oca (*Oxalis tuberosa*), Olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. Universidad Nacional Mayor de San Francisco. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú. 55.
- Svegmark, K; Hermansson, AM. 1993. Microstructure and rheological properties of composites of potato starch granules and amylose: A comparison of observed and predicted structure. Food Structure 12: 181–193.

- Tester, R; Karkalas, J; Qui, X. 2004. Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2): 151-165.
- Tester, RF; Morrison, WR. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. *Cereal Chemistry* 67: 551–557.
- Torre-Gutiérrez, L; Chel-Guerrero, LA; Betancur-Ancona, D. 2008. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chemistry* 106(3): 1138–1144.
- Torre-Gutierrez; Torruco-Uco, J; Castellanos-Ruelas, A; Chel-Guerrero, L; Betancur-Ancona, D. 2007. Isolation and structure investigations of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Starch/Staerke* 59(7): 326–333.
- Torres, E; Torrico, J. 2004. Caracterización de diez variedades de oca y alternativas de industrialización. *Investigación & Desarrollo. Universidad Privada Boliviana* 1(4): 75–84.
- Torruco-Uco, J; Betancur-Ancona, D. 2007. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. *Food Chemistry* 101(4): 1319–1326.
- Valcárcel-Yamani, B; Rondán-Sanabria, GG; Finardi-Filho, F. 2013. The physical, chemical and functional characterization of starches from andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* molina), olluco (*Ullucus tuberosus* caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 49(3): 453–464.
- Valdivia, G. 1996. Estudio del crecimiento y desarrollo agrofisiológico en los cultivos de oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*) en respuesta a la fertilización mineral. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias “Martín Cárdenas”. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 112.
- Valdivia, G; Devaux, A; Gonzales, S; Herbas, J; Hijmans, RJ. 1999. Desarrollo y Producción de Oca (*Oxalis tuberosa*) e Isaño (*Tropaeolum tuberosum*) Bajo Dos Niveles de Fertilización. *Revista Latinoamericana de La Papa* 11:121-135.

- Vásconez, P; Hofstede, R. 2006. Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*. Quito, Ecuador. 91–109.
- Wang, LZ; White, PJ. 1994. Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid content. *Cereal Chemistry* 71(5): 443-450.
- Wang, L; Seib, PA. 1996. Australian salt-noodle flours and their starches compared to US wheat flours and their starches. *Cereal Chemistry* 73: 167-175.
- White, J. 1975. Notes on the biology of *Oxalis tuberosa* and *Tropaeolum tuberosum*. Honors thesis, Harvard College, Economic Botany, Library 96.
- Williams. CMJ; Maier NA. 2001. Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops. *Publications Scientific Papers*.
- Yampara, W. 2007. Comportamiento Agronómico de Dos Ecotipos de Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) Bajo Diferentes Sustratos Hidropónicos para la Producción de Semilla Básica en Invernadero. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 128p.
- Yenque, J; Santos, E; Salas, J; Feliciano, O; Lavado, A. 2007. Caracterización y determinación de ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*), para el procesamiento de harinas en la Quebrada de Ancash, distrito y provincia de Yungay, Región Ancash. *Diseño y Tecnología* 10(4): 7–10.
- Zamuner, E; Lloveras, J; Echeverría, H. 2016. Dosis Óptima Económica de Fósforo en el Cultivo de Papa en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo* 34(1): 57–65.
- Zec, M. 2008. Evolución de los parámetros de nutrición fosforada en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo distintos niveles de fertilidad fosforada en un suelo trumao. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile. 124.
- Zeeman, S; Tiessen, A; Pilling, E; Kato, K; Donald, A; Smith, A. 2002. Starch synthesis in Arabidopsis. Granule synthesis, composition, and structure. *Plant Physiology* 129: 516-29.

- Zeeman, SC; Kossmann, J; Smith, AM. 2010. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. *Annual Review of Plant Biology* 61: 209-34.
- Zhongkai, Z; Robards, K; Helliwell, S; Blanchard, C. 2007. Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. *Food Chemistry* 105: 491-497.
- Zobel, HF. 1988. Starch granule Structure. *In* Alexander J. and Zobel HF (eds). *Developments in Carbohydrate Chemistry*. Minnesota, USA, American Association of Cereal Chemist. 1-36 p.
- Zúñiga Martínez, E. 1972. Contenido y Variación Estacional de N-P-K-Ca y Mg en la Caña de Azúcar. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 126.

