



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el
rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad yungay en la
provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR:

Monteza Carranza, Uvelser

ASESOR:

Ing. Mg. Padilla Pérez, Adolfo

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020

TESIS

“Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

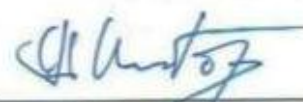


Uvelser Monteza Carranza
Autor



Ing. Mg. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

APROBADO POR:



Dr. Jorge Alberto Montop Llaque
Presidente del jurado



Ing. Roso Próspero Pasache Chapoán
Secretario del jurado



Ing. Rodil Leodán Córdova Núñez
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lambayeque a los treinta días del mes enero del año dos mil veinte, siendo las diez de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía de nuestra Universidad, los miembros del Jurado, dando inicio a la lectura del Decreto N° 011-2020-FAG de fecha 21 de enero del 2020, mediante el cual autoriza la sustentación de la tesis, dicho jurado está conformado por los siguientes docentes:

Dr. JORGE LLONTOP LLAQUE
Ing. ROSO PROSPERO PASACHE CHAPOÑAN
Ing. RODIL LEODAN CORDOVA NÚÑEZ
Ing. ADOLFO PADILLA PÉREZ

Presidente
Secretario
Vocal
Patrocinador

Para evaluar y calificar el trabajo de Tesis Titulado: "EFECTO DE TRES NIVELES DE FÓSFORO Y TRES FUENTES DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD YUNGAY EN LA PROVINCIA DE CUETRVO, REGIÓN CAJAMARCA 2017-2018", presentado por el Bachiller UVELSER MONTEZA CARRANZA.

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los Miembros del Jurado, se acordó calificar el trabajo como:

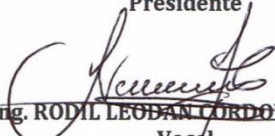
- Breve -

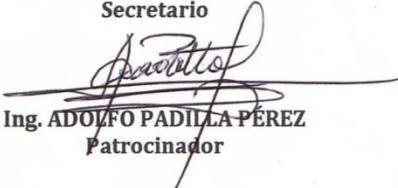
En consecuencia el Bachiller en referencia queda apto para recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria, Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Para constancia de ello firman:


Dr. JORGE LLONTOP LLAQUE
Presidente


Ing. ROSO PROSPERO PASACHE CHAPOÑAN
Secretario


Ing. RODIL LEODAN CORDOVA NÚÑEZ
Vocal


Ing. ADOLFO PADILLA PÉREZ
Patrocinador

OBSERVACIONES:

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Uvelser Monteza Carranza**, investigador principal y **Adolfo Padilla Pérez**, asesor de la tesis titulada “**Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018**”, declaramos bajo juramento que esta tesis no ha sido plagiada, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe

Lambayeque, enero de 2020



Uvelser Monteza Carranza
Autor



Ing. Mg. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

DEDICATORIA

A **Dios**, el amigo fiel que nunca falla, el amigo incondicional que ilumina mi camino y me acompaña día a día. A él por permitirme concluir este proyecto de manera satisfactoria.

A **mis padres** por su permanente amor y apoyo, ejemplo de superación en base al trabajo y esfuerzo.

A **mis hermanos**, por su amor fraternal, paciencia, permanente apoyo y por permitirme compartir a su lado alegrías desbordantes y momentos de felicidad.

Uvelser Monteza Carranza

AGRADECIMIENTO

Mis más sincero agradecimiento al **Ing. Mg. Adolfo Padilla Pérez** docente de la Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, por brindarme el asesoramiento correspondiente para concluir con éxito la redacción del presente trabajo de investigación a nivel de tesis.

Mi agradecimiento a los miembros del jurado: (**Presidente: Dr. Jorge Alberto Llontop Llaque, Secretario: Ing. Roso Próspero Pasache Chapoñán, Vocal: Ing. Rodil Leodán Córdova Núñez**), docentes de la Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, por sus aportes y recomendaciones en la redacción del informe final.

Un agradecimiento especial para el **Ing. M. Sc. Gilberto Chávez Santa Cruz**, docente de la Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo” por su apoyo y colaboración en el análisis estadístico de los datos para la redacción de la presente tesis.

Agradezco infinitamente a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en especial a quienes dictaron los cursos afines al presente trabajo, por brindarnos sus enseñanzas y compartir sus experiencias vividas.

Uvelser Monteza Carranza

INDICE

	Página
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
2.1. La papa variedad Yungay.....	19
2.1.1. Descripción de la variedad Yungay.....	19
2.1.2. Características morfológicas.....	19
2.1.3. Características de calidad.....	19
2.1.4. Rendimiento.....	20
2.2. Cultivo de papa en Perú.....	21
2.3. Cultivo de papa en Cutervo.....	25
2.4. Exigencias climáticas y edáficas.....	27
2.4.1. Clima.....	27
2.4.2. Fotoperiodo.....	27
2.4.3. Luz.....	28
2.4.4. Temperatura.....	28
2.4.5. Suelo.....	29
2.4.6. Agua.....	29
2.5. Fertilidad del suelo.....	30
2.6. Necesidad de los principales nutrientes en el cultivo de papa.....	31
2.6.1. Rol de los macronutrientes: Elementos primarios.....	32
2.6.2. Rol de los macronutrientes: Elementos secundarios	36
2.6.3. Rol de los micronutrientes.....	38
2.7. Fertilizantes.....	40
2.7.1. Fertilizantes en estudio.....	42
2.7.1.1. Urea.....	42
2.7.1.2. Agrocote.....	43
2.7.1.3. Fosfato Diamónico (DAP) (NH ₄) ₂ HPO ₄	44
2.7.1.4. Cloruro de potasio (KCl).....	45
2.7.2. Momentos y formas de aplicación de los fertilizantes.....	45

2.7.2.1.	Oportunidad de abonamiento o fertilización.....	45
2.7.2.2.	Formas de realizar el abonamiento.....	45
2.8.	Coeficiente de variabilidad.....	46
2.9.	Variables.....	47
2.9.1.	Variables independientes.....	47
2.9.2.	Variables dependientes.....	47
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1.	Área experimental.....	48
3.1.1.	Localización y ubicación geográfica.....	48
3.1.2.	Características climatológicas de la zona en estudio	48
3.1.3.	Características edáficas de la zona de estudio.....	49
3.2.	Disposición experimental.....	50
3.2.1.	Tratamiento en estudio.....	50
3.2.2.	Diseño experimental.....	50
3.3.	Material experimental.....	51
3.3.1.	Equipos, insumos, herramientas y materiales.....	52
3.3.1.1.	Equipos.....	52
3.3.1.2.	Insumos.....	52
3.3.1.3.	Herramientas.....	52
3.3.1.4.	Materiales.....	52
3.4.	Conducción experimental.....	53
3.4.1.	Preparación del terreno.....	53
3.4.2.	Semilla.....	53
3.4.3.	Siembra.....	53
3.4.4.	Labores culturales.....	53
3.4.5.	Fertilización.....	54
3.4.6.	Control fitosanitario.....	55
3.4.7.	Cosecha.....	55
3.5.	Características evaluadas.....	56
3.5.1.	Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha).....	56
3.5.2.	Altura de planta (cm).....	56
3.5.3.	Peso de tubérculos por planta (kg).....	56
3.5.4.	Número total de tubérculos por planta.....	56

3.5.5. Número de tubérculos de primera por planta.....	56
3.5.6. Número de tubérculos de segunda por planta.....	56
3.5.7. Número de tubérculos de tercera por planta.....	56
3.6. Análisis estadísticos de los datos.....	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	58
4.1. Análisis de variancia de las características evaluadas.....	58
4.1.1. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha).....	58
4.1.2. Altura de planta (cm).....	60
4.1.3. Peso de tubérculos por planta (kg).....	62
4.1.4. Número total de tubérculos por planta.....	64
4.1.5. Número de tubérculos de primera por planta.....	66
4.1.6. Número de tubérculos de segunda por planta.....	68
4.1.7. Número de tubérculos de tercera por planta.....	70
4.2. Análisis económico.....	73
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción y rendimiento de papa en el Perú año 2017.	22
Tabla 2: Producción y rendimiento papa en el departamento de Cajamarca año 2017.....	22
Tabla 3: Rangos de materia orgánica.....	25
Tabla 4: Rangos de fósforo.....	26
Tabla 5: Extracción de nutrientes para producir 30 toneladas de papa por hectárea.....	31
Tabla 6: Forma de asimilación de nutrientes.....	32
Tabla 7: Ley de los principales abonos y fertilizantes que se usan en la producción de papa en la sierra norte del Perú.....	41
Tabla 8: Precisión del coeficiente de variación.....	47
Tabla 9: Grado de variabilidad del coeficiente de variación.....	47
Tabla 10: Datos climatológicos estación meteorológica de SENAMHI – Cutervo. Año 2017 - 2018.....	49
Tabla 11: Resultado análisis de suelo. Estación Experimental Agraria Vista Florida – Chiclayo - INIA. Año 2017.....	50
Tabla 12: Tratamientos, fertilizantes y aportes de nutrientes.....	50
Tabla 13: Forma general del análisis de varianza	57
Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento kg/ha.....	58
Tabla 15. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha) “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	59
Tabla 16. Análisis de varianza para altura de planta.....	61
Tabla 17. Altura de planta (cm). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	61
Tabla 18. Análisis de varianza para peso de tubérculos por planta.....	63
Tabla 19. Peso de tubérculos por planta (kg) “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	63

Tabla 20. Análisis de varianza para número total de tubérculos por planta.....	65
Tabla 21. Número total de tubérculos por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	65
Tabla 22. Análisis de varianza para número de tubérculos de primera por planta.....	67
Tabla 23. Número de tubérculos de primera por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	67
Tabla 24. Análisis de varianza para número de tubérculos de segunda por planta.....	69
Tabla 25. Número de tubérculos de segunda por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	69
Tabla 26. Análisis de varianza para número de tubérculos de tercera por planta.....	71
Tabla 27. Número de tubérculos de tercera por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	71
Tabla 28. Análisis económico “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flor y tubérculo de la papa variedad Yungay.....	20
Figura 2: Superficie sembrada (has.) en la provincia de Cutervo - Campañas agrícolas 2014 – 2017 (MINAGRI, 2018).....	23
Figura 3: Producción de papa en la provincia de Cutervo en toneladas en los cuatro (04) últimos años (MINAGRI, 2018).....	24
Figura 4: Áreas de siembra de papa en el departamento de Cajamarca (%) (MINAGRI, 2018).....	24
Figura 5: Producción de papa en el departamento de Cajamarca (%) (MINAGRI, 2018).....	25
Figura 6: Concentración de materia orgánica en diferentes comunidades de Cutervo (INIA, 2017).....	26
Figura 7: Concentración de fósforo en diferentes comunidades de Cutervo (INIA, 2017).....	26
Figura 8: Nutrientes que aporta el suelo.....	30
Figura 9: Aplicación fertilizante a chorro continuo.....	46
Figura 10: Aplicación fertilizante entre golpes.....	46
Figura 11. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017-2018”.....	60
Figura 12. Altura de planta (cm). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	62
Figura 13. Peso de tubérculos por planta (kg). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	64
Figura 14. Número total de tubérculos por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.....	66
Figura 15. Número de tubérculos de primera por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum</i>	

L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017-2018”.....	68
--	----

Figura 16. Número de tubérculos de segunda por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*

L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017-2018”.....	70
--	----

Figura 17. Número de tubérculos de tercera por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*

L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017-2018”.....	72
--	----

ANEXOS.....	79
Anexo 1: Análisis de varianza (ANAVA).....	80
ANAVA 1. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha).....	80
ANAVA 2. Altura planta (cm).....	81
ANAVA 3. Peso total de tubérculos por planta (kg).....	81
ANAVA 4. Número de tubérculos por planta.....	82
ANAVA 5. Número de tubérculos de primera por planta.....	83
ANAVA 6. Número de tubérculos de segunda por planta.....	84
ANAVA 7. Número de tubérculos de tercera por planta.....	84
Anexo 2: Resultado de análisis de suelos: Estación Experimental Agraria Vista Florida – INIA (2017).....	86
Anexo 3: Ficha técnica cultivo papa Variedad Yungay.....	87
Anexo 4: Mapa de la provincia de Cutervo.....	89
Anexo 5: Láminas fotográficas.....	90

“Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”

Uvelser Monteza C.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó, con el objetivo de determinar el efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante la campaña agrícola 2017 – 2018. El trabajo se ejecutó en el sector Carmen Pampa, distrito y provincia de Cutervo durante el periodo diciembre del 2017 - mayo del 2018, geográficamente se encuentra dentro de las coordenadas 6° 22' 46.7" de latitud sur y 78° 18' 44" de longitud oeste, altura de 2,637 m.s.n.m. La temperatura promedio durante los meses de conducción del trabajo experimental fue de 17.84, 9.96 y 13.90 °C para la temperatura máxima, mínima y media, respectivamente; y la precipitación anual fue de 804.00 mm.

