

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CENTRO DE POSGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN
NUTRICIÓN VEGETAL**

**MODALIDAD DE TITULACIÓN: TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado académico de
Magister en Agronomía Mención Nutrición Vegetal

TEMA: EFECTO DE TRES FUENTES Y TRES DOSIS DE POTASIO
EN EL RENDIMIENTO DE PAPA CHINA, CULTIVAR “BLANCA”
[*Colocasia esculenta* (L.) schott] EN LA PARROQUIA EL TRIUNFO,
PROVINCIA DE PASTAZA

Autor: Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales

Director: Ingeniero. Michel Leiva Mora, Doctor en Ciencias.

Ambato-Ecuador

2021

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación, presidido por el Ingeniero, Marco Pérez Salinas PhD, e integrado por los señores (Ingeniero, Luis Alfredo Villacis Aldas, Master en ciencias y el Ingeniero, Olguer Alfredo León Gordon Master en ciencias) designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: EFECTO DE TRES FUENTES Y TRES DOSIS DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE PAPA CHINA, CULTIVAR “BLANCA” [*Colocasia esculenta* (L.) schott] EN LA PARROQUIA EL TRIUNFO, PROVINCIA DE PASTAZA, elaborado y presentado por el señor Ingeniero, Noé Efraín Pineda Morales, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agronomía mención Nutrición Vegetal; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación; el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas PhD.
Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALFREDO
VILLACIS
ALDAZ**

Ing. Luis Alfredo Villacis Aldaz MsC
Miembro del Tribunal

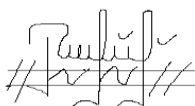


Firmado electrónicamente por:
**OLGUER ALFREDO
LEON GORDON**

Ing. Olguer Alfredo León Gordon MsC.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: EFECTO DE TRES FUENTES Y TRES DOSIS DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE PAPA CHINA, CULTIVAR “BLANCA” [*Colocasia esculenta* (L.) schott] EN LA PARROQUIA EL TRIUNFO, PROVINCIA DE PASTAZA”, le corresponde exclusivamente al: (Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales), Autor bajo la Dirección del (Ingeniero. Michel Leiva Mora, Doctor en Ciencias), Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales

CI: 1600651663

AUTOR



Firmado electrónicamente por:
MICHEL LEIVA MORA

Ingeniero. Michel Leiva Mora, Doctor en Ciencias

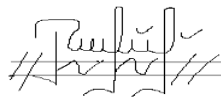
CI: 1759139627

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales

CI: 1600651663

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	ii
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
AGRADECIMIENTO.....	xii
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
EXECUTIVE SUMMARY	xv
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1 General	3
1.3.2. Específicos	3
CAPITULO II.....	4
2.1. Investigaciones referentes a fertilización en el cultivo de <i>Colocasia esculenta</i>	4
2.2. Marco teórico.....	11
2.2.1. Requerimientos nutricionales del cultivo	11
2.2.2. Fertilizantes en estudio.....	11
2.2.3. Generalidades sobre el cultivo de papa china	12
2.2.4. Labores de cultivo.....	16

CAPITULO III -----	20
3.1. Ubicación -----	20
3.1.1. Ubicación política -----	20
3.1.2. Ubicación geográfica -----	20
3.1.3. Ubicación ecológica -----	20
3.2. Clima -----	20
3.3. Materiales y equipos -----	20
3.3.1. Material experimental -----	20
3.3.2. Material complementario -----	21
3.4. Tipo de investigación -----	21
3.5. Hipótesis -----	21
3.6. Población o muestra -----	21
3.7. Metodología -----	22
3.7.1. Muestreo del suelo -----	22
3.7.2. Análisis del suelo -----	22
3.7.3. Preparación del terreno -----	22
3.7.4. Desinfección del suelo -----	23
3.7.5. Plantación -----	23
3.7.6. Fertilización y aplicación de los tratamientos -----	23
3.7.7. Forma de aplicación -----	25
3.7.8. Desbroce -----	25
3.7.9. Deseje -----	26
3.7.10. Aporque -----	26
3.7.11. Control fitosanitario -----	27
3.7.12. Cosecha -----	27
3.8. Procesamiento de la información y análisis estadístico -----	28
3.9. Medición de variables -----	28

3.9.1. Peso de los cormelos por planta -----	28
3.9.2. Categorización de los cormelos -----	28
3.9.3. Número de cormelos por planta y categoría -----	29
3.9.4. Peso de los cormelos por categoría -----	29
3.9.5. Rendimiento de cormelos por hectárea -----	30
3.10. Relación beneficio-costo ⁻¹ (B.C ⁻¹) -----	30
CAPÍTULO 4 -----	31
4.1 Determinación de la fuente de K ⁺ que favorezca el Rendimiento agrícola. -----	31
Tabla 6. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el rendimiento agrícola de Colocasia esculenta (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	31
4.2 Determinación de la dosis óptima de potasio que incremente la calidad comercial de los cormelos de <i>C. esculenta</i> . -----	33
4.3. Realización del análisis económico, mediante la relación beneficio.costo ⁻¹ de los tratamientos. -----	38
4.3.1. Determinación del Rendimiento de cormelos por hectárea -----	38
4.3.2. Determinación de la Relación beneficio.costo ⁻¹ (B.C ⁻¹) -----	39
CAPÍTULO V -----	42
5.1. Conclusiones -----	42
5.2. Recomendaciones -----	42
5.3. Referencias bibliográficas -----	42
5.4. Anexos -----	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Colocasia esculenta</i> -----	12
Tabla 2. Necesidades hídricas del cultivo de acuerdo al tipo de suelo-----	17
Tabla 3. Plagas y enfermedades de la papa china -----	18
Tabla 4. Fuentes, dosis y momentos de aplicación de la fertilización diseñada en el estudio-----	23
Tabla 5. Tratamientos aplicados -----	24
Tabla 6. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el rendimiento agrícola de <i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza -----	24
Tabla 7. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el peso promedio de los cormelos (Kg. Planta-1) de <i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	31
Tabla 8. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el número de cormelos por planta de <i>C. esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	33
Tabla 9. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de primera (con peso entre 100 - 200 g) por planta de <i>C. esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	34
Tabla 10. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de segunda (con peso entre 50 – 100 g) por planta de <i>C. esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	35
Tabla 11. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de tercera (con peso menor a 50 g) por planta de <i>C. esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	36
Tabla 12. Correlación de Pearson entre las variables rendimiento agrícola, peso de los cormelos y número de cormelos de plantas de <i>Colocasia esculenta</i> (L.)	

Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza, para un nivel de significación de 0,01. -----	37
Tabla 13. Rendimientos agrícolas de cormelos de primera, segunda y tercera categoría por tratamiento, proyectados a toneladas por hectárea (t.ha⁻¹).-----	38
Tabla 14. Análisis de la relación beneficio.costo-1 considerando los costos fijos, costos variables y el precio promedio de venta del producto por categoría de cormelos.-----	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de papa china (Armas, 2019) -----	13
Figura 2. Inflorescencia (Armas, 2019) -----	14
Figura 3. Semilla de papa china. (International Plant Genetic Resources, 1997) -----	14
Figura 4. Cormo de papa china (Armas, 2019).-----	14
Figura 5. Raíces de papa china (Armas, 2019) -----	15
Figura 6. Secciones de cormo con peciolo de <i>Colocasia esculenta</i> utilizadas como material vegetativo en la plantación. -----	23
Figura 7. Aplicación de los fertilizantes en la “corona” de las plantas en forma de anillo para evitar daños al pseudotallo de las plantas.-----	25
Figura 8. Eliminación de las malezas mediante moto guadaña y machete -----	25
Figura 9. Eliminación de los hijos en exceso de <i>C. esculenta</i> manualmente mediante el uso de machete.-----	26
Figura 10. Labor de aporque realizada a los 120 posteriores a la plantación del cultivo de <i>C. esculenta</i> . -----	26
Figura 11. Daños ocasionados por hormiga arriera “cortadora de hoja” (<i>Atta cephalotes</i> L) en el cultivo de <i>C. esculenta</i> .-----	27
Figura 12. Características del follaje en etapa de madures fisiológica y apariencia de los cormelos en el momento de cosecha de <i>C. esculenta</i> . -----	27
Figura 13. Selección de cormelos por las categorías y especificaciones locales del mercado donde: categoría I correspondió a comelos de primera con un peso que varió entre 100 - 200 g, categoría II presencia de cormelos de segunda con un peso promedio entre 50 – 100 g y categoría III cuyos cormelos pesaron menos de 50 g y tuvieron una calidad de tercera. -----	29
Figura 14. Peso promedio de los cormelos de <i>C. esculenta</i> por cada categoría--	29
Figura 15. Influencia de tres fuentes de potasio con tres dosis sobre la distribución de frecuencia de las categorías de calidad de cormelos de <i>C. esculenta</i> (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. -----	34

INDICE DE ANEXOS

Anexo1. Análisis de suelo realizado en la Universidad Técnica de Ambato -----	50
Anexo 2. Diseño experimental (disposición de los tratamientos en cada una de las repeticiones) -----	51
Anexo 3. Costos fijos de los tratamientos aplicados y testigo, en los cuales se consideró todos aquellos costos referentes a mano de obra, fertilización de fondo y productos fitosanitarios aplicados. -----	51
Anexo 4. Costos variables de los tratamientos aplicados y testigo, en los cuales se incluyeron los costos de las fuentes K+, mano de obra y los sacos de 45 Kg necesarios para el empaque del producto -----	52

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a los señores docentes: Ing. Michel Leiva Mora, DrC., Ing. Vítor Lindao Córdova, PhD., Ing. Marco Pérez Salinas, PhD., quienes han sido un apoyo académico fundamental tanto en las aulas como en el desarrollo del trabajo de investigación.

Noé Efraín Pineda Morales

DEDICATORIA

A mis padres: Gladis y Luis, hermanas:
Bélgica, Beatriz, Margarita y Elizabeth,
por el apoyo incondicional brindado a lo
largo de mis estudios.

Noé Efraín Pineda Morales

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL

TEMA: EFECTO DE TRES FUENTES Y TRES DOSIS DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE PAPA CHINA, CULTIVAR “BLANCA” [*Colocasia esculenta* (L.) schott] EN LA PARROQUIA EL TRIUNFO, PROVINCIA DE PASTAZA

AUTOR: Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales

DIRECTOR: Ingeniero. Michel Leiva Mora, Doctor en Ciencias

FECHA: 16 de octubre de 2020

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de fuentes y dosis de K^+ sobre el rendimiento agrícola de papa china, cultivar “blanca”, debido a que no existen antecedentes de estudios similares en nuestro país. Durante la fase experimental de campo al momento de la cosecha (210 días posteriores a la plantación, dpp) se evaluaron las siguientes variables: peso de los cormelos por planta, categorías de calidad de cormelos (cormelos de primera 100 - 200 g, los de segundas 50 – 100 g y los de tercera menos de 50 g), número de cormelos por planta, peso de los cormelos por categoría y rendimiento de cormelos por hectárea, relación beneficio.costo⁻¹ (B.C⁻¹). Todas las fuentes de potasio incrementaron el rendimiento agrícola, aunque la fuente de fertilización KNO_3 fue la que mayor aumento mostró. Cuando se aplicaron 99.6 g. planta⁻¹ de KNO_3 se obtuvo la mayor cantidad de cormelos de *C. esculenta* cultivar “blanca” con calidad de primera. El tratamiento de fertilización basado en la aplicación de 49.9 g. planta⁻¹ de KCl fue el que mayor ganancia generó por dólar invertido. Sin embargo, en todos los tratamientos que se usaron fuentes de potasio se incrementaron las ganancias al compararse con el control sin fertilización. Las ganancias variaron desde los 0.3 a los 1.1 dólares americanos por cada dólar invertido.

Descriptor: calidad cormelos, engrose de cormelos, fertilización edáfica, número de cormelos, relación beneficio-costo⁻¹, taro.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL

THEME: EFFECT OF THREE SOURCES AND THREE DOSES OF POTASSIUM
ON THE YIELD OF CHINESE POTATO, CULTIVAR “WHITE” IN THE
TRIUNFO PARISH, PASTAZA PROVINCE

AUTHOR: Ingeniero. Noé Efraín Pineda Morales

DIRECTED BY: Ingeniero. Michel Leiva Mora, Doctor en Ciencias

FECHA: October 16th, 2020

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this work was to determine the effect of sources and doses of K⁺ on the agricultural yield of Chinese potato, cultivar "white", because there is no history of similar studies in our country. During the experimental field phase at harvest time (210 days after planting, dpp) the following variables were evaluated: weight of cormels per plant, quality categories of cormels (first-class cormels 100 - 200 g, second 50 - 100 g and third less than 50 g), number of cormels per plant, weight of cormels per category and yield of cormels per hectare, benefit-cost ratio-1 (BC-1). All the sources of potassium increased agricultural yield, although the KNO₃ fertilization source was the one that showed the greatest increase. When 99.6 g. plant⁻¹ of KNO₃ were applied, the highest quantity of cormels of *C. esculenta* cultivar “blanca” was obtained with first-rate quality. The fertilization treatment based on the application of 49.9 g. KCl's plant⁻¹ was the one that generated the highest profit per dollar invested. However, in all treatments that used potassium sources, the profit was increased when compared to the control without fertilization. Profits ranged from US \$ 0.3 to US \$ 1.1 per every dollar invested.