ANEXOS

ANEXO 1: Reporte del Análisis Químico de Suelo



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR



Casilla 18-01-334 Telfs. 746151-746171 Fax 746231 Cevallos - Tungurahua
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO FIAGR

Datos del cliente:

NOMBRE: Orosco Cobo Ricardo		COD. LAB Daisy 2018	
ATENCIÓN: Orosco Cobo Ricardo		MUESTRA: Suelo	
DIRECCIÓN: El Tambo		MATRIZ : S	
PROVINCIA: Tungurahua		ANALISIS: Completo	
CANTÓN: Cevallos			
Datos de la muestra:			
		FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 23/05/2018	
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:		INGRESO AL LAB. : 23/05/2018	
LOTE:		SALIDA: :28/05/2018	
CULTIVO ANTERIOR: PAPA			
CULTIVO ACTUAL: MASHUA - OCA			

ANALISIS	Unidad	Valor	Nivel
pH extracto suelo:agua		7,29	P N
C.E. extracto suelo:agua 1:2,5	mmhos/ cm	0,1	N S
Textura	Clase	franco arenoso	
Arena	%	78	
Limo	%	18	
Arcilla	%	4	
M.O.	%	2,2	B
N - TOTAL	ppm	16,5	B
P	ppm	53	A
K	meq/100 g	1,3	A
Ca	meq/100 g	5	A
Mg	meq/100 g	1,9	A
Cu	ppm	4	M
Mn	ppm	2	B
Zn	ppm	1	B
Ca/Mg	meq/100 g	3	O
Mg/K	meq/100 g	1	B
Ca+Mg/K	meq/100 g	6	B

INTERPRETACION	
M Ac	Muy Acido
Ac	Acido
Me Ac	Medianamente Acido
L Ac	Ligeramente Acido
P N	Practicamente Neutro
L AL	Ligeramente Alcalino
Me AL	Medianamente Alcalino
AL	Alcalino
N	Neutro
B	Bajo
M	Medio
A	Alto
T	Toxico
N S	No Salino
L S	Ligeramente Salino
S	Salino
M S	Muy Salino
O	Optimo

Parametro analizado	Metodo	
PH	Electroquimico	PH/Conductimetro Orion 550A
C.E	Electroquimico	PH/Conductimetro Orion 550A
Textura	Bouyoucos	Licudora Bouyoucos
M.O	Gravimetrico	Balanza Analitica
N-Total	KJELDAHL	KJELDAHL
Fosforo	Olsen Mod.	Espectrofotometro Genesis 20
K,Ca,Mg	Olsen Mod.	Espectrofotometro de A.A Perkin Elmer 100
Fe,Cu,Mn,Zn	Olsen Mod.	Espectrofotometro de A.A Perkin Elmer 100

Quím. Marcia Buenaño
RESPONSABLE DEL ANALISIS

ANEXO 2: Cálculos de Fertilización

Aplicación 1: 120 (N) - 240 (P₂O₅) Kg/Ha

$$100 \text{ Kg de Urea} \rightarrow 46 \text{ Kg de N}$$

$$120 \text{ Kg de Urea} \rightarrow 55,2 \text{ Kg de N/Ha}$$

$$100 \text{ Kg de Super Fosfato} \rightarrow 46 \text{ Kg de P2O5}$$

$$240 \text{ Kg de Super Fosfato} \rightarrow 110,4 \text{ Kg de P2O5/Ha}$$

$$100 \text{ Kg de Cloruro de Potasio} \rightarrow 60 \text{ Kg de K2O}$$

$$120 \text{ Kg de Cloruro de Potasio} \rightarrow 72 \text{ Kg de K2O/Ha}$$

$$\frac{10000 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}} = 41666 \text{ plantas/Ha}$$