El suelo donde se realizó el trabajo de investigación, presentó una reacción ligeramente ácida (pH = 6.70), contenido bajo de sales solubles (Ce 1:1 = 1.28 ds/m), la materia orgánica fue alta (4.50 %) con deficiencias de fósforo (6.5 ppm), potasio (312 ppm) y carbonato de calcio bajo (0.65 %). La textura franco arcillo arenosa de mediana retención de humedad.

Las labores de cultivo fueron las propias para el cultivo experimental de papa en la sierra norte del Perú, se evaluaron ocho tratamientos en tres repeticiones, empleándose el Diseño de Bloques Completos al Azar. Para rendimiento sobresalió el tratamiento 218 N – 320 P₂O₅ – 120 K₂O, con 42,338.43 kilos de papa por hectárea, utilizando como fuentes de nitrógeno Fosfato Diamónico y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, mientras que el testigo absoluto solo rindió 27,694.65 kilos, debido a que no recibió los beneficios como de los otros tratamientos; así mismo, dicho tratamiento fue más rentable con una utilidad de S/ 31,348.05 y un índice de rentabilidad de 3.9 %, lo que nos indica que es rentable para el agricultor.

PALABRAS CLAVES: *Efecto, dosis, fósforo, fuentes, nitrógeno, rendimiento variedad yungay.*

"Effect of three levels of phosphorus and three sources of nitrogen on the yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) variety yungay in the province of Cutervo, Cajamarca region 2017-2018"

Uvelser Monteza C.

ABSTRACT

The research work was carried out, with the objective of determining the effect of three phosphorus levels and three nitrogen sources on the yield of Yungay potato variety in the province of Cutervo, Cajamarca region during the 2017-2018 agricultural campaign. The work was executed in the Carmen Pampa sector, district and province of Cutervo during the period December 2017 - May 2018, geographically it is within the coordinates 6° 22' 46.7" south latitude and 78° 18' 44" west longitude, height of 2,637 meters above sea level. The average temperature during the months of conducting the experimental work was 17.84, 9.96 and 13.90 °C for the maximum, minimum and average temperature, respectively; and the annual rainfall was 804.00 mm.

The soil where the research work was carried out, presented a slightly acidic reaction (pH = 6.70), low content of soluble salts (Ce 1: 1 = 1.28 ds/m), the organic matter was high (4.50 %) with deficiencies of phosphorus (6.5 ppm), potassium (312 ppm) and low calcium carbonate (0.65 %). The sandy loamy texture of medium moisture retention.

The cultivation tasks were those for the experimental potato cultivation in the northern highlands of Peru, eight treatments were evaluated in three repetitions, using the Randomized Complete Blocks Design. For performance the treatment stood out 218 N – 320 P₂O₅ - 120 K₂O, with 42,338.43 kilos of potatoes per hectare, using as sources of nitrogen Diammonium Phosphate and Agrocote with 122.9 and 95 units respectively, while the absolute control only yielded 27,694.65 kilos, due to who did not receive the benefits like the other treatments; likewise, said treatment was more profitable with a profit of S/ 31,348.05 and a profitability index of 3.9 %, which indicates that it is profitable for the farmer.

KEY WORDS: *Effect, dose, phosphorus, sources, nitrogen, yungay variety yield.*

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de la región andina de Sudamérica, es un cultivo importante como fuente de alimentación humana, ocupa el cuarto lugar entre los principales productos alimenticios del mundo. Según los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI, 2012). 367,700 hectáreas son dedicadas a la producción de papa. El consumo per cápita de papa ha tenido fluctuaciones en los últimos veinte años. En 1992, estaba en menos de 50 kg/persona/año, debido al incremento de la población y a la disminución de la producción como consecuencia de problemas sociales, actualmente el consumo es de 85 kg/persona/año (MINAGRI, 2014). Las papas actualmente tienen gran importancia debido a que es la base para la economía de los productores y la alimentación humana. En los pisos altitudinales mayores a 3300 msnm, el poblador andino siembra un gran número de cultivares de papa que hacen del Perú un área geográfica de gran variabilidad de formas cultivadas de este tubérculo (Durand, 2012).

Cajamarca se ubica entre las cinco primeras regiones del país con una superficie de 28,201 has y en producción en el octavo lugar con 309,724 tm (7 % de la producción nacional). La papa es el cultivo de mayor importancia económica en Cutervo, existen diferencias en el nivel tecnológico empleado por los agricultores, pero en promedio es de nivel medio, se ubica en el primer lugar en superficie cosechadas con 6,279 has (22 %), producción 100.44 tm (32 %) y rendimiento promedio de 15.97 t/ha en relación a las demás provincias. (MINAGRI, 2018).

Entre los principales factores del bajo rendimiento, es la fertilidad de los suelos. En algunas zonas los agricultores sólo aplican materia orgánica (estiércol) al momento de la siembra, lo cual no es suficiente para lograr buena producción de papa; por eso obtienen rendimientos bajos (8 a 9 t/ha). (Cabrera, 2013). Es necesario un balanceado suministro de los nutrientes a la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno, ya que cumplen funciones específicas para el adecuado crecimiento de la planta. Para producir una tonelada de tubérculo de papa la planta extrae del suelo 5-2.5-7.5 unidades de NPK. (Marieta, 2002).

Los productores de la sierra norte del Perú, no realizan análisis de suelos, entonces para lograr un buen rendimiento de papa se debe fertilizar adecuadamente; por lo que, es importante realizar el análisis del suelo para saber la cantidad de fertilizantes a utilizar, generalmente la mayoría de los suelos de la sierra los niveles son bajos en nitrógeno y en fósforo y medio a alto en potasio, siendo necesario la aplicación de estos elementos para obtener altos rendimientos y papa de calidad (Cabrera, 2013).

El propósito del trabajo de investigación, es que sea una herramienta de consulta para los productores de papa de la provincia de Cutervo sobre el uso de los fertilizantes nitrogenados y el nivel adecuado de fósforo. En ese sentido, esta investigación buscó responder a la pregunta ¿Cuál es el efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca, durante la campaña agrícola 2017 - 2018?, lo cual nos conllevó a formular los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca durante la campaña agrícola 2017 – 2018.
- Evaluar las características de planta y tubérculos de papa de la variedad Yungay, durante la campaña agrícola 2017-2018.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La papa variedad “Yungay”

2.1.1. Descripción de la variedad Yungay

La papa Yungay, variedad liberada por el programa de papa de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en 1971, se caracteriza por:

- Periodo vegetativo : 150 a 180 días
- Adaptación : Hasta 3,700 m. s. n. m.
- Rendimiento : Hasta 50 t/ha
- Flores : Color rojizo
- Días inicio tuberización : 60 días
- Días 50 % floración : 80 días
- Brotes : Morado intenso
- Ventajas : Tolerante a rancharía y sequía

2.1.2. Características morfológicas

Se encontró (Cadenas productivas Agrícolas de calidad, 2003 citado por Valderrama 2015, p.9), que la planta de la variedad Yungay presenta; floración abundante y regular producción de bayas, flor roja violácea, tubérculos ovales chatos, piel amarillenta con pigmentos rojizos en los ojos que son superficiales; pulpa amarillenta, brotes rojizos, estolones largos que escapan y se convierten en tallos aéreos pero no reduce su producción.

Esta variedad también presenta alto potencial productivo en condiciones de sierra, buena tolerancia a factores medio ambientales adversos y buena capacidad de conservación de almacenamiento (UNALM, 2011).

2.1.3. Características de calidad

Los cultivares modernos suelen ser de forma redondeada, con la piel amarilla o rosada, la pulpa blanca o amarilla y los ojos poco profundos. La papa blanca contiene 20 % de parte seca y 80 % de agua, presenta buena calidad culinaria. Presenta excelente resistencia a condiciones adversas (MINAGRI – DGCA, 2016).

2.1.4. Rendimiento

(INIA 2014), que en el marco del proyecto “Reducción de la degradación de los suelos de uso agrícola”, que financia el Ministerio de Agricultura y Riego y que es ejecutado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA y Agrorural, los agricultores del distrito de Huando, provincia y departamento de Huancavelica pudieron comprobar un nuevo paquete tecnológico que les permite duplicar su producción de papa Yungay y tener una inversión en todo el proceso menor en un 50 %.

Según Wilfredo Cavero Altamira, director de la Estación Experimental Agraria Santa Ana (INIA Huancayo, 2014), los resultados logrados con la variedad Yungay sobre una parcela de unos 3,000 metros cuadrados, ubicada en la comunidad campesina de Yanacollpa son alentadores, en este espacio el rendimiento promedio fue de 2.5 kilos de papa por planta, con 35 a 40 tubérculos, teniendo en cuenta que se siembran 30,000 plantas por hectárea, el rendimiento fue de 75 t/ha. Lo cual fue bastante alto para la zona, más aún si tenemos en cuenta que el suelo donde se realizó la investigación se encontraba en proceso de degradación (INIA, 2014).

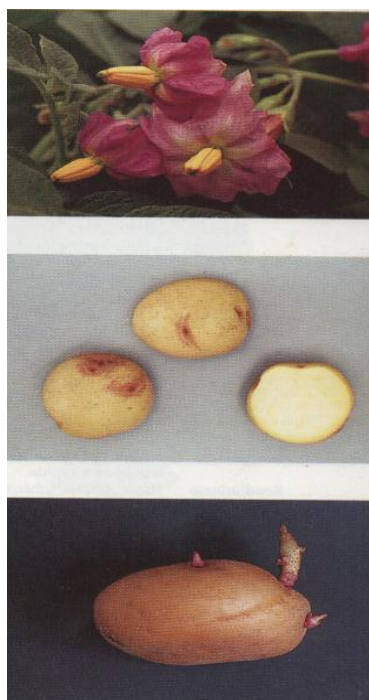


Figura 1: Flor y tubérculo de la papa variedad Yungay

2.2. Cultivo de papa en Perú

El Perú es el principal productor de papa en América Latina con 4.6 millones de toneladas y a nivel mundial se posicionó en el décimo octavo lugar entre los principales productores de papa. En el mundo se cultivan un promedio de 5000 variedades de papa y en el Perú se encuentran alrededor de 3000 y las variedades de mayor calidad se producen sobre los 3,000 m.s.n.m. es la base de la alimentación de la zona andina y es producido en más de 600 mil pequeñas unidades agrarias. (MINAGRI - Agencia Agraria Cutervo, 2018).

La papa es una planta alimenticia que procede de las culturas Pre-Incas e Incas; actualmente en el Perú es el principal cultivo en superficie sembrada y producción, representando más del 25% del PBI agropecuario. (MINAGRI - Agencia Agraria Cutervo, 2018).

Entre los principales departamentos productores de papa tenemos a: Puno, Huánuco, Cusco, Junín, La Libertad, Apurímac, Ayacucho y Cajamarca. La región Cajamarca se ubica entre las cinco primeras regiones del país con una superficie de 28,201 ha y en producción en el octavo lugar con 309,724 toneladas de papa (7 % de la producción nacional). (Tabla 1).

Tabla 1: Producción y rendimiento de papa en el Perú año 2017.