Keywords: benefic. cost⁻¹ relation, cormels quality, cormel thickening, cormel number, soil fertilization.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

La papa china [*Colocasia esculenta* (L.) Schott], es un cormo tropical que pertenece a la familia Araceae (Caicedo, 2018). Evidencias etnobotánicas sugieren que su centro de origen se encuentra al sur de Asia central, en la India o la península Malaya (FAO, 2019). En la actualidad ocupa el decimocuarto lugar entre los cultivos hortícolas de primera necesidad (Caicedo, 2018) y la producción mundial sobrepasa las once millones de toneladas métricas (FAO, 2019).

Ecuador produce alrededor de 419 has de manera tecnificada, con un incremento del 10% anual, esto debido al interés del mercado internacional (Ararat, 2012). Por tal motivo los agricultores han clasificado el tamaño del cormo en tres categorías, primera o de exportación (100-200g), segunda (50-100g) y tercera (<50g) (Peñafiel. *et al.*, 2009). Se conoce además que el rendimiento exportable o primera categoría se encuentra, según el clon entre 5.5 y 5.9 t. ha⁻¹, mientras los de segunda entre 7.5 y 10 t ha⁻¹ (Helmich, 2010).

De acuerdo a información levantada en campo por el GAD Provincial de Pastaza en 2019. En la provincia se cultivan 71 ha.año⁻¹, con un costo de producción por ha de \$ 3295.95 y sus zonas de importancia productiva son las parroquia Teniente Hugo Ortiz, San José, El triunfo y el cantón Santa Clara, en los sectores mencionados, existen asociaciones de agricultores dedicados a este cultivo y cuentan con mercado internacional (Miami, New York, y Los Ángeles) y local (centro agrícola, Santo Domingo de los Tsáchilas). A demás los agricultores mencionan, que se carece de información sobre requerimientos nutricionales del cultivo, por tal razón la productividad de los cormelos exportables es menor en relación a los cormelos de segunda y tercera categoría.

El problema sugiere poner énfasis en la fertilización de potasio (K⁺), pues se conoce que este ion entre sus múltiples funciones cumple el papel de potenciar la movilización de los fotoasimilados generados en las hojas hacia las estructuras de almacenamiento de la planta (Villacres, 2009). De esta manera se logrará el engrosamiento de los cormelos y por tanto un porcentaje superior de primera categoría, también la duración

poscosecha se ve favorecida, pues el K^+ en su nivel óptimo inhibe actividad de enzimas degradativas (Marschner, 1995).

Uno de los principales problemas que afectan los programas de fertilización en la amazonia ecuatoriana es el elevado índice de pluviosidad. Se sabe que la precipitación media es de 4403 mm año⁻¹ (Koppen *et al.*, 2019), lo que provoca la pérdida de nutrientes por lixiviación y lavado. Por tal motivo es importante la aplicación fraccionada de los fertilizantes, según la planta lo requiera, al respecto Gadea 2001, determina que se debe aplicar el fertilizante en el cultivo a las 4, 12 y 20 semanas después de la plantación de acuerdo a los picos máximos de absorción nutricional del cultivar

Con base en estos antecedentes, es necesario, tener información sobre fertilización potásica, mediante el estudio del efecto que tienen las fuentes (Muriato, Nitrato de potasio y Sulfato de potasio) y tres dosis, en el rendimiento de la papa china cultivar “blanca” en las condiciones edafo-climáticas de la provincia de Pastaza.

1.2. Justificación

En la provincia de Pastaza se produce 71 ha. año⁻¹ de papa china cultivar “blanca”, una cifra que tiende al incremento, debido al interés del mercado internacional por este alimento. Se conoce que la principal problemática para los agricultores es el tema nutricional debido a que es común un engrose deficiente de las estructuras de almacenamiento (cormelos), por deficiencia de K^+

En el cultivo de papa china las mayores demandas de K^+ coinciden cuando la planta alcanza el máximo de producción de materia seca en la parte aérea, así como del transporte y almacenamiento rápido en los órganos de reserva (cormelos). Sin embargo, debido a los escasos estudios tanto a nivel nacional como internacional en la dinámica de partición de materia seca y su relación con la asimilación del elemento potasio, provoca que, en el manejo nutricional del cultivo, particularmente en la parroquia El Triunfo, cantón y provincia de Pastaza se requiera determinar qué efecto que tendría el uso de fuentes y dosis de potasio sobre el rendimiento de la papa china, cultivar “blanca”.

Pues se sabe, mediante información bibliográfica sobre curvas de absorción de nutrientes que el cultivo es exigente del elemento. Por tales motivos, es necesario,

determinar la fuente y dosis adecuada de K^+ para incrementar el rendimiento del cultivo de papa china en las condiciones edafo-climáticas de la zona.

Esta investigación tendrá como principales beneficiarios a los productores de papa china, cultivar “blanca”, pertenecientes a la parroquia El Triunfo. A su vez esta será la primera investigación desarrollada en Ecuador que determine el efecto de fuentes y dosis de K^+ sobre el rendimiento agrícola de papa china, cultivar “blanca”, debido a que no existen antecedentes de estudios similares en nuestro país.

Con los resultados de la presente investigación se podrá proponer un método de manejo nutricional para solucionar la deficiencia de K^+ de papa china, cultivar “blanca” que permitirá incrementar no solo el rendimiento sino también la calidad comercial de los cormelos cosechados y con ello reducir aquellos que son rechazados debido a su bajo valor comercial y que en muchas ocasiones son desechados.

Con los resultados que se obtengan en el presente trabajo se elaborará al menos un artículo científico en una revista científica internacional que se encuentre registrada en la base de datos regional Scielo. Asimismo, estos resultados se socializarán con los productores de papa china de la localidad.

1.3. Objetivos

1.3.1 General

Determinar el efecto de tres fuentes y tres dosis de potasio sobre el rendimiento de papa china, cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

1.3.2. Específicos

- 1- Determinar la fuente de potasio que favorezca un incremento en el rendimiento de papa china cultivar “Blanca”
- 2- Determinar la dosis óptima de potasio que incremente la calidad comercial de los cormelos
- 3- Realizar un análisis económico, mediante la relación beneficio. costo⁻¹ de los tratamientos

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1. Investigaciones referentes a fertilización en el cultivo de *Colocasia esculenta*

Silva et al., (1990) evaluaron la respuesta de *C. esculenta* a fertilización combinada de fuentes de nitrógeno y potasio apreciaron una mayor respuesta a las fuentes de Nitrógeno pues tuvo un efecto positivo en el incremento del peso de los cormelos, en el número de cormelos, mientras que las fuentes de potasio tuvieron un efecto menor. Además, determinaron que un rango adecuado del contenido de N en las hojas a los 3 meses del crecimiento vegetativo debe estar en el rango de 4.3 a 4.5% mientras que para el contenido de K debe ubicarse en un rango de 4.1 a 4.3 %.

Gadea (2001), diseñó un programa de fertilización para el cultivo de ñampi, mediante la determinación de la curva de absorción nutricional indicando el total de elementos extraídos de la parte subterránea de las plantas hasta las 28 semanas (después de la siembra), afirmando que la parte aérea es reincorporada al suelo de manera que no debería considerarse para el cálculo de la fertilización. Esos datos se expresaron en g. planta⁻¹ (6.05 N, 1.68 P, 12.31 K, 1.76 Ca, 1.02 Mg) y (3975.94 Fe, 94.23 Cu, 332.08 Zn, 435.91 Mn) mg. planta⁻¹.

Por otra parte, Goenaga *et al.*, (2008) evaluaron el crecimiento, rendimiento y absorción de nutrientes en papa china cultivada en condiciones de tierras altas” Para el estudio Se sembraron y cosecharon dos cultivares de taro (“Blanca” y “Lila”). Se estimaron los valores de biomasa y se cosecharon cada seis semanas durante la temporada de crecimiento. En cada cosecha, las plantas se separaron en partes (aérea y subterránea) y determinaron el contenido de materia seca (Ms) y nutrientes en cada órgano. Como resultado, no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de Ms total y comestible entre los cultivares en estudio. Sin embargo, el cultivar “Lila” absorbió cantidades significativamente menores de: N, P, K, Ca y Zn respecto al cultivar “Blanca”, lo que sugirió que tuvo una mayor eficiencia en el uso de nutrientes (Cormo fresco). Los rendimientos no fueron significativamente diferentes y promediaron 20,221 kg ha⁻¹ para ambos cultivares.

Hota et al., (2014) determinaron la respuesta de *C. esculenta* al utilizar varios tratamientos y combinaciones de enmiendas inorgánicas y orgánicas bajo condiciones de campo en la temporada del 2011 al 2012 en el centro regional de cultivos tuberosos

en la India. Estos autores relacionaron las propiedades físico-químicas, así como el efecto de enmiendas órgano-minerales sobre el rendimiento y producción de taro.

Wen y Shen-gen (2014) demostraron que diferentes variedades de *C. esculenta* respondieron de manera diferencial respecto a la acumulación y partición de material seco bajo el manejo de la fertilización realizado. De modo similar la variedad Fujian Fuding produjo cormelos de mayor tamaño y calidad respecto a la variedad Guangxi Lipu.

Anikwe *et al.*, (2015) diseñaron una estrategia para el manejo de la fertilización con el objetivo de maximizar la adquisición de nutrientes de *C. esculenta* en un suelo degradado al sudeste de Nigeria. En las parcelas donde existió manejo de la fertilización hubo un incremento del 76 a 80% del carbono orgánico del suelo, así como un incremento en el potasio intercambiable del 50%. Las parcelas donde se manejó la fertilización, las plantas fueron de mayor altura (45-51 cm) y tuvieron mayor cantidad de cormelos. Estos resultados demostraron lo necesario que se hace el manejo de la fertilización en el cultivo de taro ya que influye positivamente sobre el crecimiento y el desarrollo del cultivo.

Noor *et al.*, (2015) en condiciones experimentales de campo ensayaron diferentes dosis de N, P, K y S con el objetivo de incrementar el rendimiento agrícola de *C. esculenta* durante las temporadas del 2008 al 2010. Para el elemento Nitrógeno ensayaron cuatro niveles (0, 75, 100 y 125 kg. ha⁻¹), cuatro niveles de Fósforo (0, 30, 45 y 60 kg. ha⁻¹), cuatro niveles de potasio (0, 80, 100 y 120 kg. ha⁻¹) y cuatro niveles de azufre (0, 10, 20 y 30 kg. ha⁻¹). Acorde con los análisis de regresión lineal se estimó que con la fórmula (110-50-105-0-0-24 kg. ha⁻¹) se logró el rendimiento mayor, así como la mejor calidad y número de cormelos e hijos.

Ibudialo y Anikwe (2015) estudiaron la distribución profundidad del carbono orgánico del suelo (COS), nitrógeno total (NT), Relación carbono:Nitrógeno (C:N), densidad aparente seca del suelo (DA), total de porosidad (TP), conductividad hidráulica saturada (Ksat) y sus razones de estratificación bajo laboreo convencional y sin laboreo en un cultivo de taro en Nigeria. Acorde con los resultados se determine que las parcelas con el manejo convencional recibieron 300 Kg. ha⁻¹ de fertilización NPK con un aporte en N de 0.121%. Las parcelas sin laboreo mostraron un contenido mayor de un 7 a 30% de N. Además, en las parcelas sin laboreo se incrementó el

porcentaje de nitrógeno en el suelo posterior a la cosecha (18-43%), así como el contenido de carbono orgánico y carbono total. Sin embargo, las plantas con mayor altura (cm), rendimiento de cormelos por planta fueron las que fueron sometidas al manejo convencional, particularmente con las dosis de 300 kg. ha⁻¹ N se incrementó en un 35% el rendimiento. Estos autores argumentaron que el laboreo del suelo en el cultivo de malanga incrementa la tasa de emergencia del cultivo, mejora el estado de humedad del suelo, la aireación, mejora las condiciones del suelo lo cual conduce a un incremento en el rendimiento agrícola.

Asante *et al.*, (2017) evaluaron el efecto que tuvo el sombreado y la aplicación de fertilizantes en la toma de nutrientes y en la acumulación de material seca en plantas de *C. esculenta*. Las adquirieron mayores cantidades de nutrientes (1.51 ppm de N, 6.61 ppm de P y 53.10 ppm de K) y acumularon mayor cantidad de material seca (71.30 g). Sin embargo, la acumulación de material seca en los cormelos fue mayor en las plantas que estuvieron expuestas a pleno sol con una dosis de fertilización nitrogenada de 112 kg. ha⁻¹. La mayor acumulación de nitrógeno y de fósforo se localizó en los peciolos de las plantas con un 70% de sombreado y una dosis de fertilización de 120 kg/ha.

Acosta, (2017) evaluó la respuesta en calidad y rendimiento del ñampí (Papa china) bajo condiciones de fertilidad natural del suelo y mediante el uso de dos programas de fertilización Programa 1 a base de 58 N, 51 P₂O₅ y 76 Kg. ha⁻¹ de K₂O y segundo programa a base de 81 N, 53 P₂O₅, 109 K₂O y 18 Kg. ha⁻¹ de MgO. Se observaron diferencias significativas en cuanto al peso promedio de los cormelos de primera calidad. La relación beneficio. costo⁻¹ (B/C), en este estudio mostró que el tratamiento sin aplicación alguna de fertilizantes en cormelos de primera calidad presentó el valor más elevado (B/C=1,3), para esta relación, mientras que el tratamiento bajo la fertilización basada en la curva de absorción en cormelos de primera calidad tuvo el valor más bajo para esta relación (B/C=0,34).