$$N = \frac{55,2}{0,7} - (16,5 \times 2) = 45,85 \text{ Kg}$$

$$100 \text{ Kg de Urea} \rightarrow 46 \text{ Kg de N}$$

$$99,67 \text{ Kg de Urea} \leftarrow 45,85 \text{ Kg de N}$$

$$99,67 \text{ Kg de Urea} \times 1000 = 99670 \text{ gr de Urea}$$

$$\frac{99670 \text{ gr de Urea}}{41666 \frac{\text{plantas}}{\text{Ha}}} = 2,4 \frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}}$$

$$1,2 \frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}} \text{ (rascadillo)} \text{ y } 1,2 \frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}} \text{ (aporque)}$$

$$P = \frac{110,4}{0,2} - (53 \times 2 \times 2,29) = 309,26 \text{ Kg}$$

$$100 \text{ Kg de Super Fosfato} \rightarrow 46 \text{ Kg de P2O5}$$

$$672,30 \text{ Kg de Super Fosfato} \leftarrow 309,26 \text{ Kg de P2O5}$$

$$672,30 \text{ Kg de Super Fosfato} \times 1000 = 672300 \text{ gr de Super Fosfato}$$

$$\frac{672300 \text{ gr de Super Fosfato}}{41666 \frac{\text{plantas}}{\text{Ha}}} = 16,13 \frac{\text{gr de Super Fosfato}}{\text{planta}} \text{ (rascadillo)}$$

$$K = \frac{72}{0,6} - (1,3 \times 390 \times 2 \times 1,2) = -1096,8 \text{ Kg}$$

Este elemento es proporcionado por el suelo por lo cual no se requiere aporte alguno.

Aplicación 2: 80 (N) - 160 (P₂O₅) Kg/Ha

100 Kg de Urea → 46 Kg de N

80 Kg de Urea → 36,8 Kg de N/Ha

100 Kg de Super Fosfato → 46 Kg de P₂O₅

160 Kg de Super Fosfato → 73,6 Kg de P₂O₅/Ha

100 Kg de Cloruro de Potasio → 60 Kg de K₂O

80 Kg de Cloruro de Potasio → 48 Kg de K₂O/Ha

$$N = \frac{36,8}{0,7} - (16,5 \times 2) = 19,57 \text{ Kg}$$

100 Kg de Urea → 46 Kg de N

42,54 Kg de Urea ← 19,57 Kg de N

42,54 Kg de Urea x 1000 = 42540 gr de Urea

$$\frac{42540 \text{ gr de Urea}}{41666 \frac{\text{plantas}}{\text{Ha}}} = 1,02 \frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}}$$

0,51 $\frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}}$ (rascadillo) y 0,51 $\frac{\text{gr de Urea}}{\text{planta}}$ (aporque)

$$P = \frac{73,6}{0,2} - (53 \times 2 \times 2,29) = 125,26 \text{ Kg}$$

100 Kg de Super Fosfato → 46 Kg de P₂O₅

272,30 Kg de Super Fosfato ← 125,26 Kg de P2O5

272,30 Kg de Super Fosfato x 1000 = 272300 gr de Super Fosfato

$$\frac{272300 \text{ gr de Super Fosfato}}{41666 \frac{\text{plantas}}{\text{Ha}}} = 6,53 \frac{\text{gr de Super Fosfato}}{\text{planta}} \text{ (rascadillo)}$$

$$K = \frac{48}{0,6} - (1,3 \times 390 \times 2 \times 1,2) = -1136,8 \text{ Kg}$$

Este elemento es proporcionado por el suelo por lo cual no se requiere aporte alguno.