REGIÓN	Cosechas		Rdto. t/ha	REGIÓN	Cosechas		Rdto. t/ha
	Ha	Toneladas			Ha	Toneladas	
TOTAL	312,130	4,471,787					
Tumbes	0	0		Huancavelica	27,345	283,473	10.367
Piura	2,123	17,662	8.319	Arequipa	9,295	297,427	31.999
Lambayeque	893	4,819	5.396	Moquegua	624	8,582	13.753
La Libertad	23,516	378,642	16.102	Tacna	508	8,809	17.341
Cajamarca	28,201	309,724	10.983	Ayacucho	19,670	328,483	16.700
Amazonas	4,402	59,116	13.429	Apurímac	19,181	344,072	17.938
Ancash	10,451	106,273	10.169	Cusco	34,506	430,009	12.462
Lima	7,931	170,329	21.476	Puno	51,429	567,612	11.037
Ica	2,691	86,138	32.010	San Martín	0	0	
Huánuco	37,508	566,988	15.116	Loreto	0	0	
Pasco	8,464	94,226	11.133	Ucayali	0	0	
Junín	23,392	409,402	17.502	Madre de Dios	0	0	

Fuente: MINAGRI, 2018.

Tabla 2: Producción y rendimiento de papa en el departamento de Cajamarca año 2017.

Provincia	Cosecha Has	Producción TM	Rdto. Kg x ha
Regional	28,201	309,724	10,983
Cajabamba	530	5,110	9,641
Cajamarca	3,323	33,359	10,039
Celendín	5,399	47,739	8,842
Chota	5,365	58,643	10,931
Contumazá	107	1,334	12,467
Cutervo	6,279	100,439	15,996
Hualgayoc	1,771	18,661	10,537
Jaén	346	2,325	6,721
San Ignacio	22	135	6,150
San Marcos	1,719	12,361	7,191
San Miguel	950	7,647	8,049
San Pablo	389	2,006	5,156
Santa Cruz	2,001	19,966	9,978

Fuente: MINAGRI, 2018.

En la figura 2, de series históricas de siembras durante las últimas cuatro campañas, se aprecia un incremento progresivo, siendo de 450 ha entre la campaña 2013-2014 y 2016-2017. Este pequeño incremento se debe a las buenas condiciones de clima, disponibilidad de insumos al momento de las siembras y a precios de mercado favorables.

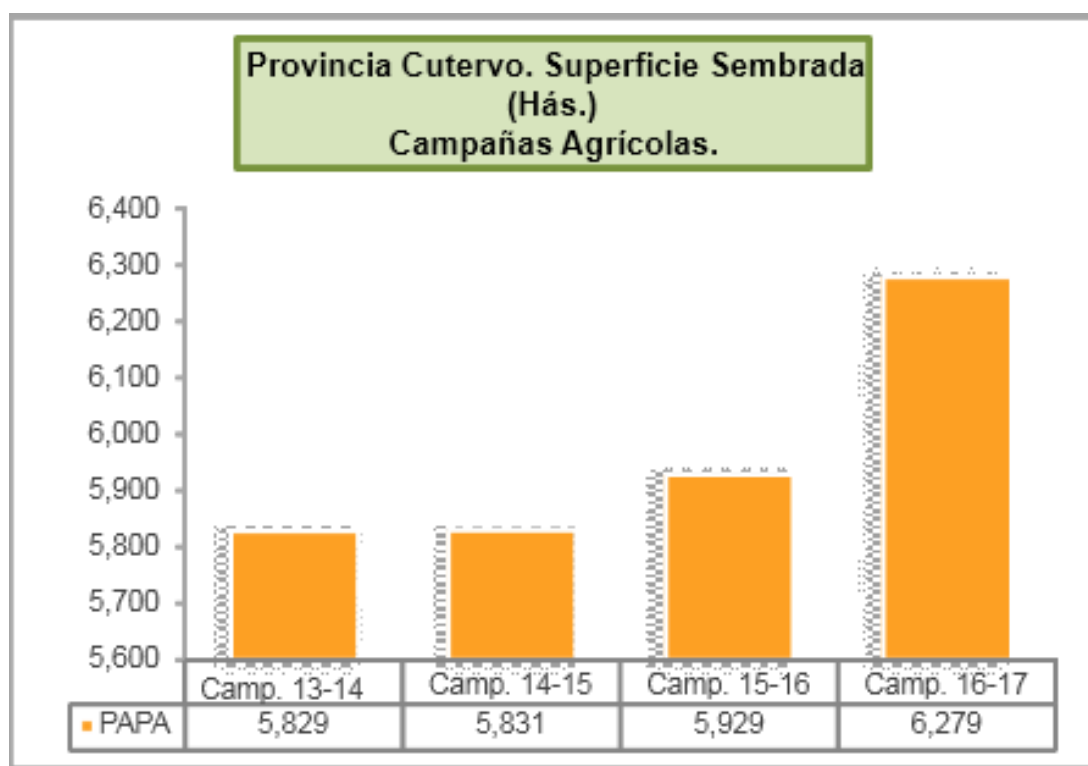


Figura 2: Superficie sembrada (has.) en la provincia de Cutervo - Campañas agrícolas 2014 – 2017 (MINAGRI, 2018).

En cuanto a producción durante los últimos cuatro años han sido variables, debido a la presencia de factores negativos durante el desarrollo del cultivo tales como exceso de lluvias, heladas, sequía e inundaciones, acentuándose en los años 2014 – 2015, donde los rendimientos no fueron los más óptimos. (Figura 2).

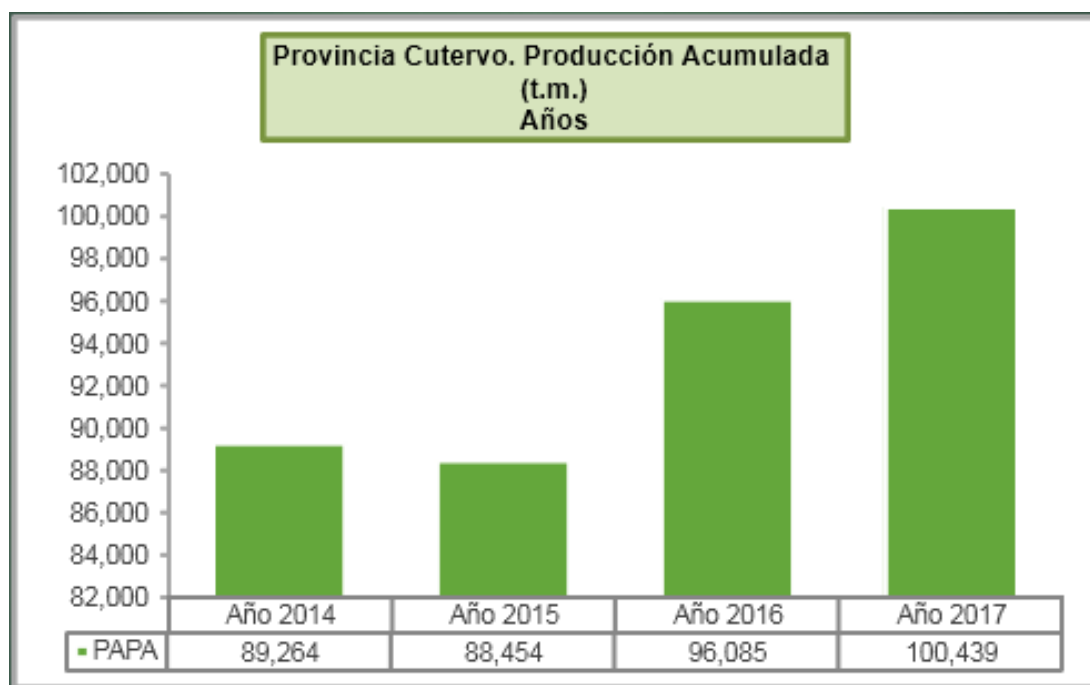


Figura 3: Producción de papa en la provincia de Cutervo en toneladas en los cuatro (04) últimos años (MINAGRI, 2018).

En el departamento de Cajamarca, la provincia de Cutervo se ubica en el primer lugar en superficie con 22 % y en producción 32 % de papa con relación a las demás provincias, concentrándose la mayor área en el distrito capital con 96 %.

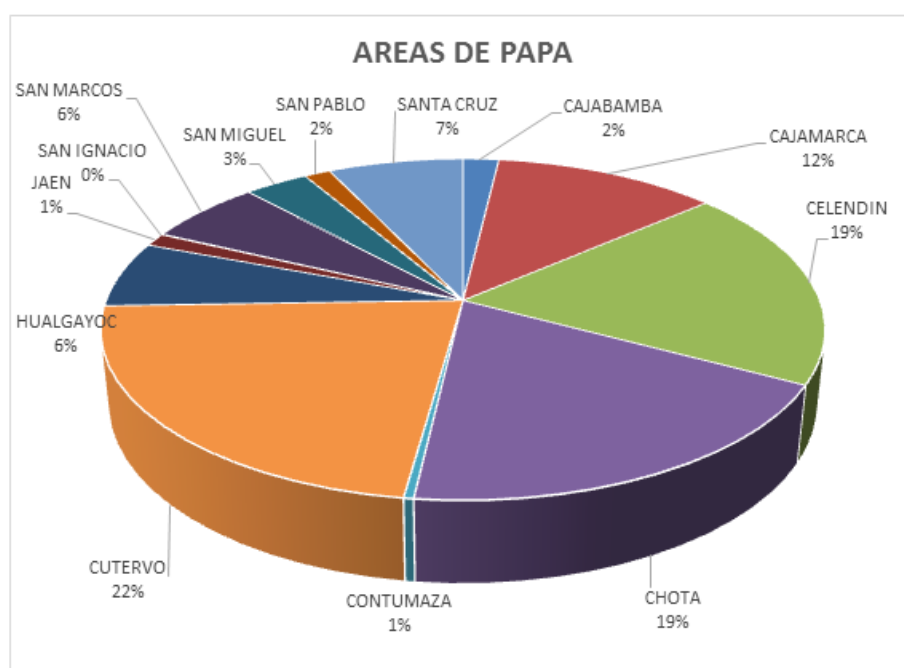


Figura 4: Áreas de siembra de papa en el departamento de Cajamarca (%) (MINAGRI, 2018).

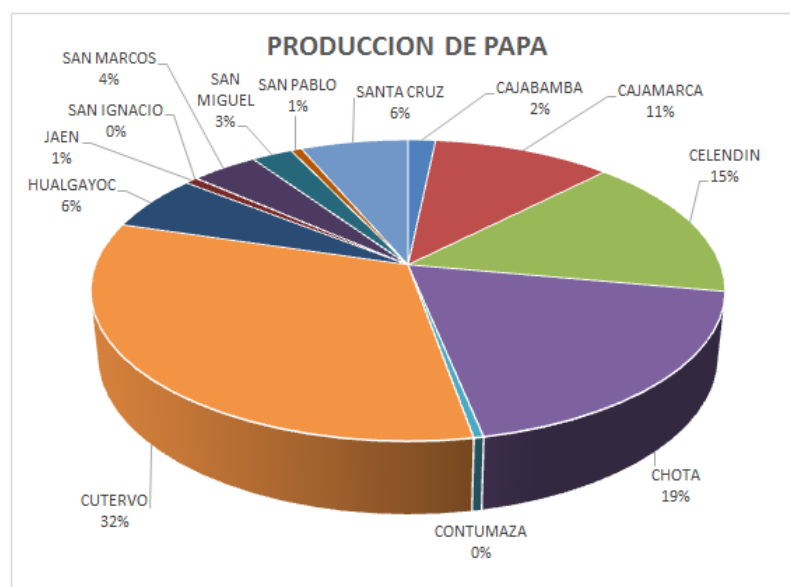


Figura 5: Producción de papa en el departamento de Cajamarca (%)
(MINAGRI, 2018).

2.3. Cultivo de papa en Cutervo

La papa es el cultivo de mayor importancia económica en Cutervo, existen diferencias en el nivel tecnológico empleado por los agricultores, por lo general está en nivel medio. Son pequeños agricultores como lo menciona (CENAGRO 2012). En la instalación del cultivo se están utilizando variedades mejoradas como Canchan, Amarilis, Única y Yungay, variedad nativa como la Chaucha, cabe mencionar que hay mucho interés en introducir nuevas variedades que sean más resistentes a las plagas, enfermedades y factores climáticos adversos. La fertilización es 180 – 160 – 140 de NPK en promedio (INIA, 2017) y se realizan controles frecuentes para la Ranca y el Gorgojo de los Andes.