Anand y Guinto (2017) varias líneas de taro para su Resistencia al tizón de las hojas y también en su potencial de producción de biomasa y acumulación de materia seca y contenido de nutrientes en los órganos separados de las plantas. El cultivar Samoa 2 mostró mayor eficiencia en la toma de N (25%), P (37.5%), K (33%), Mg (36.4%), Mn (22.7%) y Zn (48.3%) que el cultivar Samoa 1. Adicionalmente el cultivar Samoa

2 mostró una capacidad de toma de dichos nutrientes distribuida de manera uniforme durante todo el ciclo del cultivo, mostrando una mayor altura (19.6% superior) y contenido de materia seca en el cormo (10.4% mayor). Sin embargo, el Samoa 1 tuvo una mayor eficiencia del uso de nutrientes como N, P, K, Mg, Mn y Cu, (kg materia seca comestible producida por kg de nutrientes tomadas) respecto al cultivar Samoa 2. Contrariamente para el uso de los nutrientes Ca, Fe y Zn, el Cultivar Samoa 2 mostró una mayor eficiencia sobre el cultivar Samoa 1. Basados en estos resultados los autores recomendaron el uso del cultivar Samoa 1 para regiones marginales donde algunos nutrientes pueden ser limitantes, mientras que el cultivar Samoa 2 fue recomendado utilizar en suelos fértiles.

Kumar *et al.*, (2017) determinaron el efecto de cenizas sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de Colocasia en suelo lateríticos rojos. Al utilizar ceniza al 4, 8 y 16 % (w/w) incorporadas en suelos ácidos (pH 5.9), incremento el rendimiento agrícola y el crecimiento vegetativo. El rendimiento en cormelos para las dosis utilizadas alcanzó 4.96, 5.66 y 6.95 t. ha⁻¹, respectivamente. Lo cual fue significativamente superior al control.

Chabata (2017) evaluó la composición nutricional de *C. esculenta* en Zimbawe en diferentes localidades (Rusape, Makoni District, Manicaland Province, Thandi Area under Chief Makoni in Maramwidze Village). También este autor evaluó el efecto de fertilizaciones a base de estiércol vacuno, fertilizantes inorgánicos, y la combinación de estiércol + fertilización inorgánica en diferentes genotipos de taro. Los resultados mostraron una mayor acumulación de carbohidratos y proteínas en los tratamientos donde su utilizó una combinación de fertilización de estiércol vacuno y fertilización inorgánica, pues se incrementó el rendimiento agrícola y la calidad de los cormelos que acumularon mayor contenido de carbohidratos y de proteínas.

Udom y Lale (2017) evaluaron el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos por separados y en combinaciones con lo cual se logró una mejora en el establecimiento de *C. esculenta*, el desarrollo de la canopia y en el rendimiento. El uso integrado de la fertilización química (N) con gallinaza (PM) mejoraron las propiedades físicas (capacidad de retención de agua, porosidad total, conductividad hidráulica) y químicas (contenido de MO) de los suelos destinados a la producción de taro. Con las fertilizaciones se logró incrementar el índice de área foliar lo cual tuvo un efecto

positivo para reducir el impacto de las lluvias sobre los suelos. Estos autores recomendaron en base a sus resultados hacer un uso combinado de NPK (15:15:15) a razón de 100 kg. ha⁻¹ combinados con 5 t. ha⁻¹ de gallinaza para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos dedicados al cultivo de taro y con ello incrementar el rendimiento agrícola.

Omid et al., (2018) utilizaron una formulación de fertilizante basada en N,P,K (120-30-80) determinaron que esta incrementó significativamente la altura de la planta (cm), la arquitectura aérea de la planta, el número de hojas por plantas, el número de hijos, grosor del pseudotallo a nivel del suelo (cm), longitud de las hojas (cm), ancho de las hojas (cm), longitud del peciolo (cm) y el ancho del peciolo (cm). Similarmente, el rendimiento agrícola, el número de cormos por planta, la longitud del cormo (cm), el grosor del cormo (cm), el peso del cormo (g), el rendimiento de cormos por planta (g), y el rendimiento de cormos (q. ha⁻¹) fueron significativamente superiores al compararse con el resto de los tratamientos y el control. Con esta dosis se alcanzó el mayor rendimiento agrícola (289.83 q. ha⁻¹), significativamente superior al rendimiento del control (92.25 q. ha⁻¹).

Sachan y Krishna (2018) realizaron un estudio en Fiji para conocer el estado nutricional de *C. esculenta* y su relación con las propiedades del suelo. El pH de los suelos muestreados fue de 5.6, con una conductividad eléctrica que varió de 0.07 a 0.31 dS.m⁻¹ con un valor promedio de 0.17 dS.m⁻¹. El contenido de carbón orgánico varió de 0.30 a 5.5% con un valor promedio de 2.1%. El contenido de nitrógeno varió de 0.07 a 0.43% con un valor promedio de 0.19%. Los valores del P disponible variaron de 1.0 a 44.0 mg. kg⁻¹ con un valor promedio de 12.9 mg. kg⁻¹, mientras que los valores de potasio variaron desde 27.37 hasta 762.45 mg. kg⁻¹ con un valor promedio de 169.56 mg. kg⁻¹. Acorde con estos resultados se concluyó que en Fiji los suelos de la región de Rewa son moderadamente ácidos, con una baja conductividad eléctrica. Estos suelos mostraron un alto contenido de material orgánica, contenido de Nitrógeno y bajos en Fósforo y Potasio intercambiable.

Zhang *et al.*, (2018) desarrollaron un estudio a campo abierto de fertilización de diferentes cultivos donde aplicaron formulaciones basadas en N,P,K y para el caso particular de *C. esculenta* lograron una mejora no solo en el rendimiento agrícola sino

también en la calidad de los cormelos hervidos incrementando la rentabilidad del cultivo entre un 6.8% a 10.6%.

Ahmad et al., (2018) condujeron una evaluación para determinar la respuesta de *C. esculenta* a diferentes niveles de N (0, 60, 90, 120 y 150 kg N. ha⁻¹) combinados con 90 kg P₂O₅ ha⁻¹. Se observe un incremento del rendimiento de cormelos con la dosis de 60 kg N. ha⁻¹. El mayor tamaño de los cormelos se obtuvo cuando aplicaron la dosis de 150 kg N. ha⁻¹, mostrando que la respuesta de ambas variables fueron diferentes respecto a los niveles de N usados.

Mandavi et al., (2018) ensayaron diferentes combinaciones de fuentes orgánicas de fertilización bajo el enfoque de un manejo integrado de nutrientes necesarios para el crecimiento de variedades de *C. esculenta*, observándose la mayor altura de las plantas (72.60 cm) cuando se aplicó FYM (10 t. ha⁻¹) + torta de Neem (10 q. ha⁻¹). Sin embargo, el mayor número de hijos por plantas (6.0) se obtuvo cuando se aplicó Vermi compost (200 kg. ha⁻¹) + 75% de fertilizante NPK.

Uddin et al., (2018) evaluaron el efecto de la fertilización combinada de estiércol de aves descompuesto con fuentes de Nitrógeno y Fósforo y se determinó el contenido de micronutrientes (Fe, Zn y Cu) en los cormelos de *C. esculenta*. La aplicación combinada de compost descompuesto de estiércol de aves + el tratamiento con fuente enriquecida en nitrógeno (PL2N40P0) fue el que permitió obtener la mayor altura de las plantas (76 cm), el mayor número de hojas por plantas (5), la mayor área foliar (1045.66 cm²/planta), el mayor peso fresco (130.7 g. planta⁻¹) y masa seca (14.35 g/planta). A su vez también fueron mayores los valores del peso de las hojas, pseudotallo, cormo y raíces.

Raju y Byju (2019) en condiciones de suelos tropicales dedicados al cultivo de taro determinaron la región específica balanceada de los requerimientos en la toma de NPK y recomendaron las dosis adecuadas para incrementar el rendimiento. Las constantes para la acumulación mínima y máxima de nutrientes (kg de nutrientes en cormelos.kg⁻¹) para el elemento N (33 y 177), P (212 y 606) y K (25 y 127) fueron estimados a partir de los parámetros de un modelo estándar. Acorde con estos resultados las plantas de taro tuvieron acumulaciones promedias de N, P y K de 12.97, 2.75 y 17.47 kg.t⁻¹ de cormelo respectivamente. Con esto se determine una razón promedio del contenido de nutrientes por contenido de materia seca de 4.7:1:6.4.

Bhatt *et al.*, (2019) realizaron un estudio donde evaluaron diferentes dosis de fertilizantes: (F1 = FYM (10t/ha.) + dosis recomendada de N,P,K (80-60-60 kg. ha⁻¹), F2 = FYM (10 t. ha⁻¹) +75% dosis recomendada de N,P,K (60-45-45 kg.ha⁻¹) y F3 = FYM (10 t.ha⁻¹) +125% dosis recomendada de N,P,K (100-75-75 kg.ha⁻¹). También determinaron el efecto de diferentes distancias de siembra: S1 (0.60m x 0.30m), S2 (0.60m x 0.45m) y S3 (0.60m x 0.60m), sobre atributos de calidad de *C. esculenta*. Estos autores determinaron que el mayor contenido de almidón y de materia seca se obtuvo con FYM (10 t. ha⁻¹) +125% dosis recomendada de N,P,K (100-75-75 kg. ha⁻¹), mientras el mayor contenido de humedad se alcanzó con F2 = FYM (10 t. ha⁻¹) +75% dosis recomendada de NPK (60-45-45 kg. ha⁻¹). Con la distancia de siembra S1 (0.60m x 0.30m) se alcanzó el mayor contenido de almidón y materia seca mientras que el mayor contenido de humedad se logró con la distancia de siembra S3 (0.60m x 0.60m).

Gerrano *et al.*, (2019) determinaron diferencias estadísticas significativas en el número de cormos por planta, longitud del corno y altura de la planta entre 29 variedades de taro en Sudáfrica caracteres que en algunos cultivares mostraron estabilidad en diferentes ambientes lo cual los hacen promisorios para ser extendidos a otros sitios de estudios.

Iwuagwu *et al.*, (2020) Aplicaron cáscara de arroz con dos niveles (0 y 15 t. ha⁻¹) y tres niveles de nitrógeno (0, 50 y 100 Kg N ha⁻¹) para evaluar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de *Colocasia esculenta* var. cocoindia. Cuando se aplicó la cáscara de arroz se incrementó significativamente el crecimiento en fase vegetativa, favoreció la toma de P y K así como el rendimiento agrícola. A pesar que la fertilización con fuentes de nitrógeno no incrementó el rendimiento agrícola, si tuvo un efecto significativo en el incremento del índice de área foliar, el número de hijos, y en la toma de nitrógeno por la planta. Estos autores demostraron que utilizar dosis de Nitrógeno por encima de 50 kg. ha⁻¹ reduce significativamente la toma de P y K. Asimismo cuando se combinó la fertilización de cáscara de arroz (15 t. ha⁻¹) y 100 kg N. ha⁻¹ el rendimiento agrícola se incrementó significativamente.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Requerimientos nutricionales del cultivo

Gadea (2001) determina los requerimientos nutricionales del cultivar de papa china “blanca” mediante el análisis de las estructuras del subsuelo (cormelos) y parte aérea, sin embargo, menciona que esta última no se considera para los cálculos de fertilización, pues esta parte, es reincorporada al suelo luego de la cosecha. Establece de esta manera el requerimiento de: (6.05 N, 1.68 P, 12.31 K, 1.76 Ca, 1.02 Mg) g. planta⁻¹ y (3975.94 Fe, 94.23 Cu, 332.08 Zn, 435.91 Mn) mg. planta⁻¹.

Al tratarse de un suelo que carece de restos de cosecha de papa china, se deberá considerar la extracción de la parte aérea como parte del requerimiento (3.45 N, 0.62 P, 8.06 K, 3.54 Ca, 0.43 Mg) g. planta⁻¹ y (862.38 Fe, 22.59 Cu, 109.09 Zn, 872.91 Mn) mg. planta⁻¹.

2.2.2. Fertilizantes en estudio

Las fuentes de K⁺ evaluada fueron tres: Muriato de potasio (KCl), Nitrato de potasio (KNO₃) y Sulfato de potasio K₂SO₄.

2.2.2.1. Muriato de potasio KCl

Es un fertilizante potásico de bajo costo y contenido superior de K⁺ en comparación a otras fuentes (60 - 63% K₂O). Contiene además 45 - 47% de Cl⁻, pues hay suelos y cultivos que requieren Cl⁻ (International Plant Nutrition Institute, 2019).

Hidayatullah *et al.*, (2020) evaluaron el efecto de fuentes de KCl, la frecuencia de riego sobre variables asociadas al crecimiento vegetativo de *C. esculenta* en Indonesia. Estos autores determinaron que cuando se utilizaron intervalos de riego de 1 a 3 días se estimuló la altura de la planta, el número de hojas, el número de hijos y el diámetro del peciolo. Con esta frecuencia de riego y con la aplicación de la fuente KCl se incrementó de 2 a 3 veces el rendimiento agrícola.