Calculo de Fertilizantes:

$$\text{Aplicación 1: } 2,4 \frac{\text{gr}}{\text{planta}} \times 40 \text{ plantas} = 96 \text{ gr de Urea}$$

$$\text{Aplicación 2: } 1,02 \frac{\text{gr}}{\text{planta}} \times 40 \text{ plantas} = 40,8 \text{ gr de Urea}$$

96 gr de Urea (Aplicación 1)

+ 40,8 gr de Urea (Aplicación 2) x 2 (Variedades) x 3 (Repeticiones)

= 820,8 gr totales de Urea

$$\frac{820,8 \text{ gr totales de Urea}}{1000} = 0,82 \text{ Kg totales de de Urea}$$

$$\text{Aplicación 1: } 16,13 \frac{\text{gr}}{\text{planta}} \times 40 \text{ plantas} = 645,2 \text{ gr de Super Fosfato}$$

$$\text{Aplicación 2: } 6,53 \frac{\text{gr}}{\text{planta}} \times 40 \text{ plantas} = 261,2 \text{ gr de Super Fosfato}$$


645,2 gr de Super Fosfato (Aplicación 1)

+ 261,2 gr de Super Fosfato (Aplicación 2) x 2 (Variedades) x 3 (Repeticiones)

= 5438,4 gr totales de Super Fosfato

$$\frac{5438,4 \text{ gr totales de Super Fosfato}}{1000} = 5,43 \text{ Kg totales de Super Fosfato}$$

ANEXO 3: Reporte del Análisis Textural de Suelo

 <small>INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf: 690-69192/93 Fax: 690-693	
---	---	---

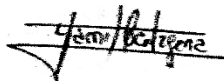
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : Ricardo Orozco Dirección : Cevallos Ciudad : Teléfono : 0967115708 Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : Quero Chaca Provincia : Tungurahua Cantón : Cevallos Parroquia : El Tambo Ubicación :
---	--

<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Muestra 1	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 46353 N° Muestra Lab. : 110498 Fecha de Muestreo : 07/12/2018 Fecha de Ingreso : 11/12/2018 Fecha de Salida : 14/12/2018
---	--

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION																
N		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 60px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO							
BAJO	MEDIO	ALTO																	
P		ppm																	
S		ppm																	
K		meq/100 ml																	
Ca		meq/100 ml																	
Mg		meq/100 ml																	
Zn		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO							
BAJO	MEDIO	ALTO																	
Cu		ppm																	
Fe		ppm																	
Mn		ppm																	
B		ppm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> <td style="text-align: center;">TOXICO</td> </tr> </table>								BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO					
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO																
pH			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">5.5</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">6.5</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">7.0</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">7.5</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">8.0</td> </tr> </table>					5.5	6.5	7.0	7.5	8.0							
	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0														
Acidez lat. (Al+H)		meq/100 ml	<table border="1" style="width: 100%; height: 30px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Acido</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Lig. Acid.</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Práctic. Neutro</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Lig. Alc.</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Alcalino</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Adecuado</td> <td style="text-align: center;">Ligeramente toxico</td> <td style="text-align: center;">Toxico</td> </tr> </table>				Acido	Lig. Acid.	Práctic. Neutro	Lig. Alc.	Alcalino						Adecuado	Ligeramente toxico	Toxico
Acido	Lig. Acid.	Práctic. Neutro					Lig. Alc.	Alcalino											
Adecuado	Ligeramente toxico	Toxico																	
Al		meq/100 ml																	
Na		meq/100 ml																	
CE		mmhos/cm	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No Salino</td> <td style="text-align: center;">Lig. Salino</td> <td style="text-align: center;">Salino</td> <td style="text-align: center;">Muy Salino</td> </tr> </table>								No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino					
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino																
MO																			
			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO							
BAJO	MEDIO	ALTO																	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Franco-Arenoso
						57	35	8	



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

ANEXO 4: Cálculos de Riego

Capacidad de Campo (CC)

$$= 0,48(\text{Arcilla}) + 0,162(\text{Limo}) + 0,023(\text{Arena}) \\ + 2.62$$

Capacidad de Campo (CC)

$$= 0,48(8) + 0,162(35) + 0,023(57) + 2.62$$

$$\text{Capacidad de Campo (CC)} = 13,44$$

Punto de Marchites Permanente (PMP)

$$= 0,302(\text{Arcilla}) + 0,102(\text{Limo}) + 0,0147(\text{Arena})$$

Punto de Marchites Permanente (PMP)