Tabla 3: Rangos de materia orgánica

DESCRIPCIÓN	RANGO (%)
Muy bajo	< 1
Bajo	1.1 – 2.0
Medio	2.1 – 4.0
Alto	4.1 – 10
Muy alto	> 10.1

Fuente: INIA, 2017

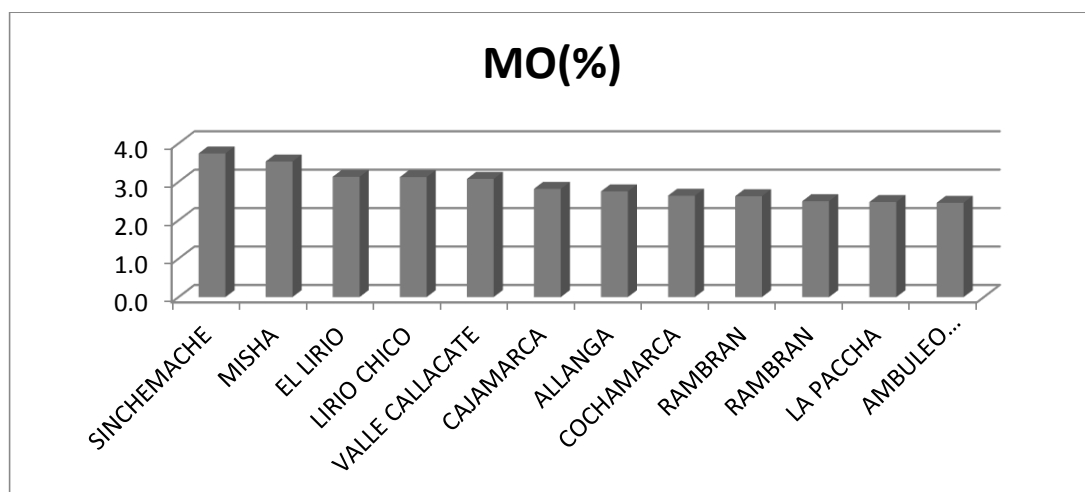


Figura 6: Concentración de materia orgánica en diferentes comunidades de Cutervo (INIA, 2017).

Tabla 4: Rangos de fósforo

DESCRIPCIÓN	RANGO (PPM)
Bajo	0 – 7.0
Medio	7.1 – 14.0
Alto	> 14.1

Fuente: INIA, 2017

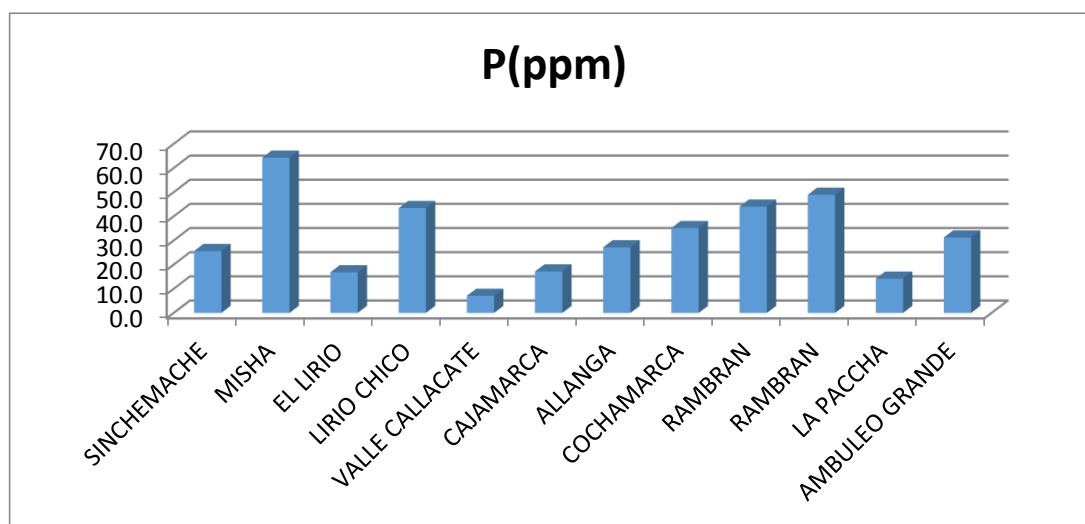


Figura N° 07: Concentración de fósforo en diferentes comunidades de Cutervo (INIA, 2017).

Los suelos aptos para cultivos de papa son aquellos que tienen un contenido de materia orgánica de medio a altos; es decir mayor de 2 %; por lo tanto de la gráfica anterior podemos deducir que todas las comunidades indicadas en el cuadro tiene un potencial para cultivo de papa; además este parámetro puede ser mejorado con la incorporación de fuentes de materia orgánica como los estiércoles de vacuno, gallinaza y guano de isla. (INIA, 2017).

En lo referido a fósforo podemos indicar que su contenido es alto; y son suelos aptos para el cultivo de papa; este efecto podría ser debido al uso de fertilizantes fosfatados en cantidades excesivas por campaña que aplica el productor sin análisis de suelos. (INIA, 2017).

2.4. Exigencias climáticas y edáficas

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2013), reporta las condiciones agroclimáticas para el desarrollo del cultivo de papa.

2.4.1. Clima

La papa se cultiva en más de 150 países, en clima templado a frío. Es esencialmente un cultivo de clima templado, para cuya producción la temperatura representa el límite principal, las temperaturas inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C inhiben decididamente el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 18 °C a 20 °C. (MINAGRI, 2013).

2.4.2. Fotoperiodo

Con respecto a la respuesta de la longitud del día o fotoperiodo, la misma depende de la subespecie y variedad considerada. La subespecie *tuberosum* requiere para desarrollar su área foliar de fotoperiodo largo (más de 14 horas de luz) y en su proceso de tuberización (formación y engrosamiento de los tubérculos), de fotoperiodo corto (menor de 14 horas de luz). Bajo condiciones de día corto (latitudes cercanas a la línea ecuatorial), las plantas de *tuberosum* muestran una tuberización temprana, los estolones son cortos y el follaje permanece reducido. Bajo condiciones de día largo (sobre 25° C de latitud norte o sur) ocurre lo

contrario. La subespecie andígena, por el contrario tuberiza adecuadamente bajo condiciones de día corto y al ser llevada a condiciones de fotoperiodo largo el periodo de crecimiento se alarga excesivamente, florece profundamente, pero no tuberiza o lo hace escasamente; es decir, produce tubérculos pequeños. (MINAGRI, 2013).

2.4.3. Luz

La intercepción de luz por el cultivo depende de la intensidad lumínica, de la arquitectura del follaje (planófila o erectófila), de la edad de las hojas y del porcentaje de suelo cubierto por el follaje. El proceso fotosintético se efectúa cuando los rayos de sol incidan sobre la totalidad de las hojas verdes y no sobre el suelo desnudo. La asimilación bruta de la papa es un día luminoso pleno (50,000 lux) a 18 – 20 °C es de 1,92 g CO₂ por metro cuadrado de área foliar por hora, con una concentración de 0.03 % de CO₂. (MINAGRI, 2013).

Esto equivale a un rendimiento neto potencial de 1.23 gramos de materia seca. Hojas más viejas fotosintetizan menos que las muy jóvenes. En los cultivos con baja densidad de plantación (menos de 35,000 plantas/ha) no se produce competencia entre plantas, pero parte de la luz se pierde porque no toda el área de suelo está cubierta de follaje. Ello estimula a una mayor producción por planta y a un mayor tamaño de sus tubérculos, pero el rendimiento por unidad de superficie será inferior a aquel que presenta una densidad superior. (MINAGRI, 2013).

2.4.4. Temperatura

El tubérculo en latencia, inicia su brotación y emergencia en forma lenta a 5 °C y se maximiza a los 14 – 16 °C. Esto es importante al considerar la época de siembra ya que esta se debe iniciar cuando la temperatura del suelo haya alcanzado por lo menos 7 – 8 °C. La respuesta fotoquímica a la temperatura tiene estrecha relación con la intensidad lumínica. Así, cuando esta última es alta (sobre 50,000 lux) la fotosíntesis neta se optimiza en altas temperaturas. Se debe evitar sembrar este cultivo en

zonas muy expuestas al viento, principalmente a las brisas, las cuales, además de su efecto desecante, provocan heridas en el follaje y poco crecimiento de las plantas. Velocidades del viento mayores a 20 m/s son críticas. (MINAGRI, 2013).

2.4.5. Suelo

Los suelos pesados con arcilla y limo, son menos adecuados para este cultivo. Las papas pueden crecer casi en todos los tipos de suelos, salvo donde son muy salinos o alcalinos. Los suelos que ofrecen menos resistencia al desarrollo de los tubérculos, son los más convenientes, y los suelos franco arcillosos o franco arenosos con alto contenido de materia orgánica, con buen drenaje y ventilación, son los mejores. Se considera ideal un pH de 5.2 a 7.5 en el suelo y con una profundidad entre 25 a 30 cm. El cultivo de papa requiere una buena preparación del suelo, donde se puede mecanizar; es necesario rastrillar el suelo hasta eliminar todas las raíces de la maleza hasta una profundidad de por lo menos 40 cm. Por lo general es necesario arar dos veces, pasar la rastra en forma cruzada y si es necesario aplicar rodillo para mullir el suelo, acondicionarlo para que adquiera la condición adecuada, suave, bien drenado y bien ventilado. En algunos casos, se puede usar el tablón o nivelador. (MINAGRI, 2013).

2.4.6. Agua

Un cultivo de papa de 120 a 150 días consume de 500 a 700 mm de agua por hectárea por campaña y la producción se reduce si se agota más del 50 % del total del agua disponible en el suelo durante el periodo de crecimiento. Las variedades modernas de papa son sensibles a la falta de agua en el suelo y necesitan riegos frecuentes. El exceso de agua en el suelo, provoca una falta de oxígeno, un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados, máximo si se siembran y tapan estando húmedos. La papa puede cultivarse tanto bajo condiciones de lluvia natural, como bajo riego, pero un exceso de la humedad ambiental alta favorece el desarrollo de la enfermedad conocida como tizón tardío. La etapa más crítica es que la deficiencia de humedad en el

suelo perjudica el cultivo, es al inicio de la formación de los tubérculos hasta el final de la tuberización. La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos; además, después de una sequía prolongada, el agua puede causar un segundo crecimiento de las plantas y presencia de corazón vacío. (MINAGRI, 2013).

Los métodos más comunes de riego para la papa utilizan sistemas de surcos o aspersión. La irrigación de surcos es relativamente poco eficaz en el uso del agua, y es conveniente cuando hay un suministro abundante de la misma. Donde hay escasez de agua es preferible la irrigación por aspersión o por goteo, sobre todo en suelos con poca capacidad de retención. El cultivo de la papa bajo condiciones de riego a gravedad consume entre 12,000 y 14,000 m³ en los valles costeros. (MINAGRI, 2013).

2.5. Fertilidad del suelo

Es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que influyen en el crecimiento, desarrollo, producción de estolones y tubérculos. En general, los suelos fértiles son aquellos cuyas características físicas aseguran buena relación con el agua y aportan nutrientes en las cantidades que requieren las plantas. (Egúsqiza, 2012).

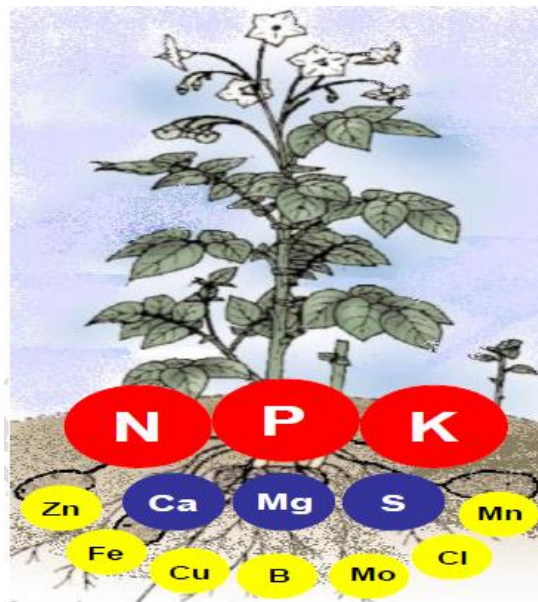


Figura 8: Nutrientes que aporta el suelo.