2.2.2.2. Nitrato de potasio KNO₃

Por lo general es utilizado en fertilización de cultivo de alto valor comercial, que se benefician con la nutrición de nitratos (NO₃⁻) y una fuente K⁺ libre de Cl⁻. Contiene 13% N y de 44-46% de K₂O (International Plant Nutrition Institute, 2019).

More *et al.*, (2019) determinaron que la utilización de KNO₃ es una excelente fuente para realizar programas de fertilización en cultivos tropicales de tubérculos. Por una

parte aporta nitrógeno de una manera rápida y por otra contribuye con la liberación de K, un elemento clave para el transporte de fotoasimilados desde la parte aérea hacia los tubérculos, lo cual se traduce en un incremento del rendimiento agrícola y la calidad.

2.2.2.3. Sulfato de potasio K₂SO₄

Es una excelente fuente para la nutrición de las plantas, preparado a partir de los minerales de langbeinita haciéndola reaccionar con una solución de KCl, que remueve los subproductos como el Mg y libera el K₂SO₄. Contiene de 48-53% de K₂O y 17-18% de S. Se recomienda en suelos y cultivos donde la aplicación de Cl⁻ es restringida y se requiere S. Además el índice salino de este elemento es menor al de otras fuentes de K⁺ (International Plant Nutrition Institute, 2019).

2.2.3. Generalidades sobre el cultivo de papa china

2.2.3.1. Clasificación taxonómica

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica de la papa china [*Colocasia esculenta* (L.) Schott].

Tabla1. Clasificación taxonómica de *Colocasia esculenta*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Genero	<i>Colocasia</i>
Especie	<i>Esculenta</i>

Nombre científico: [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]

Nombre vulgar: taro, cará, papa china, ñampi

(Matthews, 2004)

Por lo general las variedades botánicas se clasifican en dos grupos principales. El tipo eddoe (cormelos más grandes que los cormos) y dasheen (cormos más grandes que los cormelos) (Montaldo, 1991).

La asociación internacional de recursos genéticos (1997), señaló que las variedades comestibles de tipo dasheen [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] que sobresalen a nivel

mundial son: Púrpura y Common en el Oeste de la India, Mumu en Fiji y Trinidad en Estados Unidos. En el Oeste de África se han desarrollado cultivares locales.

Según Villacres (2009), en la provincia de Pastaza se encuentran dos cultivares: la Blanca muy apetecida en el mercado tanto nacional e internacional por su forma redonda-bolona y color. Este cultivar presenta excelente rendimiento e uniformidad en los cormelos, según mencionan los productores locales. El otro cultivar de interés es la Negra quien presenta mayor cantidad de raíces en comparación a la anterior, los cormelos son de forma alargada y de consistencia arenosa. Por su coloración y sabor no es apetecida en el mercado nacional.

2.2.3.2. Morfología

Planta herbácea suculenta y glabra que posee un cormo central comestible, grande, esférico, elipsoidal o cónico, del que se originan los cormelos, raíces y parte aérea (Montaldo. *et al.*, 2000).

Hojas: Consta de cuatro partes, partiendo desde la base, vaina, peciolo, nervio central y lámina (Armas, 2019). Estas son peltadas de hasta 0.6 m de largo y 0.5m de ancho, con forma de flecha, de color verde oscuro (University Of Florida, 2008).



Figura 1. Hoja de papa china (Armas, 2019)

Inflorescencia: Aparece entre los 8 y 10 meses. Está contenida por un peciolo corto, una parte carnosa que está envuelta en el tallo por una bráctea alargada de color amarillo (espata) y el espádice contiene flores masculinas y femeninas (Armas, 2019).



Figura 2. Inflorescencia (Armas, 2019)

Semillas: Por lo general no produce semillas, esto puede ser por la selección de clones infértiles que se ha producido por cientos de años para la reproducción asexual (Montaldo, 1991). Según la asociación internacional de recursos genéticos (1997). La planta es capaz de producir semilla cuando se desarrolla por completo y estas pueden ser de seis formas (1: alargada, 2: elíptica, 3: ovalada, 4: forma de cuello de botella, 5: cónica, 6: sinuosa).

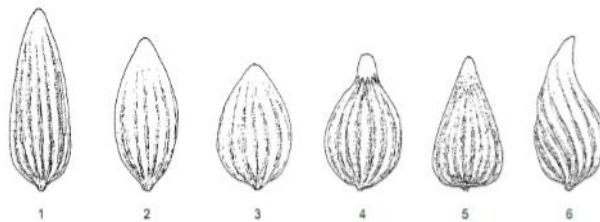


Figura 3. Semilla de papa china. (International Plant Genetic Resources, 1997)

Tallo (Cormo): Es un tallo engrosado y subterráneo, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas, se encuentra envuelto por hojas secas. La primera yema será la parte aérea de la planta (Armas, 2019).



Figura 4. Cormo de papa china (Armas, 2019).

Raíz: las raíces brotan tanto del cormo como de los cormelos, son fibrosas y de color blanco en la etapa juvenil, pero al alcanzar su madurez se tornan amarillo oscuro y su diámetro varía de 3 a 6 mm, alcanzando una longitud de hasta 2 m. La raíz primaria alcanza un aproximado de 30 a 40 cm de profundidad (Armas, 2019).



Figura 5. Raíces de papa china (Armas, 2019)

2.2.3.3. Requerimientos edafo-climáticos

Ecología

La papa china es de clima tropical y subtropical (Lozada, 2005)

Suelo

El cultivo requiere de suelos ricos en materia orgánica (M.O), de textura franco a franco limo arcillosos, estructura granular, de fácil permeabilidad y un pH de 5.5 a 6.5 (Yáñez, 2009).

Pendiente del terreno

En la provincia de Pastaza se ha observado que el cultivo se desarrolla de forma óptima en terrenos de topografía ondulada, con pendientes de 5 a 30% (Yáñez, 2009).

Temperatura

El rango de temperatura óptima se encuentra entre los 25 a 28 °C (FAO, 2019).

Foto periodo

La papa china es una especie heliófila que requiere un promedio de 12 horas luz día⁻¹ (CHEMONICS INTERNACIONAL INC, 2004).

Altitud

Según Yáñez (2009) se ha observado un óptimo desarrollo del cultivo entres los 500 - 1000 m.s.n.m.

Humedad

El cultivo requiere de 1800 a 2000 mm de precipitación año⁻¹ (FAO, 2019)

2.2.3.4. Fisiología

La papa china es un cultivo anual pues su ciclo varía de 7 a 10 meses, esto depende del material vegetativo que se use para la plantación. (Armas, 2019).

2.2.3.5. Fenología

Primera etapa: desde la brotación hasta la aparición de los cormos primarios, secundarios y terciarios, (60 días). Segunda etapa: rápido crecimiento del follaje con su máximo desarrollo foliar (60 - 150 días). Tercera etapa: rápido crecimiento de los cormos secundarios y terciarios, acompañado de la declinación del follaje (150 - 270 días) (Ye Jim Lee, 2016).

2.2.3.6. Métodos de propagación

Propagación por: cormos, pedazos de cormo primario, fracciones de cormos con una yema, in vitro (Lozada, 2005).

2.2.3.7. Sistemas de producción

Inundado

El cultivo se desarrolla con abundante agua suministrada por riego, por la naturaleza pantanosa del terreno, o por ríos desviados. Este sistema ha demostrado rendimientos superiores respecto al cultivo de secano, pero sus costos son mayores (FAO, 2019).

Tierra seca

Se trata de un cultivo cuyo único objetivo es mantener el suelo a capacidad de campo (FAO, 2019).

2.2.4. Labores de cultivo

2.2.4.1. Preparación del terreno

Inundado

Este método es aplicable cuando se dispone de un terreno plano o se haya nivelado. Para la preparación se debe realizar primero la conformación de canchales de 20 cm de altura, para inundar el terreno, luego el desbroce, arado, rastrado y enfangado, este último consiste en saturar con agua el suelo y pasar el arado de discos (FAO, 2019).

Cultivo en seco

Involucra realizar desbroce, arado y rastrado. No hay necesidad de nivelar y tampoco construir canchales; pero se deben realizar surcos para el riego gravitacional, tomando en consideración la pendiente o bien realizar surcos a curvas de nivel (FAO, 2019).

2.2.4.2. Plantación

Peñañiel *et al.*, (2009) mediante su investigación, recomienda para la provincia de Pastaza una densidad de plantación de 14286 plantas. ha⁻¹, en distancias de 0.7 m entre plantas por 1 m entre hileras y a una profundidad de 0.07 a 0.1 m.

Señala además que en caso de optar por cormelos como material de propagación, se debe considerar el calibre de los mismos ya que también de ello dependerá el rendimiento y menciona tres categorías: Primera categoría: 100 a 200 g, Segunda: 50 a 100 g y Tercera: < 50 g.

2.2.4.3. Control de malezas

El control de malezas se debe realizar de forma manual, mecanizada o con el uso de herbicidas (Lozada, 2005).

2.2.4.4. Riego

Ye Jim Lee (2016), resumió los requerimientos hídricos del cultivo acorde con las profundidades de diferentes tipos de suelos. Este autor clasificó a la papa china como un cultivo demandante de agua por lo que su déficit influye de manera negativa en el crecimiento y rendimiento (tabla 2).

Tabla 2. Necesidades hídricas del cultivo de acuerdo al tipo de suelo

Periodo (días)	Profundidad (cm)	Volumen de agua según el tipo de suelo (m ³ ha ⁻¹)		
		Ligero	Medio	Pesado
0 - 30	25 - 30	85 - 90	85 - 90	75 - 80
30 - 120	25 - 30	85 - 90	85	70 - 75
120 - 270	53 - 40	85	85	70 - 75

2.2.4.5. Aporque

La papa china por su estructura de tuberización no necesita de un aporque en exceso. Se realiza a los 120 días después de la plantación, al mismo tiempo que la fertilización con el objeto de mezclar el fertilizante con el suelo. El aporque evita el desarrollo de los macollos por la germinación de los cormelos e incrementa la producción (CHEMONICS INTERNACIONAL INC, 2004).

2.2.4.6. Deshije

Esta labor se realiza a partir del tercer mes y consiste en eliminar los botes del corno cuando este germina, dejando solo el más vigoroso (MAG Costa Rica, 2019).

2.2.4.7. Plagas y enfermedades

Plagas y enfermedades identificadas en el cultivo de *C. esculenta* (Tabla 3)

Tabla 3. Plagas y enfermedades de la papa china

Enfermedad	Agente causal	Síntomas
Pudrición seca	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición seca y corchosa, de color pardo claro, con grietas longitudinales
Tizón de la hoja	<i>Phytophthora colocasiae</i>	Lesiones moradas de color marrón purpura
Virus	<i>Virus del bacilo taro grande (TLBV)</i> , <i>Virus del bacilo taro pequeño (TSBV)</i>	Mosaico plumoso en las hojas, la lámina y venas se vuelven más gruesas, arrugamiento de hojas jóvenes
Plagas	Agente causal	Síntomas
Hormiga arriera	<i>Atta spp</i> <i>Acromyrmex spp</i>	Defoliación de la planta
Nematodos	<i>Meloidogyne incógnita</i> , <i>Meloidogyne arenaria</i>	Agallas radiculares
Ácaros	<i>Rhizoglyphus</i>	
Escarabajo	<i>Papuana woodlarkiana</i> , <i>Papuana biroi</i> , <i>Papuana huebneri</i> , <i>Papuana trinodosa</i>	El insecto se alimenta de los cormos, causando marchites e incluso la muerte de la planta

(FAO, 2019)

2.2.4.8. Cosecha

La papa china cultivada en tierra seca, expresa su madurez por la disminución en la altura de las plantas, acompañado de un amarillamiento general de las hojas. Señales similares ocurren en la papa china cultivada en condiciones de inundación, pero con una senescencia parcial del follaje. El ciclo del cultivo puede variar de 7 a 10 meses de acuerdo al clon, condiciones climáticas y fertilización (Goenaga, 2008).

2.2.4.9. Empaque

Los cormelos son transportados en canastillas o sacos a la empacadora, donde son lavados, secados mediante ventilación, empacados en cajas de cartón y guardados en cuartos fríos a 7 °C (Peñañiel. *et al.*, 2009).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación política

Provincia:	Pastaza
Cantón:	Pastaza
Parroquia:	El Triunfo
Comunidad:	El Esfuerzo 2

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud:	1° 23' 52.29" S
Longitud:	77° 48' 46.32" O

3.1.3. Ubicación ecológica

Altitud:	1037 m.s.n.m
Región:	Amazónica
Zona ecológica:	Bosque pluvial pre montano (Holdridge, 1966)

3.2. Clima

Clima:	Sub tropical húmedo
Temperatura media anual:	21 °C
Precipitación media anual:	4403 mm
Luminosidad:	1107 horas luz año ⁻¹
Humedad Relativa:	80%

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Material experimental

Para el montaje de los ensayos experimentales se utilizó como material vegetativo, secciones de corno con peciolos de *C. esculenta* (papa china cultivar “blanca”). Con un rango de peso de 300 a 500 g y de 210 días de edad, no se realizó desinfección alguna de este material.

Las tres fuentes de K^+ utilizadas en el estudio fueron las siguientes: Muriato de potasio (KCl), Nitrato de potasio (KNO_3) y Sulfato de potasio (K_2SO_4).