$$= 0,302(8) + 0,102(35) + 0,0147(57)$$

$$\text{Punto de Marchites Permanente (PMP)} = 6,82$$

Lamina Neta

$$= \frac{(CC) - (PMP)}{100} \times \frac{\text{Peso Especifico Aparente (Pea)}}{\text{Peso Especifico del Agua (Pew)}} \times \text{Profundidad Radicular (Hz)}$$

$$\text{Lamina Neta} = \frac{(13,44) - (6,82)}{100} \times \frac{1.4 \text{ g/cc}}{1 \text{ g/cc}} \times 40 \text{ cm}$$

$$\text{Lamina Neta} = 0,06618 \times 1,4 \times 40 = 3,706 \text{ cm} \times 10 = 37,06 \text{ mm} \times 10$$

$$= 370,6 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}}$$

$$\text{Lamina Bruta} = \frac{\text{Lamina Neta}}{\text{Eficiencia de Aplicacion}}$$

$$\text{Lamina Bruta} = \frac{370,6 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}}}{0,60}$$

$$\text{Lamina Bruta} = 617,66 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}} \div 10,000 \text{ m}^2 = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1000 \text{ lts}$$

$$= 60 \frac{\text{lts}}{\text{m}^2}$$

Lamina de riego a aplicar en el primer riego.

$$\text{Caudal Volumetrico (Q)} = \frac{\text{Volumen (V)}}{\text{Tiempo (T)}}$$

$$\text{Caudal Volumetrico (Q)} = \frac{7 \text{ lts}}{6,13 \text{ seg}}$$

$$\text{Caudal Volumetrico (Q)} = 1,14 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$\text{Tiempo de Riego (TR)} = \frac{\text{Lamina Bruta}}{\text{Caudal Volumetrico}}$$

$$\text{Tiempo de Riego (TR)} = \frac{60 \frac{\text{lts}}{\text{m}^2}}{1,14 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de Riego (TR)} &= 52 \frac{\text{seg}}{\text{m}^2} \times 286 \text{ m}^2 (\text{Area del Lote}) \\ &= 14872 \text{ seg} \div 60 = 247.86 \text{ min} \div 60 = 4,13 \text{ horas} \end{aligned}$$

Para el resto de riegos se realizaron los mismos cálculos con valores de profundidad radicular hasta 40 cm (10, 15, 20, 25, 30, 35, y 40cm) como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Semana	Profundidad radicular (cm)	Lamina Neta	Lamina Bruta	Requerimiento del cultivo (mm)	Precipitación semanal (mm)	Balance Hídrico (mm/semana)	
1	10	92,96	154,93	15	13,8	2	Riego
2	10	92,96	154,93	15	17,6	-2	
3	10	92,96	154,93	15	6	9	Riego
4	10	92,96	154,93	15	1,9	14	Riego
5	15	139,44	232,40	23	15,7	8	Riego
6	15	139,44	232,40	23	8,1	15	Riego
7	15	139,44	232,40	23	3,2	20	Riego
8	15	139,44	232,40	23	5,4	18	Riego
9	20	185,92	309,87	31	12,7	18	Riego
10	20	185,92	309,87	31	31,7	-1	
11	20	185,92	309,87	31	49	-18	
12	20	185,92	309,87	31	1,1	30	Riego
13	25	232,40	387,33	39	35,7	3	Riego
14	25	232,40	387,33	39	3	36	Riego
15	25	232,40	387,33	39	18,3	20	Riego
16	25	232,40	387,33	39	29,4	9	Riego
17	30	278,88	464,80	46	1,7	45	Riego
18	30	278,88	464,80	46	28,6	18	Riego
19	30	278,88	464,80	46	26,1	20	Riego
20	30	278,88	464,80	46	13,1	33	Riego
21	35	325,36	542,27	54	19,6	35	Riego
22	35	325,36	542,27	54	27	27	Riego
23	35	325,36	542,27	54	5,9	48	Riego
24	35	325,36	542,27	54	10,8	43	Riego
25	40	371,84	619,73	62	8,3	54	Riego
26	40	371,84	619,73	62	9,3	53	Riego