2.6. Necesidad de los principales nutrientes en el cultivo de papa

Dentro de una agricultura tecnificada, el cultivo de la papa es considerado como uno de los cultivos de alta inversión económica. El gasto en fertilizantes representa el 20 al 30 % del costo de producción y es por ello que el agricultor requiere la información más precisa en sus interrogantes de cuánto, qué, cuándo y cómo fertilizar, considerando los cuatro factores de producción que son clima, suelo, cultivo y el nivel de tecnificación. La práctica de la fertilización consiste en aplicar al suelo los nutrientes que se encuentran insuficientes para mejorar e incrementar producción. Los suelos sometidos a una agricultura intensiva si bien pueden tener una alta capacidad productiva generalmente son deficientes en nitrógeno, fósforo, potasio y algunas veces en otros macro y micro elementos que el agricultor necesita aplicarlos para obtener altos rendimientos que le aseguren una rentabilidad (Villagarcía, 2003).

Para obtener un rendimiento de 30 t/ha de tubérculo, el cultivo de papa extrae las siguientes cantidades de nutrientes del suelo. (Tabla 5).

Tabla 5: Extracción de nutrientes para producir 30 toneladas de papa por hectárea.

Nutrientes	Una tonelada (kg)	Cantidad (kg/ha)
Nitrógeno (N)	5.0	150
Fosfórico (P ₂ O ₅)	2.5	75
Potasa (K ₂ O)	7.5	225
Calcio (Ca)	2.0	60
Magnesio (Mg)	1.0	30
Azufre (S)	1.3	39
Fierro (Fe)	0.167	5
Zinc (Zn)	0.92	2.8
Manganeso (Mn)	0.83	2.5
Boro (B)	0.50	1.5
Cobre (Cu)	0.006	0.2
Molibdeno (Mo)	0.008	0.2
Cloro (Cl)	0.250	7.5

Fuente: Cervantes, 2002.

Tabla 6: Forma de asimilación de nutrientes.

Elementos mayores	Elementos menores
Nitrógeno: NO_3^- , NH_4^+	Manganeso: Mn^{++}
Fósforo: H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$	Fierro: Fe^{++} , Fe^{+++}
Potasio: K^+	Cobre: Cu^{++}
Calcio: Ca^{++}	Zinc: Zn^{++}
Magnesio: Mg^{++}	Molibdeno: $\text{MoO}_4^{=}$
Azufre: $\text{SO}_4^{=}$	Boro: HBO_3^- , BO_3^-
	Cloro: Cl^-
	Silicio: $\text{SiO}_2^{=}$

Fuente: Cervantes, 2002

2.6.1. Rol de los macronutrientes: Elementos primarios

Rol de nitrógeno (N).- La planta toma el N mayormente como N-NO_3 y en menor proporción como N-NH_4 . El N-NO_3 es almacenado en las vacuolas y luego reducido a la forma amídica (NH_2) para la síntesis de aminoácidos y otros productos orgánicos más complejos. El N es elemento componente de los ácidos nucleicos (DNA, RNA); de los compuestos de energía (ATP, ADP, UTP, GTP, etc.) de la clorofila de proteínas, de hormonas, etc. (Villagarcía, 2003).

Es un elemento bastante móvil dentro de la planta y cuando en el suelo o sustrato se agota, el nitrógeno de los tejidos adultos (hojas maduras u hojas basales) migra en auxilio de los tejidos en crecimiento (meristemas y hojas en crecimiento de las partes superiores) razón por la cual la deficiencia de N empieza con una clorosis en las hojas basales y que luego invade toda la planta. En soluciones nutritivas se observa que la deficiencia de N provoca un mayor alargamiento radicular, porque la escasez de N provoca una disminución en la síntesis del Triptofano que es un amino-acido precursor del ácido indol acético. Esta auxina (hormona) al encontrarse en pequeñas concentraciones estimula el alargamiento radicular. La baja concentración de clorofila acompañado de una reducción del índice de área foliar (IAF) disminuye la actividad fotosintética y con ello decae la formación de estolones, tubérculos, etc.

En suma, la deficiencia de N en el suelo se traduce en un desarrollo escaso y clorótico de la planta, se acorta el periodo vegetativo y la cosecha es baja. El número de tubérculos por planta es menor y de tamaño reducido. (Villagarcía, 2003).

En el cultivo de papa es más común el exceso que la insuficiencia del fertilizante nitrogenado provocando trastornos negativos como es conseguir plantas más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades: “El enviciamiento” que consiste en un exagerado crecimiento de la parte aérea en perjuicio de la formación de tubérculos, alargamientos del periodo vegetativo y un mayor gasto en la compra de este insumo. Se ha mencionado que el cultivo para producir una tonelada de tubérculo fresco requiere un total de 4 a 6 kg de N y los suelos aún calificados como “pobres en N”, pueden producir de 5 a 8 t/ha de tubérculo fresco sin aplicación de fertilizante nitrogenado, indicando que el suelo puede suplir al cultivo durante su crecimiento de 25 a 40 kg/ha de N. Un cultivo de papa sembrado en un campo que fue un alfalfar bajo condiciones óptimas de clima, suelo, buena semilla y alta tecnología puede obtener rendimientos de 30 a 50 t/ha de tubérculo fresco, sin necesidad de fertilización nitrogenada; indicando que el suelo ha estado en capacidad de abastecer al cultivo 150 a 250 kg/ha de nitrógeno. (Villagarcía, 2003).

Rol del fósforo (P).- El fósforo es absorbido por la planta en la forma monoácida (H_2PO_4) que es la forma como se encuentra en la solución suelo. Es componente de los ácidos nucleicos, de los compuestos de energía de los fosfolípidos que le permiten a la membrana su selectividad diferencial. Al igual que el N, K, y Mg es un elemento bastante móvil dentro de la planta y cuando en el substrato o suelo el P llega a un nivel deficitario, el P acumulado en los tejidos adultos migra con rapidez a los tejidos en crecimiento, razón por la cual los primeros síntomas de deficiencia comienzan en las hojas adultas y va avanzando a las hojas en desarrollo. (Villagarcía, 2003).

En extrema deficiencia el desarrollo de la planta se detiene debido a que el P es esencial para la división celular y la planta aparenta un enanismo de color verde intenso. Este pronunciado color verde es debido a que la nutrición nitrogenada continúa pero al escaso crecimiento los tejidos tienen mayor concentración. En muchas variedades o clones de papa se nota igualmente manchas púrpuras acentuadas en las hojas adultas. La deficiencia de provoca una deficiencia de compuesto de energía necesario para que los carbohidratos producidos por la fotosíntesis sean metabolizados a compuestos más complejos; incrementándose la presión osmótica desviando los procesos de síntesis a la formación de antocianinas que aparecen como manchas purpúreo – rojizos que se inicia en las hojas adultas y poco a poco va cubriendo la planta aunque la intensidad de estas manchas depende de la interacción variedad ambiente. (Villagarcía, 2003).

Otra característica visual de la deficiencia de P en la planta es el escaso desarrollo de estolones y tubérculos, con rendimientos extremadamente bajos. El exceso de una nutrición fosfatada podría bloquear la absorción, transporte y metabolismo del Zn que podría llegar a un nivel insuficiente. Una buena nutrición fosfatada contrarresta los excesos de la fertilización nitrogenada, es decir reduce el periodo vegetativo, los tejidos se defienden mejor del ataque de plagas y enfermedades, minimiza los efectos de los nematodos, los tubérculos tiene mayor gravedad específica, en suma las cosechas se incrementan en cantidad y calidad. En los países en desarrollo la deficiencia de N y P en los suelos junto a los riesgos de sequía y/o heladas constituyen las causas de los rendimientos más bajos de papa (4 a 6 t/ha). (Villagarcía, 2003).

Se ha mencionado que para producir una tonelada de tubérculos, la planta necesita en total un promedio de 2 kg en términos de P_2O_5 . En suelos deficientes en fósforo, el agricultor generalmente obtiene rendimientos de 4 a 6 t /ha de tubérculos, indicando que el suelo estaba en capacidad de abastecer el cultivo de 8 a 12 kg/ha de P_2O_5 . En suelos bien provistos

en fósforo disponible, como en el caso de la costa peruana se puede obtener rendimiento de 25 a 35 t/ha sin aplicar fertilizantes fosfatados indicando que estos suelos están en capacidad de suplir a la planta 50 a 70 kg/ha de P_2O_5 . Sin embargo en la mayoría de los países son más frecuentes los suelos deficientes que los suelos provistos en fósforo. (Villagarcía, 2003).

Rol del potasio (K).- La planta absorbe el K como ion potásico (K^+) es un elemento que no forma compuestos orgánicos y dentro la planta se desplaza con rapidez. Del K se sabe su efecto necesario y esencial en un sin número de procesos de las plantas pero difícil explicar el mecanismo de su rol. Interviene en el proceso de transpiración, en la fotosíntesis y acumulación de carbohidratos razón por la cual se dice que el K es un elemento clave para las especies que se cultivan para la producción de granos tuberculosa, raíces, azúcares, etc. Igualmente se conoce que las plantas bien nutridas en K son más tolerables a los efectos de las heladas y la sequía. (Villagarcía, 2003).

El cultivo de papa para producir una tonelada, de tubérculo requiere 7 a 9 kg de K expresado como K_2O es decir mucho más que N y P.

La deficiencia de K por ser un elemento muy móvil aparece primero en las hojas basales (hojas adultas) con una necrosis en los bordes de las hojas que paulatinamente invade toda la planta. Las plantas mal nutridas en K son en generales muy débiles y susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, los tubérculos son pequeños y escasos. (Villagarcía, 2003).

Afortunadamente los suelos cultivados no son tan deficientes en este elemento, razón por la cual el agricultor está más preocupado por la fertilización nitro-fosfatada que la potásica. En los países desarrollados donde los rendimientos promedios de papa superan las 25 t/ha se nota que la fertilización potásica se hace en función de restituir la cantidad

extraída en la cosecha. Por ejemplo si se espera un rendimiento de 30 t/ha que a razón de unos 8 kg de K_2O /t significará una extracción de 240 kg de K_2O /ha entonces el agricultor fertiliza a razón de 250 a 300 kg/ha de K_2O . En los países andinos de América del sur los suelos pueden rendir de 15 a 25 t/ha de papa sin necesidad de aplicar fertilizantes potásicos, indicando que estos suelos son de contenido medio a alto de K. Obviamente si el agricultor prevé que podría obtener rendimientos superiores a 30 t/ha y el suelo está en condiciones de suplir K para unas 15 t, necesitará aplicar fertilizantes potásicos para las 15 t restantes que a razón de 8 kg/t de K_2O y una eficiencia de fertilización de 60 a 80 %, deberá fertilizar con 150 a 200 kg de K_2O /ha. (Villagarcía, 2003)

2.6.2. Rol de los macronutrientes: Elementos secundarios

Rol del calcio (Ca).- El cultivo de papa para producir una tonelada de tubérculos necesita de 0.6 a 0.8 kg de Ca. El Ca es absorbido como ion Ca^{++} y su movilidad es muy lenta dentro de la planta, razón por la cual los primeros síntomas de deficiencia aparecen en la parte superior de la planta en los tejidos en crecimiento. El Ca es un elemento componente de los pectatos de calcio en la membrana; interviene en el balance eléctrico, etc. (Villagarcía, 2003).

Una planta adecuadamente nutrida en Ca se manifiesta con una excelente proliferación radicular, la parte aérea hace tallos y hojas vigorosas y menos susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Aún en los suelos ácidos el Ca como nutriente es más que suficiente para la alimentación de la planta, por consiguiente es bastante raro ver campos de papa con síntomas de deficiencia de calcio. En suelos fuertemente ácidos (pH inferior a 4.8) se nota una baja en los rendimientos no por deficiencia de calcio sino por toxicidad de aluminio y la forma de corregirlo es mediante el encalado que también enriquece el suelo en Ca. (Villagarcía, 2003).