3.3.2. Material complementario

Como materiales complementarios para garantizar un adecuado manejo del cultivo se utilizaron los siguientes: Superfosfato triple (SFT $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$), Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$), Carbonato de Calcio ($CaCO_3$), TERRACLOR® 400 (Terraclor) 10 Kg ha^{-1} (desinfección del suelo), INDICATE (solución buffer con indicador de pH colorimétrico), Bomba de fumigar (marca Jacto), ATTA-KILL (control de hormiga arriera), Moto-guadaña (Marca Stihl) azadón, estacas, machete, letreros, balanza y libreta de campo.

3.4. Tipo de investigación

La investigación desarrollada en el presente trabajo fue una investigación experimental, ya que tuvo un enfoque cuantitativo, en los experimentos se utilizaron variables que no fueron manipuladas o controles, se manipularon variables reflejadas en los tratamientos experimentales, se realizaron observaciones y registro de datos.

3.5. Hipótesis

H0: Mediante la determinación de una fuente y dosis óptima de potasio no se puede incrementar el rendimiento de papa china, cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

H1: Mediante la determinación de una fuente y dosis óptima de potasio se puede incrementar el rendimiento de papa china, cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Para comprobar las hipótesis se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis complementada con una prueba de Mann Whitney para un nivel de significación del 95%.

3.6. Población o muestra

La población estuvo compuesta por 10 plantas que conformaron la parcela neta mientras la muestra fueron 5 plantas seleccionadas al azar dentro de la parcela neta para cada uno de los tratamientos diseñados.

3.7. Metodología

3.7.1. Muestreo del suelo

Se aplicó la metodología establecida por la Universidad Técnica de Ambato [muestreo en zig zag en una lámina de suelo que va desde los 0 a 20 cm de profundidad, se recogieron en cada sitio muestreado aproximadamente 0,5 kg de suelo a razón de 10 sub-muestras por hectárea, se homogeneizó en un contenedor (balde plástico) y se tomó 1 kg para análisis de laboratorio].

3.7.2. Análisis del suelo

Se realizó un análisis químico del suelo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, donde se determinaron los parámetros de: pH y Conductividad eléctrica (C.E) por el método electroquímico, mediante el conductímetro Orion 550A, el porcentaje de materia Orgánica (M.O) por el método gravimétrico mediante diferencias de peso determinadas en la Balanza analítica luego de incinerada la M.O de la muestra, el N-total se determinó mediante el método de KJELDAHL. En cuanto a los elementos P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn se los determino con el método de Olsen Modificado (Anexo 1).

3.7.3. Preparación del terreno

Para la preparación del suelo donde se estableció el ensayo se realizaron las siguientes labores:

- 1- Desbroce: se eliminó las malezas con moto guadaña
- 2- Delimitación de los tratamientos experimentales y repeticiones: Se utilizó un flexómetro y estacas, estableciendo de esa forma áreas de 22.4 m² (4m x 5.6m) para cada una de las parcelas donde se ubicaron los 9 tratamientos experimentales y el testigo. Se realizaron 4 réplicas en total. A continuación, se sortearon la ubicación de los tratamientos y el control para asegurar la aleatorización en cada una de las repeticiones.
- 3- Mediante el uso de azadón, se realizaron hoyos de 0.3m de diámetro por 0.2m de profundidad y en distancias de 0.7m entre plantas x 1m entre hileras. Para una densidad de plantación de 14286 plantas. ha⁻¹. Densidad recomendada para la provincia de Pastaza por Peñafiel *et al.*, (2009).

3.7.4. Desinfección del suelo

Para la desinfección del suelo se utilizó el fungicida comercial TERRACLOR® 400, el cual fue aplicado con una bomba de fumigar utilizando dosis de 10 Kg ha⁻¹ (1Kg en 200 litros de agua), previamente se regulo el pH con INDICATE (Ecuaquímica, 2019).

3.7.5. Plantación

Para la plantación del ensayo experimental, se utilizaron secciones de cormo con peciolos como material vegetativo de propagación. En un rango de peso de entre los 300 a 500 g (Figura 6).



Figura 6. Secciones de cormo con peciolos de *Colocasia esculenta* utilizadas como material vegetativo en la plantación.

3.7.6. Fertilización y aplicación de los tratamientos

Esta actividad se realizó tomando como base los resultados de los análisis del suelo, eficiencia de los fertilizantes en el mismo y los requerimientos nutricionales del cultivo por tonelada de producción, acorde con la metodología utilizada por Gadea (2001). Las necesidades se proyectaron a 15.9 t ha⁻¹ (GAD Provincial de Pastaza, 2019).

La fertilización y aplicación de los tratamientos se realizó de manera fraccionada (20% a los 30 días después de la plantación (ddp), 20% a los 90 ddp y 60% a los 120 ddp. Intervalos y porcentajes sugeridos por Solano *et al.*, (2010) de acuerdo a los picos máximos de absorción nutricional del cultivo. (Tabla 4).

Tabla 4. Fuentes, dosis y momentos de aplicación de la fertilización diseñada en el estudio

Fuentes	Aplicación de fertilizantes
---------	-----------------------------

	30 ddp	90 ddp	120 ddp
	g fertilizante. planta ⁻¹		
Superfosfato triple SFT Ca(H ₂ PO ₄) ₂	9.9	9.9	29.7
H ₂ O			
Nitrato de calcio Ca(NO ₃) ₂	2.7	2.7	8.2
Carbonato de Calcio CaCO ₃	1.0		
Muriato de potasio KCl	5.0	5.0	15.0
	10.0	10.0	29.9
	15.0	15.0	44.9
Nitrato de Potasio KNO ₃	6.6	6.6	19.9
	13.3	13.3	39.9
	19.9	19.9	59.8
Sulfato de Potasio K ₂ SO ₄	5.9	5.9	17.6
	11.7	11.7	35.2
	17.6	17.6	52.8

Tratamientos

Los tratamientos experimentales consistieron en la aplicación de tres fuentes de K⁺ (muriato, nitrato y sulfato de potasio) y tres dosis [dosis baja: (356 -50%), media: (dosis recomendada 356) y alta: (356 +50%) kg ha⁻¹ más un control “testigo absoluto” al cual no se le aplico ningún tratamiento (Tabla 5)].

Tabla 5. Tratamientos aplicados

Tratamientos	Fuentes	Dosis		Fuentes y Dosis
		Kg. ha ⁻¹	g. planta ⁻¹	
T1	KCl	356.0	25	KCl D1
T2	KCl	712.0	49.9	KCl D2
T3	KCl	1068.0	74.9	KCl D3
T4	KNO ₃	474.7	33.1	KNO ₃ D1
T5	KNO ₃	949.3	66.5	KNO ₃ D2
T6	KNO ₃	1424.0	99.6	KNO ₃ D3
T7	K ₂ SO ₄	418.8	29.4	K ₂ SO ₄ D1
T8	K ₂ SO ₄	837.6	58.6	K ₂ SO ₄ D2

T9	K ₂ SO ₄	1256.5	88.0	K ₂ SO ₄ D3
Control	-	-	-	-

3.7.7. Forma de aplicación

Las cantidades de fertilizantes correspondientes a los diferentes tratamientos experimentales fueron colocadas alrededor de la “corona” de las plantas en forma de anillo, evitando el contacto directo del fertilizante con el pseudotallo de las plantas (Figura 7).



Figura 7. Aplicación de los fertilizantes en la “corona” de las plantas en forma de anillo para evitar daños al pseudotallo de las plantas.

3.7.8. Desbroce

Para eliminar las malezas se empleó moto guadaña en los espacios entre hileras y machete para limpieza de la base de cada una (Figura 8).

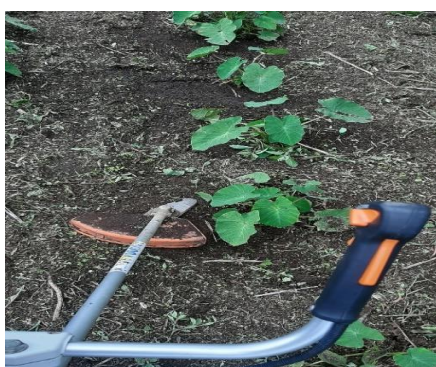


Figura 8. Eliminación de las malezas mediante moto guadaña y machete

3.7.9. Deshije

La eliminación de los “hijos” se realizó manualmente con el uso de machete, eliminando los brotes de la base de la planta para evitar la competencia por nutrientes, luz y agua con la planta madre. Esta actividad se hizo a los 90 y 120 ddp (figura 9).



Figura 9. Eliminación de los hijos en exceso de *C. esculenta* manualmente mediante el uso de machete.

3.7.10. Aporque

La mencionada labor se realizó a los 120 ddp y consistió en acumular suelo en la base del pseudotallo de la planta. Esta labor se realizó luego de efectuar el deshije, con el fin de evitar el desarrollo de los macollos por la brotación de los cormelos (Figura 10).



Figura 10. Labor de aporque realizada a los 120 posteriores a la plantación del cultivo de *C. esculenta*.

3.7.11. Control fitosanitario

Existieron daños causados por hormiga arriera “cortadora de hoja” (*Atta cephalotes* L) (Figura 6) y fue necesario realizar el control con ATTA-KILL® (insecticida hormiguicida tipo cebo), en aplicación directa a los hormigueros.



Figura 11. Daños ocasionados por hormiga arriera “cortadora de hoja” (*Atta cephalotes* L) en el cultivo de *C. esculenta*.

3.7.12. Cosecha

A los 210 ddp se comenzó a realizar la cosecha, una vez que se empezó a observar un color “amarillento moteado” característico de la senescencia del follaje (Figura 12). Esta actividad se realizó de forma manual, registrando las variables establecidas, asociadas con el rendimiento agrícola (Figura 12).



Figura 12. Características del follaje en etapa de madures fisiológica y apariencia de los cormelos en el momento de cosecha de *C. esculenta*.

3.8. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo bifactorial, donde la combinación de fuentes de potasio (3 fuentes) y dosis (3 dosis) dio lugar a 9 tratamientos factoriales. Se incluyó un control “testigo absoluto” (sin fertilización) donde no se aplicó dosis de potasio. Los datos de las variables: peso de los cormelos por planta, categorización de los cormelos en base al calibre, número de cormelos por categoría, peso de los cormelos por categoría y rendimiento agrícola (Kg de cormelos por hectárea), fueron registrados en el paquete SPSS versión 26.0 y se comprobaron los supuestos de distribución normal mediante la prueba de Shapiro Wilk y los supuestos de homogeneidad mediante la prueba de Levene. Para la separación de las medias de los tratamientos factoriales se utilizó la prueba de Kruskal Wallis complementada con un test U de Mann Whitney para $p < 0,05$.

3.9. Medición de variables

Todas las variables se evaluaron al momento de la cosecha 210 ddp. Se eligieron al azar cinco plantas de la parcela neta de cada tratamiento y testigo, iniciando en la réplica 1 y terminando en la 4.

3.9.1. Peso de los cormelos por planta

Se pesaron los cormelos de cada planta elegida y se obtuvo una media por tratamiento (Peñañiel, *et al.*, 2009).

3.9.2. Categorización de los cormelos

Se separaron los cormelos cosechados en tres categorías de peso, según las especificaciones locales del mercado, señaladas por (Peñañiel, *et al.*, 2009) (Figura 13). Los cormelos de primera (100 - 200 g), los de segundas (50 – 100 g) y los de tercera menos de 50 g.



Figura 13. Selección de cormelos por las categorías y especificaciones locales del mercado donde: categoría I correspondió a comelos de primera con un peso que varió entre 100 - 200 g, categoría II presencia de cormelos de segunda con un peso promedio entre 50 – 100 g y categoría III cuyos cormelos pesaron menos de 50 g y tuvieron una calidad de tercera.

3.9.3. Número de cormelos por planta y categoría

Se determinó el número de cormelos de primera, segunda y tercera categoría por planta y se obtuvo un promedio por tratamiento acorde con la metodología utilizada por Acosta (2017).

3.9.4. Peso de los cormelos por categoría

Se determinó el peso promedio de los cormelos de cada categoría por tratamiento experimental evaluado. Los resultados fueron expresados en unidades de $t. ha^{-1}$ (Figura 14).



Figura 14. Peso promedio de los cormelos de *C. esculenta* por cada categoría

3.9.5. Rendimiento de cormelos por hectárea

Con datos del peso promedio de los cormelos de primera, segunda y tercera categoría por planta, se estimó en rendimiento agrícola por hectárea ($t. ha^{-1}$) para cada uno de los tratamientos y el control.

3.10. Relación beneficio-costo⁻¹ (B.C⁻¹)

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos aplicados, se realizó el análisis de la relación beneficio. costo⁻¹, considerando los costos fijos, costos variables y precio promedio de venta del producto por categoría.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Determinación de la fuente de K⁺ que favorezca el Rendimiento agrícola.