ANEXO 5: Costos

Rubro	Cantidad (Unidad de medida)	Costo unitario USD \$	Costo total USD \$
Personal	1	394,00	394,00
Accesorios para tubería	1	32,00	32,00
Análisis químico de suelo	1	30,00	30,00
Análisis textural de suelo	1	7,50	7,50
Insumos (semilla oca)	2 qq	10,00/qq	20,00
Fertilizante químico (Urea)	1,2 Kg	0,40 ctvs/Lb	1,05
Fertilizante químico (Súper Fosfato Triple)	13 Kg	0,45 ctvs/Lb	12,90
NEW ROBUST GA3	10 g	1,60	1,60
VITAVAX FLO	250 cc	8,25	8,25
ACEFATO 25% WP	250 gr	5,85	5,85
ELTRA 48 EC	500 ml	7,50	15,00
LANCER	100 ml	5,75	5,75
CLOROTEX	250 ml	6,30	6,30
EXIT Coadyuvante	200 ml	1,50	3,00
AGROSTEMIN Algas	400 g	6,60	13,20
Costales de polipropileno (cap.50kg)	10 u	0,30 ctvs/u	3,00
Fundas plásticas (3x4) para dosis de fertilización	1440 u	0,25 ctvs/100 u	3,75
Contenedores plásticos cap.100ml	100 u	0,35 ctvs/u	35,00
Subtotal			598,15

Imprevistos (%)	10%	59,81
Total		657,96

ANEXO 6: Análisis de varianza (ADEVA)

Split-plot AOV Table for PESO DE TUBERCULOS (kg/m²)

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,2805	0,14027		
Genotipo	1	7,7225	7,72245	5091,73	0,0002
Error Repetición*Genotipo	2	0,0030	0,00152		
Tratamiento	2	14,3194	7,15971	63,64	0,0000
Genotipo*Tratamiento	2	8,7529	4,37645	38,90	0,0001
Error Rep*Genotipo*Trat	8	0,9000	0,11250		
Total	17	31,9784			

Grand Mean 3,1628

CV(Repetición*Genotipo) 1,23

CV(Repetición*Genotipo* Tratamiento) 10,61

Split-plot AOV Table for PESO DE TUBERCULOS (kg/m²) POR CLASE (I, II y III) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,1778	0,0889		
Tratamiento	2	1,8578	0,9289	2,37	0,2091
Error Rep*Trat	4	1,5650	0,3913		
Clase	2	26,1713	13,0857	212,40	0,0000
Tratamiento*Clase	4	1,1774	0,2943	4,78	0,0154
Error Rep*Trat*Clas	12	0,7393	0,0616		
Total	26	31,6886			

Grand Mean 1,1616

CV(Repetición*Tratamiento) 53,85

CV(Repetición*Tratamiento *Clase) 21,37

Split-plot AOV Table for PESO DE TUBERCULOS (kg/m²) POR CLASE (I, II y III) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,1205	0,0602		
Tratamiento	2	0,4354	0,2177	0,71	0,5435
Error Rep*Trat	4	1,2214	0,3054		
Clase	2	22,6517	11,3258	108,78	0,0000
Trat*Clas	4	0,8199	0,2050	1,97	0,1636
Error Rep*Trat*Clas	12	1,2494	0,1041		
Total	26	26,4982			

Grand Mean 0,7614

CV(Repetición*Tratamiento) 72,58

CV(Repetición*Tratamiento *Clase) 42,38

Split-plot AOV Table for PESO DE ALMIDON (g/m²)

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	2146	1073,2		
Genotipo (B)	1	89268	89267,6	39,75	0,0242
Error A*B	2	4492	2246,0		
Tratamiento (C)	2	74821	37410,3	3,59	0,0773
B*C	2	24674	12337,0	1,18	0,3549
Error A*B*C	8	83468	10433,4		
Total	17	278868			

Grand Mean 277,57

CV(Repetición*Genotipo) 17,07

CV(Repetición*Genotipo*Tratamiento) 36,80

Split-split AOV Table for PODER DE HINCHAMIENTO (g/g) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,18	0,091		
Tratamiento (B)	2	64,73	32,366	47,71	0,0016
Error A*B	4	2,71	0,678		
Temperatura (C)	3	2688,35	896,116	4359,56	0,0000
B*C	6	71,46	11,910	57,94	0,0000
Error A*B*C	18	3,70	0,206		
Total	35	2831,14			