El Ca como nutriente casi nunca es preocupante para el agricultor; primero porque como se ha mencionado los suelos muy rara vez son deficientes en Ca y luego en el mercado existen fertilizantes como los superfosfatos (simple y triple) que no sólo aportan P sino también Ca que, en las cantidades aplicadas de estos fertilizantes cubren sobradamente las necesidades nutricionales de calcio. Por ejemplo una aplicación de 600 kg de superfosfato simple de calcio con 20% de P_2O_5 y 20% de Ca, aporta 120 kg de P_2O_5 y 120 kg de Ca y recordemos que la planta para producir una tonelada de tubérculo sólo requiere 0.6 a 0.8 kg de Ca. (Villagarcía, 2003).

Rol del azufre (S).- El S es componente de ciertos amino ácidos e interviene en la síntesis de clorofila razón por la cual su deficiencia se manifiesta con un amarillamiento clorótico muy semejante a la producida por la deficiencia del N pero que a diferencia de este empieza en las hojas superiores de la planta por ser el S un elemento de lenta movilidad.

La planta de papa para producir una tonelada de tubérculo requiere de 0.6 a 0.8 kg de S y lo absorbe de la solución suelo como ion $SO_4=$ o $SO_3=$. Una planta bien nutrida en S, P y Ca mantiene un excelente desarrollo radicular. En condiciones naturales es muy raro encontrar deficiencias de S, ya sea porque los suelos tienen suficiente S disponible, o porque se ha aplicado algún fertilizante nitro-fosfopotásico que contengan S (sulfato de amonio, superfosfato simple, sulfato de potasio, etc.), o porque para el control de alguna enfermedad fungosa se está aplicando un producto azufrado. La materia orgánica es una fuente natural de S por tanto los suelos ligeros deficientes en materia orgánica son los más susceptibles a la deficiencia de S y al cultivar papa bajo estas condiciones se debe prever haciendo aplicaciones de materia orgánica y eligiendo fertilizantes que contengan azufre. (Villagarcía, 2003).

Rol de magnesio (Mg).- El cultivo de papa para producir una tonelada de tubérculo requiere de 0.6 a 0.8 kg de Mg y es absorbido como ion Mg^{++} . Es componente de la molécula de clorofila; de los pectatos de

magnesio, cumple un rol catalítico y con el balance eléctrico. Es un elemento muy móvil dentro de la planta, razón por la cual en casos de deficiencia el Mg de los tejidos adultos migra con facilidad en auxilio de los tejidos en crecimiento y esta deficiencia se expresa como una clorosis interrenal que empieza en las hojas adultas. La deficiencia de Mg podría ocurrir en suelos desarrollados y ácidos (ultisoles, oxisoles) o suelos pobres en arcillas del tipo 2:1 o en suelos con excesos de K. (Villagarcía, 2003).

La deficiencia de Mg en suelos ácidos se corrige con aplicaciones de cal dolomítica y en caso de suelos ligeros deficientes en Mg se puede controlar con una aplicación equivalente de 30 a 60 kg/ha de MgO (150 a 300 kg de Sulpomag o 150 a 300 kg de sulfato de magnesio). (Villagarcía, 2003).

2.6.3. Rol de los microelementos

Rol del fierro (Fe).- Más que un micro elemento es considerado como un elemento intermedio. La planta para producir una tonelada de tubérculo requiere 80 a 120 g de Fe. Es un elemento catalítico e interviene en el transporte de electrones, en la síntesis de la clorofila, etc. (Villagarcía, 2003).

Es absorbido de la solución suelo, en la forma reducida (Fe^{2+}) razón por la cual su disponibilidad es más abundante en suelo ácido o de mal drenaje. Es un elemento poco móvil dentro de la planta y los primeros síntomas de deficiencia aparecen en las hojas superiores como manchas cloróticas. En suelos calcáreos el pH es elevado y el Fe reducido (disponible pasa fácilmente a la forma oxidada /no disponible). la deficiencia de Fe en cultivares de papa es poco frecuente y en caso de encontrarse podría ser controlado con aplicaciones foliares de soluciones de baja concentración de sales solubles o quelatos de Fe. Por ejemplo podría usarse sulfato ferroso en una concentración de 0.5 a 1 % consiguiéndose un reverdecimiento en uno a dos días después de la

aplicación. En caso de usar quelatos se recomienda Fe. E.D.T.A. para suelos ácidos, Fe-H.- E. D.T.A. para suelos neutros y Fe-E.D.D.H.A. en suelos calcáreos. Las cantidades pueden ser de 1.5 a 2.0kg/ha diluidas en 400 a 600 L de agua. (Villagarcía, 2003).

Rol del manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu).- Estos micro nutrientes son tomados por la planta en la forma reducida, razón por la cual el pH ácido favorece su disponibilidad. Son elementos que juegan roles catalíticos, transporte de electrones, balance eléctrico, etc. Son de lenta movilidad dentro de la planta y por este hecho las primeras deficiencias se observan en los tejidos en crecimiento. Las cantidades necesarias son decenas de gramos por hectárea y bajo condiciones normales es muy raro observar deficiencias de estos nutrientes. (Villagarcía, 2003).

Manganeso (Mn). El Mn junto con el Fe, está involucrado en la síntesis de la clorofila. Cuando la papa es cultivada en suelos muy calcáreos y pobres en materia orgánica la concentración de Mn en los tejidos disminuye espectacularmente y podría llegar a niveles de deficiencia. El control curativo de la deficiencia puede hacerse con aplicaciones de sales o quelatos de Mn. (Villagarcía, 2003).

Zinc (Zn). Las plantas con deficiencia de Zn presentan en su parte superior hojas pequeñas y cloróticas, pegadas al tallo. Estos síntomas podrían presentarse en suelos calcáreos o cuando se ha exagerado la fertilización fosfatada. El control curativo de la deficiencia de Zn se hace con aplicaciones foliares de sales solubles o quelatos de Zn. (Villagarcía, 2003).

Cobre (Cu). Es un micro elemento que la planta requiere en muy pequeñas concentraciones de sólo 5 a 10 ppm. Su deficiencia podría presentarse en suelos orgánicos presentando en la parte superior un ramillete de hojas pequeñas que se marronean rápidamente. Su control se hace con aplicaciones de sulfato de cobre. (Villagarcía, 2003).

Rol del boro (B).- Otro micro elemento absorbido como BO_3^{3-} y de lenta movilidad razón por la cual los primeros síntomas de deficiencia aparecen en los tejidos meristemáticos. Su rol bioquímica no es muy conocido y está relacionado con el transporte de carbohidratos, síntesis de proteínas, nutrición cálcica, etc. (Villagarcía, 2003).

La deficiencia de B en el cultivo de la papa es más notoria en los tubérculos que en el resto de los tejidos. El sabor y color del tubérculo está vinculada a la nutrición del B. (Villagarcía, 2003).

En la parte aérea los puntos de crecimiento mueren, y se fomenta crecimiento de brotes laterales. Los internudos son cortos. Las hojas son coriáceas y algo encarrujadas parecidas a los ataques del virus. En casos de fuertes deficiencia se presentan manchas purpúreas y congestión de carbohidratos en los tejidos. Las raíces son cortas, gruesas y de color marrón oscuro. Las raicillas mueren. (Villagarcía, 2003).

Los suelos calcáreos y pobres en materia orgánica son las más susceptibles a la deficiencia de boro. Como control curativo se puede hacer aplicaciones foliares de bórax (borato de sodio) y como control preventivo 10 a 15 kg/ha de bórax. (Villagarcía, 2003).

Rol del molibdeno (Mo).- Este micro elemento se encuentra en concentraciones muy pequeñas de 5 a 10 ppm. Es un transportador de electrones que tiene que ver en la reducción del nitrato de amonio. La deficiencia de Mo en cultivares de papa es muy raro, sólo se consigue bajo condiciones artificiales y está muy vinculada a la nutrición nitrogenada. El Mo es más disponible a medida que aumenta el pH y su exceso puede bloquear la nutrición cúprica. (Villagarcía, 2003).

2.7. Fertilizantes

Los fertilizantes son todas aquellas sustancias que son aplicadas al suelo o a la planta, para mejorar su fertilidad con el propósito de obtener altos rendimientos agrícolas. Por su composición química todos los fertilizantes se dividen en

inorgánicos (minerales) y orgánicos (abonos). Los fertilizantes son los elementos nutritivos que se suministran a las plantas para completar las necesidades nutricionales de su crecimiento y desarrollo, (Molinos & Cía, 2017).

Los fertilizantes químicos (también llamados comerciales o inorgánicos) contiene una concentración mucho más alta de nutrientes que el estiércol o las coberturas vegetales del suelo, pero no tiene las capacidades de mejoramiento del suelo de estos. (Sánchez, 2003). El mismo autor menciona, que pocos agricultores tienen suficiente abono orgánico para cubrir más de una porción pequeña de sus terrenos y por esa razón los abonos químicos frecuentemente son un ingrediente clave para el mejoramiento rápido de los rendimientos. A pesar de su costo constantemente en aumento, producen ganancias si se usan correctamente.

Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos tienen diferente ley según sea su naturaleza; la ley, indica el aporte de nutrientes en 100 kg de producto; por ejemplo la ley de la urea es 46, indica que en 100 kilos de urea existe 46 kilos de nitrógeno; la ley del Guano de Isla es 10 -10-2 indica que en 100 kg de Guano de Isla hay 10 kilos de nitrógeno, 10 kilos de P_2O_5 y 2 kilos de K_2O . La siguiente tabla, muestra la ley de diferentes productos que se utilizan en la producción de papa. (Cabrera, 2013).

Tabla 7: Ley de los principales fertilizantes orgánicos e inorgánicos que se usan en la producción de papa en la sierra norte del Perú.

Fertilizante orgánicos	Fertilizante inorgánicos	Ley		
		N	P_2O_5	K_2O
	Urea	46	0	0
	Superfosfato Triple de Calcio	0	46	0
	Superfosfato simple de Calcio	0	20	0
	Cloruro de Potasio	0	0	60
Guano de Isla		10	10	2
Gallinaza		3	1.82	1.27
	Fosfato Di amónico	18	46	0

Fuente: Velásquez, 2017.

2.7.1. Fertilizantes en estudio

2.7.1.1. Urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

Es un fertilizante fuente de nitrógeno (N) que tiene la forma de cristal blanco y posee altas concentraciones de nitrógeno, su riqueza en nitrógeno es de 46%. Actúa rápidamente pero el agua puede arrastrarlo y no se puede guardar por mucho tiempo. El 91 % de la úrea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. También se utiliza la úrea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03 %) como fertilizante de uso foliar. Se disuelve en agua y se aplica a las hojas de las plantas, sobre todo frutales, cítricos (Molinos & Cía. 2017).

En el suelo, la úrea al entrar en contacto con agua y en presencia de la enzima ureasa se convierte en carbonato amoniacal ($\text{CO}_3(\text{NH}_2)_2$), esta reacción eleva el pH a valores mayores de 8.0 en este ambiente alcalino el carbonato se descompone rápidamente en amoniacal (NH_3^-) y dióxido de Carbono (CO_2) el amoniacal es susceptible a volatilizarse pero en contacto con el agua se transforma en amonio (NH_4^+) que es fijado por los coloides del suelo para ser absorbido por la planta o pasar a un proceso de nitrificación (Villagarcía, 2003).

La úrea como fertilizante, proporciona un alto contenido de nitrógeno, es esencial en el metabolismo de la planta ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, quienes absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales. Debe tenerse mucho cuidado en la correcta aplicación de la urea al suelo. Si ésta es aplicada en la superficie, o si no se incorpora al suelo, ya sea por correcta aplicación, lluvia o riego, el amoníaco se vaporiza y las pérdidas

son muy importantes. La carencia de nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética. (Molinos & Cía. 2017).

2.7.1.2. Agrocote

Fertilizante de liberación controlada (38 % N, 3 % P, 3 % K).- Agrocote E-Max ofrece la liberación controlada del Nitrógeno y sus demás componentes por 3-4 meses, gracias a la tecnología de liberación controlada E-Max el cual es un recubrimiento de polímero usado para mejorar la eficiencia nutricional y la utilización por parte de la planta de los nutrientes principales. La liberación de los nutrientes se basa en la humedad y la temperatura, que ofrece una longevidad predecible, incluso en las condiciones más cálidas. (Romero Fertilizantes, 2017).