En base a los resultados obtenidos, la fuente en base a KNO₃ fue la que mayor incremento del rendimiento agrícola. Sin embargo, las fuentes a bases de K₂SO₄ y KCl alcanzaron rendimiento agrícola superior al control sin fuente de potasio (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el rendimiento agrícola de Colocasia esculenta (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Fuentes de potasio	\bar{x}	Rango promedio
KCl	22.45	118.18 c
KNO ₃	25.69	170.40 a
K ₂ SO ₄	23.94	142.07 b
Control	18.66	51.35 d

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

Al aplicar KNO₃ se incrementó significativamente el peso promedio de los cormelos (expresado en Kg. Planta⁻¹). De modo similar al aplicar K₂SO₄ y KCl se alcanzaron incrementos significativos en el peso promedio de los cormelos respecto al control sin fuente de potasio (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el peso promedio de los cormelos (Kg. Planta⁻¹) de Colocasia esculenta (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Fuentes de potasio	\bar{x}	Rango promedio
KCl	1.57	118.08 c
KNO ₃	1.79	170.25 a
K ₂ SO ₄	1.68	142.19 b
Control	1.31	51.48 d

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

El potasio como elemento químico es clave en la nutrición de numerosos cultivos de raíces tuberosas, tubérculos y en aquellos que producen cormelos, pues durante el desarrollo y crecimiento vegetativo tiene una función importante en la economía del agua y evitar situaciones de estrés hídrico, facilita el crecimiento y desarrollo de raíces y tallos subterráneos y ayuda al transporte de los foto-asimilados desde la parte aérea de la planta hacia los órganos de reserva (Martineau et al., 2017).

La aplicación de fuentes de potasio basadas en el uso de KNO_3 en el cultivo de *C. esculenta* ha demostrado incrementar notablemente el rendimiento agrícola y sus componentes. Estos autores definen que el elemento más abundante en la etapa de activo crecimiento en la planta de *C. esculenta* es el potasio alcanzando valores que varían desde el 1.08-1.77% de contenido de potasio por cada 100 g de materia seca producido (More et al., 2019).

En varios suelos a pesar de que los análisis pueden arrojar alto contenido de potasio, resulta que en ocasiones únicamente el 2% está accesible para las plantas. El potasio prevalece de dos modos: el primero formando parte de la solución del suelo y el segundo se refiere a la cantidad de dicho elemento intercambiable que queda retenido por las arcillas y la materia orgánica del suelo (Muñoz Suarez y Untuña Camalli, 2014).

La aplicación de KNO_3 no es común en el cultivo de *Colocasia* pues se prefiere utilizar como fuente de potasio KCl (Maretta et al., 2020). Sin embargo, en los resultados del presente trabajo se demostró que para las plantas de *C. esculenta* cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza fue la mejor opción, lo cual constituye una nueva alternativa para la fertilización de dicho cultivo.

Adicionalmente es conocido que la aplicación de KNO_3 genera mayor crecimiento, regula osmóticamente las células vegetales (Asim et al., 2018). De modo similar este fertilizante muestra sinergia entre el anión $[NO_3^-]$ y el catión $[K^+]$, lo cual permite una rápida absorción de ambos iones por las raíces de la planta (Parra-Terraza, 2016). Adicionalmente al aplicar el KNO_3 se contrarrestan los efectos nocivos del sodio (Na^+)

y del (Cl⁻), por lo que se recomienda ampliamente para cultivos muy sensibles a la salinidad y cuando se usa agua de mala calidad para el riego (Çavuşoğlu *et al.*, 2017).

Cuando se aplicó KNO₃ se observó un incremento significativo del número de cormelos por planta. Sin embargo, la aplicación de fuentes de K₂SO₄ y KCl no influyeron significativamente sobre el número de cormelos por planta pues no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto al control sin fertilización (tabla 8).

Tabla 8. Efecto de diferentes fuentes de potasio sobre el número de cormelos por planta de *C. esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Tratamientos	\bar{x}	Rango promedio
KCl	8.37	285.86 b
KNO ₃	9.83	344.72 a
K ₂ SO ₄	8.47	283.84 b
Control	8.78	261.73 b

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

El uso de KNO₃ como fuente para la fertilización en algunos cultivos ha mostrado un efecto positivo sobre el incremento en el número de cormelos (Kumar *et al.*, 2017). Asimismo, acorde con los resultados de Isaac *et al.* (2015) se incrementó el rendimiento agrícola y el número de cormelos por planta en *C. esculenta* cuando utilizaron KNO₃ como fuente de fertilizante. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente trabajo.

4.2 Determinación de la dosis óptima de potasio que incremente la calidad comercial de los cormelos de *C. esculenta*.

Con la aplicación de la fuente de KNO₃ con la dosis de 99.6 g. planta⁻¹ se alcanzó la mayor cantidad de cormelos con calidad de primera (con peso entre 100 - 200 g) mientras que la menor calidad de primera se presentó cuando se aplicó KCl a razón de

25 g. planta⁻¹ y K₂SO₄ al aplicar 29.4 g. planta⁻¹. En relación con los cormelos de segunda categoría (con peso entre 50 – 100 g) se incrementaron cuando se aplicó KNO₃ con la dosis de 66.5 g. planta⁻¹ mientras que se redujeron claramente cuando no se aplicó fuente de potasio. La mayor cantidad de cormelos con calidad de tercera (con peso menor de 50 g) se obtuvo cuando no se aplicaron fuentes de potasio (figura 16).

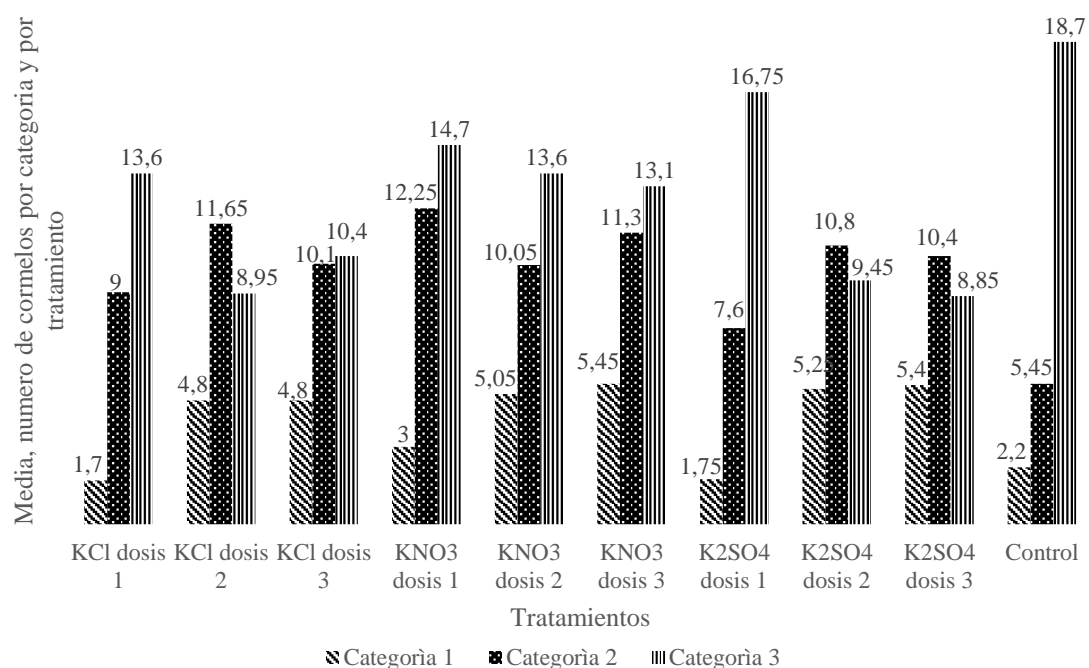


Figura 15. Influencia de tres fuentes de potasio con tres dosis sobre la distribución de frecuencia de las categorías de calidad de cormelos de *C. esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

El mayor número de cormelos con calidad de primera (con peso entre 100 - 200 g) por planta se logró con los tratamientos factoriales: KNO₃ dosis de 99.6 g. planta⁻¹, K₂SO₄ dosis 58.6 g. planta⁻¹ y K₂SO₄ dosis 88.0 g. planta⁻¹ sin diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero si con el resto de los tratamientos (tabla 8).

Tabla 9. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de primera (con peso entre 100 - 200 g) por planta de *C. esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Tratamientos	\bar{X}	Rango promedio
KCl dosis 1	1.7	30.05 d
KCl dosis 2	4.8	125.90 b

KCl dosis 3	4.8	125.90 b
KNO ₃ dosis 1	3	64.93 c
KNO ₃ dosis 2	5.05	136.82 b
KNO ₃ dosis 3	5.45	150.78 a
K ₂ SO ₄ dosis 1	1.75	31.30 d
K ₂ SO ₄ dosis 2	5.25	144.40 a
K ₂ SO ₄ dosis 3	5.4	152.13 a
Control	2.2	42.80 d

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

En la literatura científica revisada este constituye el primer informe donde se utilizan fuentes minerales de potasio para determinar la influencia de las mismas sobre la calidad comercial de sus cormelos. Para las condiciones del mercado ecuatoriano en lo referido a la comercialización se recomiendan los tratamientos KNO₃ dosis de 99.6 g. planta⁻¹, K₂SO₄ dosis 58.6 g. planta⁻¹ y K₂SO₄ dosis 88.0 g. planta⁻¹.

Los tratamientos factoriales de KCL dosis 49.9 g. planta⁻¹ y KNO₃ dosis 33.1 planta⁻¹ fueron los que tuvieron mayor número de cormelos con calidad de segunda (con peso entre 50 – 100 g) por planta No tuvieron diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero si con el resto de los tratamientos evaluados (tabla 9).

Tabla 10. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de segunda (con peso entre 50 – 100 g) por planta de *C. esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Tratamientos	\bar{X}	Rango promedio
KCl dosis 1	9	76.08 d
KCl dosis 2	11.65	143.45 a
KCl dosis 3	10.1	103.68 c
KNO ₃ dosis 1	12.25	156.05 a
KNO ₃ dosis 2	10.05	100.55 c
KNO ₃ dosis 3	11.3	133.03 b

K ₂ SO ₄ dosis 1	7.6	40.50 e
K ₂ SO ₄ dosis 2	10.8	123.95 b
K ₂ SO ₄ dosis 3	10.4	112.98 b
Control	5.45	14.75 f

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

Para los fines de obtener cormelos semillas para plantar o multiplicar los propágulos de *C. esculenta* en base a los resultados del presente trabajo recomendamos utilizar los tratamientos KCl dosis 49.9 planta⁻¹ y KNO₃ dosis 33.1 planta⁻¹. Sin embargo, en la literatura científica revisada no se registran informes donde se utilicen fuentes de potasio que influyan sobre la calidad de los cormelos con fines de utilizarlos como material de siembra.

Finalmente, cuando no se utilizó fuente de potasio fue cuando se obtuvieron los cormelos con peso menor a 50 g correspondientes a la categoría 3 o los de peor calidad lo cual demuestra la importancia del elemento potasio para incrementar la calidad comercial de los cormelos de plantas de *C. esculenta* cultivar “blanca” (tabla 10).

Tabla 11. Efecto de diferentes fuentes de potasio y dosis sobre el número de cormelos con calidad de tercera (con peso menor a 50 g) por planta de *C. esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza.

Tratamientos	\bar{x}	Rango promedio
KCl dosis 1	13.6	120.10 d
KCl dosis 2	8.95	35.30 f
KCl dosis 3	10.4	61.30 e
KNO ₃ dosis 1	14.7	136.55 c
KNO ₃ dosis 2	13.6	120.78 d
KNO ₃ dosis 3	13.1	111.50 d
K ₂ SO ₄ dosis 1	16.75	161.75 b
K ₂ SO ₄ dosis 2	9.45	44.63 ef
K ₂ SO ₄ dosis 3	8.85	33.35 f

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis, complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n=10$.

A pesar de que no se registran antecedentes investigativos sobre la influencia de fuentes de potasio sobre la calidad comercial según los estándares ecuatorianos de calidad comercial. Algunos autores prefieren evaluar parámetros de calidad para comparar el desempeño de diferentes variedades con valor comercial en diferentes sitios de estudios (Angami *et al.*, 2015).

Hota *et al.* (2014) realizaron una investigación sobre el efecto de fuentes inorgánicas y orgánicas para realizar enmiendas a los suelos que promovieron el rendimiento agrícola y la calidad de los cormelos. Al aplicar las fuentes inorgánicas en base a fertilización NPK observaron un incremento en la calidad de los cormelos como en el presente estudio. Sin embargo a diferencia de nuestro enfoque metodológico, estos investigadores relacionaron además la expresión de perfiles de enzimas asociadas con la actividad microbiana del suelo, las propiedades físicas del mismo y el conteo de microorganismos del suelo.

Al analizar las relaciones entre el rendimiento agrícola con el peso de cormelos y con el número de cormelos por planta se determinó que entre el rendimiento agrícola y el peso de cormelos existió una alta correlación positiva entre ambas variables. Sin embargo, el rendimiento agrícola en este estudio no mostró correlación con el número de cormelos (tabla 11).

Tabla 12. Correlación de Pearson entre las variables rendimiento agrícola, peso de los cormelos y número de cormelos de plantas de *Colocasia esculenta* (L.) Schott cultivar “blanca” en la parroquia El Triunfo, provincia de Pastaza, para un nivel de significación de 0,01.