Grand Mean 42,328

CV(Repetición*Tratamiento) 1,95

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 1,07

Split-split AOV Table for PODER DE HINCHAMIENTO (g/g) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	1,65	0,82		
Tratamiento (B)	2	304,59	152,30	129,80	0,0002
Error A*B	4	4,69	1,17		
Temperatura (C)	3	5425,29	1808,43	1337,47	0,0000
B*C	6	204,88	34,15	25,25	0,0000
Error A*B*C	18	24,34	1,35		
Total	35	5965,45			

Grand Mean 38,754

CV(Repetición*Tratamiento) 2,80

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 3,00

Split-plot AOV Table for CAPACIDAD DE ABSORCION (g/g) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,13	0,06		
Tratamiento (B)	2	4,55	2,28	14,57	0,0146
Error A*B	4	0,62	0,16		
Temperatura (C)	3	5958,51	1986,17	35192,09	0,0000
B*C	6	5,03	0,84	14,86	0,0000
Error A*B*C	18	1,02	0,06		
Total	35	5969,86			

Grand Mean 37,317

CV(Repetición*Tratamiento) 1,06

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 0,64

Split-plot AOV Table for CAPACIDAD DE ABSORCION (g/g) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,86	0,43		
Tratamiento (B)	2	64,25	32,12	96,45	0,0004
Error A*B	4	1,33	0,33		
Temperatura (C)	3	5561,39	1853,80	3805,44	0,0000
B*C	6	61,19	10,20	20,93	0,0000
Error A*B*C	18	8,77	0,49		
Total	35	5697,78			

Grand Mean 31,314

CV(Repetición*Tratamiento) 1,84

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 2,23

Split-plot AOV Table for SOLUBILIDAD (%) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,06	0,03		
Tratamiento (B)	2	106,64	53,32	108,94	0,0003
Error A*B	4	1,96	0,49		
Temperatura (C)	3	7303,90	2434,63	4462,67	0,0000
B*C	6	107,88	17,98	32,96	0,0000
Error A*B*C	18	9,82	0,55		
Total	35	7530,26			

Grand Mean 14,078

CV(Repetición*Tratamiento) 4,97

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 5,25

Split-plot AOV Table for SOLUBILIDAD (%) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,04	0,02		
Tratamiento (B)	2	159,44	79,72	47,75	0,0016
Error A*B	4	6,68	1,67		
Temperatura (C)	3	5272,28	1757,43	2175,63	0,0000
B*C	6	68,74	11,46	14,18	0,0000
Error A*B*C	18	14,54	0,81		
Total	35	5521,72			

Grand Mean 19,911

CV(Repetición*Tratamiento) 6,49

CV(Repetición*Tratamiento*Temperatura) 4,51

Split-plot AOV Table for SINERESIS (-8°C) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	5,98	2,989		
Tratamiento	2	373,04	186,520	90,82	0,0005
Error Repetición*Tratamiento	4	8,21	2,054		
Días	4	509,35	127,337	281,00	0,0000
Tratamiento*Días	8	96,85	12,106	26,72	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	10,88	0,453		
Total	44	1004,31			
Grand Mean		62,041			
CV(Repetición*Tratamiento)		2,31			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		1,09			

Split-plot AOV Table for SINERESIS (-8°C) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	15,55	7,773		
Tratamiento	2	802,66	401,330	168,25	0,0001
Error Repetición*Tratamiento	4	9,54	2,385		
Días	4	1181,64	295,411	283,00	0,0000
Tratamiento*Días	8	385,93	48,241	46,21	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	25,05	1,044		
Total	44	2420,37			
Grand Mean		48,540			
CV(Repetición*Tratamiento)		3,18			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		2,10			

Split-plot AOV Table for SINERESIS (4°C) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	1,37	0,687		
Tratamiento	2	109,02	54,512	77,45	0,0006
Error Repetición*Tratamiento	4	2,82	0,704		
Días	4	2063,52	515,879	1242,94	0,0000
Tratamiento*Días	8	140,20	17,525	42,22	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	9,96	0,415		
Total	44	2326,89			
Grand Mean		11,861			
CV(Repetición*Tratamiento)		7,07			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		5,43			