Ventajas del producto:

- Compuesto por E-Max para la liberación controlada del nitrógeno
- Gracias al encapsulado, conseguimos reducir las dosis de aplicación al 30% aproximadamente. Evita la salinización de los suelos por su bajo contenido de cloruros y sodio.
- Abono de única aplicación, reducción mano de obra y mecanización.
- Nitrógeno de liberación controlada para garantizar una fertilización equilibrada durante el ciclo completo del cultivo.
- De flujo libre, sin riesgo de formación de grumos, apelmazamientos u obstrucciones.
- Producto de fácil y cómodo manejo, con baja generación de polvo.

2.7.1.3. Fosfato diamónico (DAP) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas. Fertilizante con alto contenido de fósforo (18 % de nitrógeno amoniacal y 46 % de fósforo). El nitrógeno favorece la absorción y disponibilidad del fósforo, elemento que en el suelo es mínimamente asimilable. (Molinos & cía. 2017).

Producción.

Los fertilizantes de fosfato de amonio estuvieron disponibles por primera vez en la década de 1960. Está formulado a base de una reacción controlada de ácido fosfórico con amoníaco, donde la mezcla caliente se enfría, se granula, y luego se tamiza. El DAP tiene excelentes propiedades de manejo y almacenamiento. El grado estándar del DAP es 18 – 46 - 0 y productos fertilizantes con menor contenido de nutrientes no pueden ser etiquetados como DAP. (Molinos & cía. 2017).

- **Compatibilidad.** Compatibilidad con la mayoría de los fertilizantes; sin embargo, no debe mezclarse con el Nitrato de Amonio y la Urea sino en el momento de utilizarlos.
- **Comportamiento en el suelo.** No debe aplicarse junto con productos alcalinos, para evitar pérdidas del Nitrógeno Amoniacal.

Uso Agrícola.

El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una característica notable

del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución.

2.7.1.4. Cloruro de potasio (KCl)

El cloruro de potasio (KCl), su riqueza es de 60 % de potasa (K_2O) y se encuentra en los minerales en forma de catión monovalente (K^+), es utilizado como una fuente de K para la nutrición vegetal. Sin embargo, hay regiones donde las plantas responden favorablemente a la aplicación de Cl^- . El KCl es generalmente el material preferido para satisfacer estas necesidades. No hay un impacto significativo en el agua o aire asociado con dosis normales de aplicación de KCl, (Molinos & Cía, 2017).

2.7.2. Momento y formas de aplicación de los fertilizantes

2.7.2.1. Oportunidad de abonamiento o fertilización: Al momento de la siembra se aplica el 100 % de fósforo, el 100 % de potasio y sólo el 50 % del nitrógeno. Al momento del primer aporque o ashal, se utiliza la urea; de esta manera, se aplica el 50 % de nitrógeno que falta. (Velásquez, 2017).

2.7.2.2. Formas de realizar el abonamiento

A chorro continuo: Los abonos o fertilizantes se aplican en el fondo del surco; luego, se tapa con una capa superficial de tierra para evitar el quemado de los brotes de la semilla. Esta forma de abonamiento se practica en siembras de áreas grandes. (Cabrera, 2013).



Figura N° 09: Aplicación fertilizante a chorro continuo.

En golpes: Se coloca un puñado de abono o fertilizante entre semilla y semilla, esta forma de abonamiento se practica en siembra de áreas pequeñas. (Cabrera, 2013).



Figura N° 10: Aplicación fertilizante entre golpes.

2.8. Coeficiente de variabilidad.

El cociente σ/μ se denomina coeficiente de variación, Cuando se expresa en porcentaje $100 \sigma/\mu$ se llama a veces porcentaje de error. Un coeficiente de variación de 3% implica que σ es el 3% de la media μ (Box y Hunter 2008).

(Martínez, 1995), para determinar la precisión o la información suministrada por los diseños bajo estudio mediante el valor del coeficiente de variación adopta la siguiente escala convencional que considera aceptable para cultivos anuales, como la papa. Tabla 8.

Tabla 8: Precisión del coeficiente de variación

Coeficiente de variación	Precisión
5 -10	Muy buena
10 -15	Buena
15 – 20	Regular
20 – 25	Mala
> 25	Muy mala

Fuente: Martínez, 1995

(Toma y Rubio, 2008), indica que es una medida de dispersión relativa que se define como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética de un conjunto de observaciones. Si se desea expresar en porcentaje el coeficiente mencionado se multiplica por 100.

Tabla 9: Grado de variabilidad del coeficiente de variación

Coeficiente de variación	Grado de variabilidad
$0 \leq cv < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq cv < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq cv < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq cv < 25$	Datos variables
$cv \geq 25$	Datos muy variables

Fuente: Toma y Rubio, 2008.

2.9. Variables

Las variables en estudio fueron:

2.9.1. Variables independientes

Niveles de fósforo.- Tres: 120, 220 y 320 unidades de P_2O_5 .

Fuentes de nitrógeno.- Urea (46 % N), Agrocote (38 % N) y fosfato di amónico (18 % N).

2.9.2. Variables dependientes

Rendimiento de papa.- Relación de la producción de tubérculos de papa por hectárea.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área experimental

3.1.1. Localización y ubicación geográfica

El trabajo de investigación se ejecutó en el sector Carmen Pampa, Distrito y Provincia de Cutervo, Región Cajamarca, durante el periodo de diciembre del 2017 a mayo del año 2018, ubicada geográficamente dentro de las coordenadas 6° 22' 46.7" de latitud sur y 78° 48' 18.44" de longitud oeste, altura de 2,637 m.s.n.m.

3.1.2. Características climatológicas de la zona de estudio

La provincia de Cutervo presenta un clima templado, moderadamente lluvioso. Bajo las condiciones en que se instaló el trabajo de investigación, el periodo de ejecución y la forma de conducción del trabajo, se tomó registros de temperatura y precipitación (Tabla 10).

Temperatura

Las temperaturas promedio durante los meses de conducción del experimento fue de 17.84, 9.96 y 13.90 °C para la temperatura máxima, mínima y media, respectivamente (Tabla 10).

En general, el cultivo de papa necesita temperaturas bajas (clima frío) para una buena producción aunque es deseable que en los dos primeros meses después de la siembra la temperatura sea templada para favorecer el rápido crecimiento de la planta. Existen diferencias de requerimientos términos según la variedad que se siembre, podemos generalizar, que temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25 °C y mínimas o nocturnas de 8 a 13°C son excelentes para una buena tuberización. (Egúsquiza, 2012). Durante la ejecución del trabajo, la temperatura media fue de 13.90, valor que se encuentra en el rango para una buena tuberización del cultivo, que influye en rendimiento y calidad del tubérculo.

Precipitación

Durante la conducción del experimento, se observó que la máxima precipitación fue en el mes de diciembre de 2017 con 236.70 mm, en cambio la menor correspondió al mes de mayo con 75.70 mm y un total de 804.00 mm; valores óptimos para el abastecimiento y disponibilidad de agua para el cultivo (Tabla 10).

Tabla 10: Datos climatológicos estación meteorológica de SENAMHI – Cutervo. Año 2017 - 2018

Meses	Temperatura (°C)			PP
	Max	Min	Med	mm
Diciembre 2017	17.54	9.93	13.73	236.70
Enero 2018	17.61	9.70	13.65	125.40
Febrero 2018	18.61	9.00	13.80	125.30
Marzo 2018	17.53	10.29	13.91	135.60
Abril 2018	17.59	10.29	13.94	105.30
Mayo 2018	18.16	10.55	14.36	75.70
Promedio anual	17.84	9.96	13.90	134.00
Total precipitación ejecución experimento				804.00

Fuente: Estación Meteorológica SENAMHI – Cutervo. 2017-2018.

3.1.3. Características edáficas de la zona de estudio

El suelo donde se realizó el trabajo, presentó una reacción ligeramente ácida (pH = 6.70) y bajo nivel de sales solubles (Ce 1:1 = 1.28 ds/m), valores óptimos para el manejo de cultivo de papa. La fertilidad natural es baja, con deficiencias de fósforo (6.5 ppm), potasio (312 ppm), alto contenido de materia orgánica (4.50 %); y carbonato de calcio muy bajo (0.65 %). Fortalecer estas deficiencias por vía edáfica y foliar, para un cultivo exigente como la papa.

La textura franco arcillo arenosa es de mediana retención de humedad, (Tabla 11).

Tabla 11: Resultado análisis de suelos – Sector Carmen Pampa – Cutervo. EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA - 2017.

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

Tipo análisis : Fertilidad	Muestras : Suelos - 1
Nombre : Sr. Geiner Guevara Olivera	Altura : 2,637 m.s.n.m
Procedencia : Carmen Pampa	Cultivo a sembrar: Papa
Sector : Carmen Pampa	Fecha emisión: 15/10/2017
Distrito/dpto. : Cutervo/Cajamarca	

Muestra	Extracto Saturado		M. O.	P	K	Calcar.	Texturas (%)			
	pH	Ce 1:1								
		ds/m					A _o	L _o	Ar	Tipo de suelo
M – 1	6.70	1.28	4.50	6.50	312	0.65	56	21	23	Fo Ar Ao

3.2. Disposición experimental

3.2.1. Tratamiento en estudio

Los tratamientos en estudio fueron ocho, tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12: Tratamientos, fertilizantes y aportes de nutrientes

Tratamientos	Fuente	Cantidad fertilizante (kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T ₆ = 218-120-120 NPK	DAP	260	46.8	119.6	
	Urea	373	171.58	0	
	C. Potasio	200	0	0	120
T ₇ = 218-120-120 NPK	DAP	245	44.1	112.7	
	Agrocote	250	95	7.5	
	Urea	172	79.12	0	
	C. Potasio	200	0	0	120
T ₈ = 218-120-120 NPK	DAP	238	42.84	109.48	
	Agrocote	365	138.7	10.95	
	Urea	80	36.8	0	
	C. Potasio	200	0	0	120
T ₃ = 218-120-120 NPK	DAP	238	42.84	109.48	
	Agrocote	365	138.7	10.95	
	Urea	80	36.8	0	

	C. Potasio	200	0	0	120
T ₄ = 218-220-120 NPK	DAP	462	83.16	212.52	
	Agrocote	248	94.24	7.44	
	Urea	88	40.48	0	
	C. Potasio	200	0	0	120
T ₅ = 218-220-120 NPK	DAP	455	81.9	209.3	
	Agrocote	358	136.94	10.74	
	C. Potasio	200	0	0	120
T ₁ = Testigo absoluto	DAP	0	0	0	
	Agrocote	0	0	0	
	Urea	0	0	0	
	C. Potasio	0	0	0	0
T ₂ = 218-320-120 NPK	DAP	683	122.94	314.18	
	Agrocote	250	95	7.5	
	C. Potasio	200	0	0	120

Fuente: (Monteza, 2017).