Tabla de Correlaciones

	Rendimiento	Peso de cormelos	Número de cormelos
--	-------------	------------------	--------------------

Rendimiento	Correlación de Pearson	1	1.000**	0.006
	Sig. (bilateral)		0	0.935
	N	200	200	200
Peso de cormelos	Correlación de Pearson	1.000**	1	0.006
	Sig. (bilateral)	0		0.936
	N	200	200	200
Número de cormelos	Correlación de Pearson	0.006	0.006	1
	Sig. (bilateral)	0.935	0.936	
	N	200	200	200

** . La correlación es altamente significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Similar a nuestro resultado Paul *et al.* (2014) lograron obtener correlaciones positivas entre el peso de los cormelos y el rendimiento agrícola. Sin embargo, no tomaron en cuenta las correlaciones entre el rendimiento y el número de cormelos. En algunos cultivares de *Colocasia* el número de cormelos por planta es un atributo genético que no está fuertemente influenciado por los niveles de nutrientes en el suelo (Kumar, 2020), quizás ese haya sido el motivo por el cual las plantas de *C. esculenta* cultivar “blanca” no haya mostrado correlación con el rendimiento agrícola y el número de los cormelos.

4.3. Realización del análisis económico, mediante la relación beneficio. costo⁻¹ de los tratamientos.

4.3.1. Determinación del Rendimiento de cormelos por hectárea

Al analizar los rendimientos agrícolas relacionado con los componentes de cormelos de primera, segunda y tercera categoría para cada tratamiento se proyectan los rendimientos potenciales alcanzados en el estudio expresados a toneladas por hectárea (tabla 13).

Tabla 13. Rendimientos agrícolas de cormelos de primera, segunda y tercera categoría por tratamiento, proyectados a toneladas por hectárea (t. ha⁻¹).

Tratamientos	Rendimiento
--------------	-------------

	Categoría comercial	t. ha ⁻¹	
T1	1	3.5	19.4
	2	8.3	
	3	7.6	
T2	1	9.6	23.8
	2	9.9	
	3	4.3	
T3	1	9.0	23.2
	2	9.4	
	3	4.8	
T4	1	5.4	21.0
	2	10.7	
	3	4.9	
T5	1	10.1	27.6
	2	10.0	
	3	7.5	
T6	1	10.7	28.5
	2	11.2	
	3	6.6	
T7	1	3.6	19.9
	2	7.5	
	3	8.8	
T8	1	10.7	26.3
	2	11.1	
	3	4.5	
T9	1	10.7	25.0
	2	9.8	
	3	4.5	
T0	1	4.3	18.6
	2	4.9	
	3	9.4	

4.3.2. Determinación de la Relación beneficio. costo⁻¹ (B. C⁻¹)

Para este análisis se consideraron los costos fijos (Anexo 3), costos variables (Anexo 4) y el precio promedio de venta del producto por categoría (tabla 13).

Tabla 14. Análisis de la relación beneficio. costo⁻¹ considerando los costos fijos, costos variables y el precio promedio de venta del producto por categoría de cormelos.

Tratamientos	Relación beneficio. costo ⁻¹		
	Beneficio	Costo	B.C ⁻¹
T1	5690	4366.54	1.3
T2	9817	4707.87	2.1
T3	9309.5	4974.13	1.9
T4	7539.5	4728.33	1.6
T5	10387	5437.62	1.9
T6	11128	6065.15	1.8
T7	5548	4998.66	1.1
T8	10945	5986.29	1.8
T9	10477	6590.88	1.6
T0	5088	4028.88	1.3

Los precios de venta de los cormelos de primera categoría oscilan entre los 0.17 y 1.06 \$, de segunda variaron entre 0.085 y 0.64 \$ y por último los de tercera que fluctuaron entre los 0.042 y 0.11 \$ por Kg. Estos últimos son considerados rechazos y se comercializan para alimentación de cerdos y aves de corral.

Según Izquierdo *et al.*, (1992) todo proyecto debe considerarse como rentable cuando la relación beneficio. costo⁻¹ sea mayor a la unidad ($B.C^{-1} > 1$). De ser menor significa pérdida y un resultado igual significa que se encuentra en un punto de equilibrio en el

cual no existe, ni pérdidas ni ganancias. La presente investigación revela que todos los tratamientos generaron ganancias, pues por cada dólar invertido se obtuvieron ganancias que variaron desde los 0.3 (T0, T1) a los 1.1 (T2) dólares americanos. Ingresos que no son estables pues los precios varían en función de la oferta y la demanda que exista en el mercado, pero son significativamente superiores a no utilizar fuentes de potasio como fertilizantes.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

- 1) La fuente de fertilización KNO_3 fue la que mayor rendimiento agrícola produjo en plantas de *C. esculenta* cultivar “blanca”.
- 2) Al aplicar $99.6 \text{ g. planta}^{-1}$ de KNO_3 se obtuvo la mayor cantidad de cormelos de *C. esculenta* cultivar “blanca” con calidad de primera con peso ubicado en el rango de $100 - 200 \text{ g.}$
- 3) Todos los tratamientos donde se utilizaron fuentes de potasio generaron ganancias acordes con los resultados del análisis beneficio. costo⁻¹, pues por cada dólar invertido se obtuvieron ganancias que variaron desde los 0.3 a los 1.1 dólares americanos.

5.2. Recomendaciones

- 1) Recomendamos a los productores de *C. esculenta* cultivar “blanca” utilizar el KNO_3 como fuente de fertilización potásica para incrementar el rendimiento agrícola en la parroquia.
- 2) Aplicar KNO_3 a razón de $99.6 \text{ g. planta}^{-1}$ para los productores que deseen incrementar los cormelos con calidad de primera y por ende de mayor valor comercial.
- 3) Al aplicar KNO_3 a razón de $33.1 \text{ g. planta}^{-1}$ para los productores que quieran producir cormelos semilla
- 4) Recomendamos a los productores de *C. esculenta* cultivar “blanca” utilizar $49.9 \text{ g. planta}^{-1}$ de KCl para que incrementen sus ganancias.

5.3. Referencias bibliográficas

- Acosta, L. (2017). Efecto de dos programas defertilizacion sobre la calidad y rendimiento del cultivo de ñampi (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) EN DOS ZONAS PRODUCTORAS DE LA REGION HUERTAR NORTE. Costa Rica.
- Ahmad, R., Muhammad, D., Mussarat, M., Fahad, S., Ullah, S., Ahmad, T., & Wahab, S. (2018). Effect of Different Levels of Nitrogen on Yield of *Colocasia*

(*Colocasia esculenta*) at District Malakand Dargai. *Open Journal of Soil Science*, 8(2), 87-98.

Anand, S., & Guinto, D. F. (2017). Dry matter accumulation, nutrient uptake and nutrient use efficiency of two improved cultivars of taro (*Colocasia esculenta*) under screen house conditions in Samoa. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 1-11.

Angami, T., Jha, A. K., Buragohain, J., Deka, B. C., Verma, V. K., & Nath, A. (2015). Evaluation of taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for growth, yield and quality attributes. *Journal of Horticultural Sciences*, 10(2), 183-189.

Anikwe, M. A. N., Emmanuel, O. P., Eze, J. C., Ibudialo, A. N., & Edeh, V. N. (2015). Identifying fertilizer management strategies to maximize soil nutrient acquisition by cocoyam (*Colocasia esculenta*) in a degraded ultisol in Agbani, Enugu area, southeastern Nigeria. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, 5(2), 61-70.

Ararat, O. (2012). Valoraciones agronomicas y de rendimiento en la cosecha de papa china (*Colocasia esculenta* L.) en el tropico humedo colombiano. *scielo*, 169-172.

Armas, F. (2019). *Manual tecnico para el pequeño agricultor*. Morona Santiago, ec.

Asante, M. O. O., Ahiakpa, J. K., Amoatey, C., & Adjei-Nsiah, S. (2017). Effect of shade and level of fertilizer application on nutrient uptake and dry matter partitioning in cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(16), 2312-2325.

Asim, M., ul Haque, E., Ashraf, T., Hayat, A., & Aziz, A. (2018). Application of plant growth regulator and potassium nitrate to improve the quality and yield in washington navel oranges (*Citrus sinensis*). *World Journal of Biology and Biotechnology*, 3(3), 209-213.

Asociación de recursos genéticos Internacionales. (1997). *Descriptors for Taro (Colocasia esculenta)*. Bioversity International.

Bhatt, D., Singh, K. V., Barholia, A. K., & Vishvkarma, D. (2019). Effect of different levels of fertilizer and plant spacing on quality parameters of Taro (*Colocasia*

- esculenta L. Schott). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), 481-483.
- Caicedo, W. (2018). Tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) schott) como una fuente energética tropical para alimentar cerdos. una reseña corta sobre las características de la composición química y de los factores antinutricionales . Quito, ec. 20 (1). Researchgate. (en línea). Consultado 22 feb de 2020. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/325995741>).
- Çavuşoğlu, K., Cadil, S., & Çavuşoğlu, D. (2017). Role of Potassium Nitrate (KNO₃) in Alleviation of Detrimental Effects of Salt Stress on Some Physiological and Cytogenetical Parameters in *Allium cepa* L. *Cytologia*, 82(3), 279-286.
- Chabata, I. (2017). Nutritional composition of cocoyam (*Colocasia esculenta*), grown in manicaland province in Zimbabwe. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 7(3), 48.
- CHEMONICS INTERNACIONAL INC. (2004). Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola- El cultivo de malanga coco (*Colocasia esculenta* L). Obtenido de (en línea). Consultado 30 nov 2019. Disponible en: <http://occidenteagricola.com/pdf/MANUALES%20TECNICOS%20YUCA/Cultivo%20de%20Malanga.pdf>
- Ecuaquimica. (2019). Ficha técnica del INDICATE. Consultado 22 Dic de 2019. Disponible en: www.ecuaquimica.com.ec/producto/indicate/#iLightbox
- FAO. (2019). Cultivo de Taro (*Colocasia esculenta* L.). Obtenido de Consultado 21 de agosto de 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ac450e06.htmTopOfpage>
- Gadea, A. (2001). Curva de absorción de Ñampí. Elaboración propia. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
- GAD Provincial de Pastaza. (2019). Cadena Productiva de la Papa China. Pastaza, ec. Consultado 22 de nov 2019. Disponible en: http://www.pastaza.gob.ec/pdf/papa_china_final.pdf.
- Geiger, K. & Kopen. 2019. CLIMATE-DATA.ORG. (en línea). Consultado 20 nov. de 2019. Disponible en: <https://es.climate-data.org>

- Gerrano, A. S., Jansen Van Rensburg, W. S., Adebola, P. O., Manjeru, P., Bairu, M. W., & Venter, S. L. (2019). Evaluation and selection of taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] accessions under dryland conditions in South Africa. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 69(3), 219-227.
- Goenaga, R. & Chardon, U. (2008). Growth, yield and nutrient uptake of taro grown under upland conditions, 18:5, 1037-1048, DOI: 10.1080/01904169509364959.
- Helmich, M. (2010). Número de fileiras no canteiro na produção e rentabilidade de quatro clones de taro (*colocasia esculenta* (L.) schott). Tesis Ing. Universidad federal de Grande Dourados. Dourados, Brasil.
- Hidayatullah, C. S. R., Santosa, E., & Sopandie, D. (2020). Respon Genotipe Talas *Colocasia esculenta* var *esculenta* dan var *antiquorum* pada Interval Pemberian Air Berbeda. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(3), 249-257.
- Hota, R., Jena, A. K., & Narayana, K. L. (2014). Effect of inorganic and organic amendments on yield of cocoyam (*Colocasia esculenta*), and on soil properties. *World Journal of Agricultural Research*, 2(2), 70-81.
- Ibudialo, A. N., & Anikwe, M. A. N. (2015). Stratification of soil physicochemical properties as affected by tillage and NPK fertilization rates under cocoyam (*Colocasia esculenta*) in two agro-environment of southeastern Nigeria. *Elix. Agric*, 88, 36230-36241.
- International Plant Genetic Resources. (1997). *Bioversity, International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores para el Taro Colocasia esculenta*. (en linea). Consultado 22 nov 2019. Disponible en: http://books.google.com.ec/books?id=DV_W3nwuh0C&pg=PA44&lpg=PA44&dq=Colocasia+esculenta+caracteristicas+de+temperatura+y+suelo&source=bl&ots=nbvzVsruHI&sig=kkhm66som0dW_H9xDfZm3ZVtPc8&hl=es&ei=p9G2Scy5JpmRmQfm_9DqCg&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=r

- IPNI. (2019). Fichas técnicas de fertilizantes utilizados en la agricultura moderna. Obtenido de (en línea). Consultado 30 nov 2019. Disponible en: www.ipni.net/specifics
- Isaac, S. R., Varghese, J., & Dickson, V. J. (2015). Influence of Nutrient Management Practices on the Growth and Yield of Taro (*Colocasia esculenta*). *J. Root Crops*, 41(2), 62-64.
- Iwuagwu, M. O., Ogbonnaya, C. I., & Onwuchekwa, O. (2020). Complementary Effects of Rice husk and Nitrogen Fertilizer on the Growth, Yield and Nutrient Uptake of Cocoyam (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *American Journal of Plant Biology*, 5(1), 1-11.
- Izquierdo, S. Hernández, C. Coss, M. (1992). Administración y evaluación de proyectos agroindustriales. IFAIN. San José, CR: 274p.
- Kumar, A., Denre, M., Prasad, R., Shahi, D. K., & Agarwal, B. K. (2017). Yield and trace metal levels in colocasia (*Colocasia esculenta* L.)-potato (*Solanum tuberosum* L.) cropping sequence as influence by fly ash and fertilizer application. *Emergent Life Sciences Research*, 3, 1-5.
- Kumar, R. (2020). Studies on genetic variability, heritability and coefficients of correlation for yield and qualitative traits in Arvi [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 1361-1363.
- KUMAR, K. S., SHEKAR, R. C., & RAJANI, D. Effect of chemicals on corm and cormel production in gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.). *Andhra Pradesh J Agril. Sci* : 3(2): 79-83, 2017.
- Lozada, A (2005). "Produccion del cultivo de papa china (*colocasia esculenta*) utilizando dos metodos de propagacion asexual bajo cuatro niveles de fertilizacion. tesis ing. Escuela Politecnica de Chimborazo. Riobamba,ec. 102p
- MAG Costa Rica (2019). Aspectos Técnicos sobre Cuarentena y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. *Colocasia esculenta*. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de Consultado 22 feb. 2020. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-nampi.pdf>