Split-plot AOV Table for SINERESIS (4°C) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,43	0,214		
Tratamiento	2	228,32	114,161	245,79	0,0001
Error Repetición*Tratamiento	4	1,86	0,464		
Días	4	829,86	207,466	1124,31	0,0000
Tratamiento*Días	8	60,10	7,513	40,71	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	4,43	0,185		
Total	44	1125,00			
Grand Mean		6,5396			
CV(Repetición*Tratamiento)		10,42			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		6,57			

Split-plot AOV Table for SINERESIS (17°C) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,12	0,060		
Tratamiento	2	50,95	25,473	370,91	0,0000
Error Repetición*Tratamiento	4	0,27	0,069		
Días	4	1254,23	313,556	2860,15	0,0000
Tratamiento*Días	8	59,27	7,409	67,58	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	2,63	0,110		
Total	44	1367,47			
Grand Mean		7,6498			
CV(Repetición*Tratamiento)		3,43			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		4,33			

Split-plot AOV Table for SINERESIS (17°C) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición	2	0,561	0,280		
Tratamiento	2	113,746	56,873	2016,61	0,0000
Error Repetición*Tratamiento	4	0,113	0,028		
Días	4	598,446	149,612	2834,95	0,0000
Tratamiento*Días	8	44,177	5,522	104,64	0,0000
Error Repetición*Tratamiento*Días	24	1,267	0,053		
Total	44	758,309			
Grand Mean		4,8998			
CV(Repetición*Tratamiento)		3,43			
CV(Repetición*Tratamiento*Días)		4,69			

Split-plot AOV Table for TURBIDEZ (2%) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,0036	0,00182		
Tratamiento (B)	2	0,1575	0,07873	47,81	0,0016
Error A*B	4	0,0066	0,00165		
Horas (C)	4	19,6593	4,91482	4961,68	0,0000
B*C	8	0,0477	0,00596	6,02	0,0003
Error A*B*C	24	0,0238	0,00099		
Total	44	19,8984			

Grand Mean 1,3767

CV(Repetición*Tratamiento) 2,95

CV(Repetición*Tratamiento*Horas) 2,29

Split-plot AOV Table for TURBIDEZ (2%) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	0,0054	0,00270		
Tratamiento (B)	2	0,5856	0,29278	733,98	0,0000
Error A*B	4	0,0016	0,00040		
Horas (C)	4	18,9964	4,74910	6105,99	0,0000
B*C	8	0,2194	0,02743	35,26	0,0000
Error A*B*C	24	0,0187	0,00078		
Total	44	19,8270			

Grand Mean 1,3864

CV(Repetición*Tratamiento) 1,44

CV(Repetición*Tratamiento*Horas) 2,01

Split-plot AOV Table for CLARIDAD (1%) G1

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	16,43	8,22		
Tratamiento (B)	2	593,61	296,81	188,12	0,0001
Error A*B	4	6,31	1,58		
Horas (C)	4	7022,81	1755,70	2786,99	0,0000
B*C	8	297,65	37,21	59,06	0,0000
Error A*B*C	24	15,12	0,63		
Total	44	7951,93			

Grand Mean 40,910

CV(Repetición*Tratamiento) 3,07

CV(Repetición*Tratamiento*Horas) 1,94

CV(Repetición*Genotipo*Tratamiento*Tiempo) 2,84

Split-plot AOV Table for CLARIDAD (1%) G2

Source	DF	SS	MS	F	P
Repetición (A)	2	7,94	3,97		
Tratamiento (B)	2	2279,82	1139,91	412,03	0,0000
Error A*B	4	11,07	2,77		
Horas (C)	4	3973,89	993,47	902,97	0,0000
B*C	8	239,27	29,91	27,18	0,0000
Error A*B*C	24	26,41	1,10		
Total	44	6538,39			

Grand Mean 24,543

CV(Repetición*Tratamiento) 6,78

CV(Repetición*Tratamiento*Horas) 4,27