- Marschener, H. (1995). *Nutrición mineral en plantas superiores*. . London: London Academic Press.
- Maretta, D., Sobir, S., Helianti, I., Purwono, P., & Santosa, E. (2020). Genetic diversity in Eddoe Taro (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) from Indonesia based on morphological and nutritional characteristics. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(8).
- MATTHEWS, Peter J. Genetic diversity in taro, and the preservation of culinary knowledge. *A journal of Plants, People, and Applied Research. Ethnobotany Research & Applications* 2: 55-71, 2004.
- Martineau, E., Domec, J. C., Bosc, A., Dannoura, M., Gibon, Y., Bénard, C., & Jordan-Meille, L. (2017). The role of potassium on maize leaf carbon exportation under drought condition. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(10), 1-13.
- Mandavi, M., Navaz, M., Shukla, N., Singh, J., & Kumar, S. (2018). Effect of integrated nutrient management on growth parameters of taro (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2677-2678.
- More, S. J., Ravi, V., & Raju, S. (2019). Tropical tuber crops. *Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables*, 1, 719-758.
- Montaldo, A. (2000). *Hortalizas Amazonicas: Estudio Cromosómico en Clones de Colocasia esculenta*. Obtenido de Consultado el 22 feb. Disponible en: <http://www.concope.gov.ec/>
- Muñoz Suarez, H. R., & Untuña Camalli, J. I. (2014). Evaluación de dosis de fertilizantes químicos y de fertilización alternativa en el cultivo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L) schott) en el sector San Pablo de Maldonado cantón La Maná–Cotopaxi (Bachelor's thesis, LA MANÁ/UTC/2014).
- Noor, S., Talukder, M. R., Bhuiyan, M. K. R., Islam, M. M., Haque, M. A., & Akhter, S. (2015). Development of Fertilizer Recommendation for Aquatic Taro (*Colocasia esculenta*) in Grey Terrace Soil. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 38(1).

- Omid, A. Q., Singh, M. K., Bijendra, S., Mukesh, K., Singh, S. P., Satya, P., & Tripathi, S. K. (2018). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and yield of Arvi (*Colocasia esculenta* L.) CV. Vallabh Hans. *HortFlora Research Spectrum*, 7(2), 98-103.
- Pacheco, P. & Maldonado A. (2013). Ficha tecnica de calidad de papa: comision administradora.
- Parra-Terraza, S. (2016). Relaciones NO₃⁻/aniones y K⁺/cationes en la solución nutritiva para el crecimiento de plántulas de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1527-1538.
- Paul, K. K., Bari, M. A., Islam, S. M. S., & Debnath, S. C. (2014). Genotypic and phenotypic correlation coefficient studies for taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.). *Bangladesh Journal of Botany*, 43(1), 113-117
- Peñañiel, M. & Basantes, E. (2009). " Efecto de la aplicación edáfica del silicio en diferentes dosis, en el cultivo de la papa china (*colocasia esculenta*) en combinación con dos niveles de abono orgánico". Tesis Ing. Puyo, ec. 160p
- Raju, J., & Byju, G. (2019). Quantitative determination of NPK uptake requirements of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Journal of Plant Nutrition*, 42(3), 203-217.
- Sachan, H. K., & Krishna, D. (2018). Nutrient status and their relationship with soil properties of dalo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) growing areas of Rewa district in Fiji. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(6), 696-699.
- Silva, J. A., Sato, D., Leung, P., Santos, G., & Kuniyoshi, J. (1990). Response of Chinese Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. 'Bun Long') to Nitrogen and Potassium Fertilization.
- Zhang, M., Li, J., Zhang, Z., Yao, B., Xu, W., & Shen, J. (2018). Agronomic effects of recommended NPK fertilization on vegetable farming. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 33(10), 1023-1029.
- Udom, B. E., & Lale, N. E. S. (2017). Integrated use of poultry manure and NPK fertilizer on soil properties and cocoyam production. *International Journal of Plant and Soil Science*, 20(5), 1-8.

- Uddin, M. K., Sultana, J., Alauddin, M., Rahman, M. H., Akhter, M., Rodrigues, A. P., & Rahman, M. K. (2018). Effects of decomposed poultry litter, nitrogen and phosphorus on growth and micronutrient content of arum (*Colocasia esculenta* L.). *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 4(1), 11-18.
- University Of Florida. (2008). Weed Alert, Wild taro, (*Colocasia esculenta*). Obtenido de Consultado el 22 de feb. del 2020. Disponible en: <http://www.dep.state.fl.us/lands/invaspec/2ndlevpgs/pdfs/WildTaro.pdf>
- Villacres, N. (2009). Proyecto de papa china organica (*Colocasia esculenta* L.) Boletín informativo del Consejo Provincial de Pastaza. Puyo, ec. 20p.
- Wen, C. H. E. N. G., & Shen-gen, X. I. A. O. (2014). Comparison of Growth Characteristics and Yield among Different Varieties of *Colocasia esculenta*. *Crop Research*, (3), 16.
- Yanez, W. (2009). La Papa china (*colocasia esculenta* L). Pastaza: (Eds). Universidad Estatal Amazonica. 15p.
- Ye Jim Lee. 2016. Fertilizer Use efficiency of taro (*Colocasia esculenta* Schott) and nutrient composition of taro tuber by NPK fertilization. Researchgate, Doi: 10.7745/KJSSF.2016.49.4.388. 17-18p.
- Zhang, M., Li, J., Zhang, Z., Yao, B., Xu, W., & Shen, J. (2018). Agronomic effects of recommended NPK fertilization on vegetable farming. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 33(10), 1023-1029.

5.4. Anexos

Anexo1. Análisis de suelo realizado en la Universidad Técnica de Ambato



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

LABORATORIO DE SUELOS

Casilla 18-01-334 Telfs. 746151-746171 Fax 746231 Cevallos - Tungurahua

REPORTE #68

Datos del cliente:

NOMBRE:	Efrain Pineda	COD. LAB	68 V 2019
ATENCION:	Efrain Pineda	MUESTRA:	Suelo
DIRECCIÓN:	El Triunfo-Puyo	MATRIZ :	S
PROVINCIA:	Pastaza	ANALISIS:	Completo
CANTÓN:	Puyo		

Datos de la muestra:

	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	11/11/2019
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	INGRESO AL LAB.:	11/11/2019
LOTE:	SALIDA:	12/12/2019
CULTIVO ANTERIOR:		
CULTIVO ACTUAL:		

ANALISIS	Unidad	Valor	Nivel
pH extracto suelo:agua		5,10	Ac
C.E. extracto suelo:agua 1:2,5	mmhos/ cm	0,3	NS
Textura	Clase		
Arena	%		
Limo	%		
Arcilla	%		
M.O.	%	34,9	A
N - TOTAL	ppm	262,0	A
P	ppm	7	B
K	meq/100 g	1,7	A
Ca	meq/100 g	7,0	A
Mg	meq/100 g	2,1	A
Cu	ppm	8	B
Mn	ppm	4	B
Zn	ppm	1	B
Ca/Mg	meq/100 g	3	B
Mg/K	meq/100 g	1	O
Ca+Mg/K	meq/100 g	5	O

INTERPRETACION	
M Ac	Muy Acido
Ac	Acido
Me Ac	Medianamente Acido
LAc	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
NS	No Salino
L S	Ligeramente Salino
S	Salino
M S	Muy Salino
O	Optimo

Parametro analizado	Metodo	
pH	Electroquimico	PHiConductimetro Orion 550A
C.E	Electroquimico	PHiConductimetro Orion 550A
Textura	Bauyocuos	Liquidadora Bauyocuos
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

Marcia Buenaño

Quím. Marcia Buenaño

RESPONSABLE DEL ANALISIS

Anexo 2. Diseño experimental (disposición de los tratamientos en cada una de las repeticiones)

Replica 1		Replica 2		Replica 3		Replica 4	
T3	T1	T8	T4	T2	T9	T8	T4
T5	T7	T6	T3	T5	T1	T2	T7
T2	T6	T5	T1	T6	T7	T5	T1
T9	T4	T2	T9	T0	T4	T3	T0
T0	T8	T7	T0	T3	T8	T9	T6

Anexo 3. Costos fijos de los tratamientos aplicados y testigo, en los cuales se consideró todos aquellos costos referentes a mano de obra, fertilización de fondo y productos fitosanitarios aplicados.

Actividad	Cantidad	Unidad	C. Unitario (\$)	C. Total (\$)
Análisis de suelo	1	Unidad	28	28
Rose	5	Jornal	30	150
Hoyado	9	Jornal	18	162
Desinfección del suelo	3	Jornal	18	54
TERRACLOR® 400	10	Kg	16.1	161
INIDICATE ®	1	L	12	12
Bomba de fumigar	1	Unidad	25	25
Material vegetativo	14286	Plantas	0.1	1428.6
Plantación	6	Jornal	18	108
Fertilización	6	Jornal	18	108
Superfosfato triple SFT	708	Kg	0.5	354
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O	195	Kg	0.9	175.5
Nitrato de calcio Ca(NO ₃) ₂	15	Kg	0.15	2.25
Carbonato de Calcio CaCO ₃	1	Jornal	18	18
Control fitosanitario	1	Kg	5.68	5.68
ATAKILL	6	Jornal	30	180
Desbroce y deshije	12	Jornal	18	216
Deshije y aporque	25	Jornal	18	450
Cosecha				
Subtotal (\$)				3638.03
Imprevistos (\$) 5%				181.90
Total (\$)				3819.93

Para obtener los costos fijos del testigo absoluto (T0), se restó del total 639,75 \$ correspondientes a la fertilización y mano de obra de la misma porque no se le aplicó fertilización alguna.

Anexo 4. Costos variables de los tratamientos aplicados y testigo, en los cuales se incluyeron los costos de las fuentes K+, mano de obra y los sacos de 45 Kg necesarios para el empaque del producto

Tratamientos	Descripción	Cantidad	Unidad	C. Unitario (\$)	C. Total (\$)
T1	KCl D1	356	Kg	0,68	242.08
	Aplicación	4	Jornal	18	72
	Sacos 45 Kg	413	Unidad	0,5	206.5
	Subtotal				520.58
	Imprevistos 5%				26.03
	Total				546.61
T2	KCl D2	712	Kg	0,68	484.16
	Aplicación	6	Jornal	18	108
	Sacos 45 Kg	507	Unidad	0,5	253.5
	Subtotal				845.66
	Imprevistos 5%				42.28
	Total				887.94
T3	KCl D3	1068	Kg	0,68	726.24
	Aplicación	7	Jornal	18	126
	Sacos 45 Kg	494	Unidad	0,5	247
	Subtotal				1099.24
	Imprevistos 5%				54.96
	Total				1154.20
T4	KNO ₃ D1	474,7	Kg	1,2	569.64
	Aplicación	4	Jornal	18	72
	Sacos 45 Kg	447	Unidad	0,5	223.5
	Subtotal				865.14
	Imprevistos 5%				43.26
	Total				908.4
T5	KNO ₃ D2	949,3	Kg	1,2	1139.16
	Aplicación	6	Jornal	18	108
	Sacos 45 Kg	587	Unidad	0,5	293.5
	Subtotal				1540.66
	Imprevistos 5%				77.03
	Total				1617.69
T6	KNO ₃ D3	1424	Kg	1,2	1708.8
	Aplicación	7	Jornal	18	126
	Sacos 45 Kg	607	Unidad	0,5	303.5
	Subtotal				2138.3

	Imprevistos 5%				106.92
	Total				2245.22
T7	K ₂ SO ₄ D1	418,8	Kg	2	837.6
	Aplicación	4	Jornal	18	72
	Sacos 45 Kg	426	Unidad	0,5	213
	Subtotal				1122.6
	Imprevistos 5%				56.13
	Total				1178.73
T8	K ₂ SO ₄ D2	837,6	Kg	2	1675.2
	Aplicación	6	Jornal	18	108
	Sacos 45 Kg	560	Unidad	0,5	280
	Subtotal				2063.2
	Imprevistos 5%				103.16
	Total				2166.36
T9	K ₂ SO ₄ D3	1256,5	Kg	2	2513
	Aplicación	7	Jornal	18	126
	Sacos 45 Kg	534	Unidad	0,5	
	Subtotal				2639
	Imprevistos 5%				131.95
	Total				2770.95
T0	Sacos 45 Kg	398	Unidad	0,5	199
	Imprevistos 5%				9.95
	Total				208.95