Niveles de fósforo: Tres (120, 220 y 320 unidades de P₂O₅)

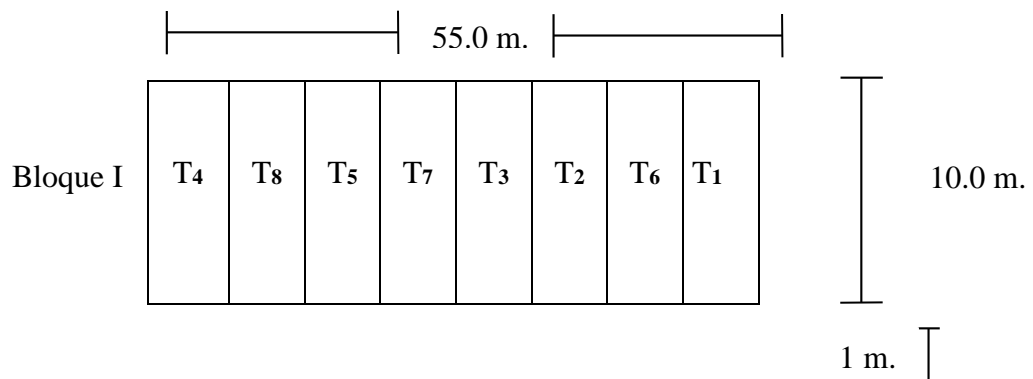
Fuentes de nitrógeno (N): Tres (Urea 46 % N, Agrocote 38 % N y Fosfato Diamónico 18 % N)

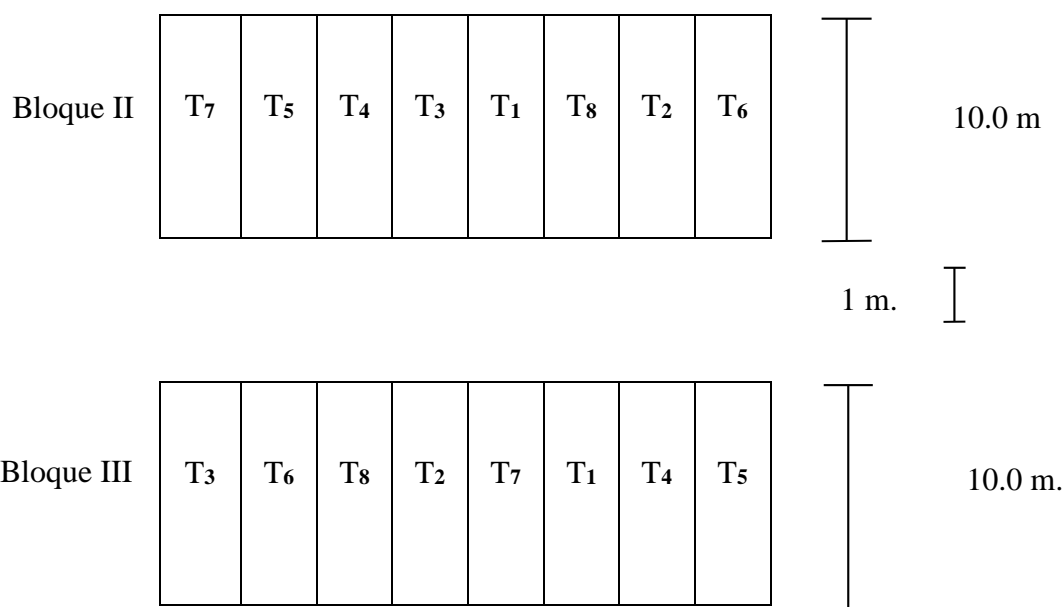
Fuente de potasio: Cloruro de potasio (60 % K₂O).

3.2.2. Diseño experimental

Para el presente trabajo se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres (03) repeticiones y ocho (08) tratamientos.

Croquis del campo experimental





Área neta del experimento: $440 \times 3 = 1,320.0 \text{ m}^2$.

Área total del experimento: $57.5 \times 34.0 \text{ m.} = 1,955.0 \text{ m}^2$.

3.3. Material experimental

3.3.1. Equipos, insumos, herramientas y materiales

3.3.1.1. Equipos.- Tractor para preparación de terreno, equipo de laboratorio para el análisis de suelo, equipo de cómputo, mochila manual de 20 litros de capacidad, balanza de precisión y cámara fotográfica

3.3.1.2. Insumos.- Semilla de papa variedad Yungay, fertilizantes y abono foliar, pesticidas y combustible

3.3.1.3. Herramientas.- Palanas, rastrillos, cuchillas y machetes

3.3.1.4. Materiales.- Tablero, cordel, wincha, estacas, etiquetas, bolsas de papel y material de oficina (Papel, CDs, USB, lapiceros, etc.).

3.4. Conducción experimental

3.4.1. Preparación del terreno.- La preparación del terreno se realizó con tractor a 40 cm de profundidad y bien mullida. El rendimiento depende mucho de las condiciones de preparación.

Aradura. Se realizó con arado de disco, cuando el suelo estaba húmedo a punto en la segunda quincena de octubre de 2017, a una profundidad de 40 cm.

Cruza. Se realizó con rastra, un día antes de la siembra con la finalidad de mullir bien los terrones.

Surcado. Esta labor se hizo con lampa, momentos antes de la siembra, los surcos fueron hechos en sentido contrario de la pendiente a un distanciamiento de 1.10 metro y a una profundidad de 20 cm.

3.4.2. Semilla.- La semilla fue certificada, se obtuvo de la Asociación de Productores Agropecuarios MISHA con un brotamiento vigoroso, uniforme y múltiple, con brotes no muy largos, peso de la semilla de 40 a 60 gramos correspondiendo a una semilla de segunda categoría.

3.4.3. Siembra.- La siembra se realizó el 12 de diciembre del 2017, a un distanciamiento de 40 cm entre tubérculo y tubérculo, se colocó en el fondo del surco con los brotes hacia arriba. El tapado se realizó uniformemente a fin de tener una germinación uniforme.

3.4.4. Labores culturales:

Riegos.- La cantidad de agua que requiere el cultivo de papa, así como el momento de aplicación son factores importantes para el buen desarrollo del mismo. En el desarrollo del trabajo de investigación no se realizó ningún riego, solo se aprovechó el agua de lluvia.

Deshierbos.- Las malezas compiten con las plantas, por agua, luz, aire y nutrientes, son hospederas de plagas y enfermedades; por lo que, el campo permaneció limpio en los primeros 45 días después de la siembra, cuando las plantas tuvieron entre 15 a 20 cm de altura. Dicha labor se hizo en forma

manual a lampa conjuntamente con el primer aporque, luego se hizo el segundo deshierbo a los 65 días y también se realizó el segundo aporque.

“Rogwing” o descarte.- Consistió en eliminar o descartar todas las plantas de papa fuera de tipo (Atípicas) y sospechosas a fin de mantener la pureza de la variedad; así como evitar el contagio de virus. Se realizó antes del deshierbo, al aporque y en especial en la floración.

Aporque.- Se realizó en forma manual a lampa, el aporque fue alto y se cubrió la mayor longitud de tallos de la parte aérea a los 20 días después del primer deshierbo.

3.4.5. Fertilización.- La fertilización se realizó en una sola oportunidad al momento de la siembra, donde se incorporó el 100 % del nitrógeno, fósforo y potasio. Generalmente el nitrógeno se recomienda aplicar fraccionado, pero para nuestro trabajo se utilizó Agrocote como una fuente de nitrógeno y que es de una sola aplicación, el nitrógeno de liberación controlada garantiza una fertilización equilibrada durante el ciclo completo del cultivo

La dosis utilizada fue de 218 unidades para el nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) tres niveles (120, 220 y 320) unidades y potasio (K_2O) 120 unidades.

Para el caso del nitrógeno, las fuentes empleados fueron: Urea (46 % N), Agrocote fertilizante de liberación controlada (38 % N, 3 % P, 3 % K) y Fosfato Diamónico (18 % N, 46 % P).

Agrocote E-Max ofrece la liberación controlada del Nitrógeno y sus demás componentes por 3-4 meses, gracias a la tecnología de liberación controlada E-Max el cual es un recubrimiento de polímero usado para mejorar la eficiencia nutricional y la utilización por parte de la planta de los nutrientes principales. La liberación de los nutrientes se basa en la humedad y la temperatura, que ofrece una longevidad predecible, incluso en las condiciones más cálidas. (Romero Fertilizantes, 2017)

Para la aplicación de los fertilizantes, primero se realizó el surcado, luego se colocó la semilla en el fondo del surco de acuerdo a la distancia

recomendada y posteriormente la mezcla del fertilizante entre tubérculo y tubérculo pesado según la dosis para cada tratamiento; es decir, para 125 tubérculos por parcela, finalmente se tapó la semilla con una capa de tierra de 10 a 15 cm.

3.4.6. Control fitosanitario.- Durante el desarrollo del cultivo se presentaron ataque de plagas (Epitrix, y Diabroticas) lo cual fue controlado con Disparo (Clorpirifos + Cypermctrina) a dosis de 500 ml/cilindro. Se realizó tres aplicaciones

Para el caso de enfermedades se presentó ataque de rancha, al inicio fue preventivo se aplicó Nemispor (Mancozed) a la dosis de 500 gramos/cilindro realizando dos aplicaciones cada 8 días, luego se aplicó un curativo Lessick (Cimoxamil) a la dosis de 500 gramos/cilindro, en este último se hicieron ocho aplicaciones.

3.4.7. Cosecha

Época de cosecha.- La época de cosecha es cuando el follaje toma un color amarillo, las hojas basales y los tallos de las plantas empiezan a caerse.

Sin embargo para determinar el momento adecuado de la cosecha se realizó el muestreo de tubérculos, que consistió en sacar tubérculos de diferentes partes del campo (Áreas representativas) y someterlos a una ligera fricción con los dedos de la mano. Si la piel del tubérculo resiste y no se pela nos indica que el producto se encuentra maduro.

Corte de tallo.- La eliminación del follaje se hizo manualmente con la ayuda de una hoz que fue desinfectada en una solución de agua con jabón en plena maduración del follaje. Los tubérculos permanecieron en el suelo por espacio de 10 días, hasta que la piel adquirió firmeza.

Cosecha.- La cosecha se hizo en forma manual utilizando lampas, se extrajeron los tubérculos de cada planta por surco de cada parcela, colocando sobre la superficie del suelo, sin mezclar los tubérculos para luego ser evaluados y pesados, para al final obtener el rendimiento, se utilizaron sacos blancos de polietileno, rafia de distintos colores para

identificar los tratamientos, tarjetas para la identificación y plumones marcadores.

3.5. Características evaluadas

- 3.5.1. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha).-** Se cosechó las plantas ubicadas en el área útil de cada parcela que corresponde a 55 m², los tubérculos de todas las plantas cosechadas se colocaron juntas en un solo lugar, luego se pesó el total de tubérculos de cada parcela y considerando el número de plantas cosechadas, se transformó en kilogramos por hectárea.
- 3.5.2. Altura de planta (cm).-** Esta evaluación se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de maduración, con el uso de una wincha de 10 plantas tomadas al azar de cada parcela, se midió la altura desde la superficie del suelo hasta el ápice de la rama superior.
- 3.5.3. Peso de tubérculos por planta (kg).-** Se realizó al momento de la cosecha, con la ayuda de una balanza se pesó los tubérculos de 10 plantas tomadas al azar, el resultado se expresó en kg/planta.
- 3.5.4. Número total de tubérculos por planta.-** Se contó el número de tubérculos de 10 plantas cosechadas al azar y luego se obtuvo el promedio por planta.
- 3.5.5. Número de tubérculos de primera por planta.-** Consistió en separar los tubérculos por su peso y tamaño mayor de 100 gramos para determinar la cantidad de tubérculos por planta.
- 3.5.6. Número de tubérculos de segunda por planta.-** Consistió en separar los tubérculos por su peso y tamaño entre 60 a 100 gramos para determinar la cantidad de tubérculos por planta.
- 3.5.7. Número de tubérculos de tercera por planta.-** Consistió en separar los tubérculos por su peso y tamaño menor de 60 gramos para determinar la cantidad de tubérculos por planta.

3.6. Análisis estadísticos de los datos

Se realizaron los ANAVAS por cada una de las características evaluadas, según el modelo lineal aditivo siguiente. (Martínez, 1995).

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} =Es la observación de la i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ =Es la media general del experimento.

t_i =Es el efecto asociado del i-ésimo tratamiento

β_j =Es el efecto asociado al j-ésimo bloque

ε_{ij} =Variación aleatoria asociada a la parcela del i-ésimo genotipo en el j-ésimo bloque.

Tabla N° 13: Forma general del análisis de varianza

Fuentes de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados
Bloques	$(r-1) = 2$	$\frac{\sum x_j^2}{t} - \frac{(\sum x_j)^2}{rt} = sc. Bloques$
Tratamientos	$(t-1) = 7$	$\frac{\sum x_j^2}{r} - \frac{x^2}{rt} = sc. Tratamientos$
Error	$(r-1)(t-1) = 14$	Por diferencia
Total	$(tr-1) = 23$	$\frac{\sum x^2}{ijij} - \frac{(\sum x_i)^2}{rt} = sc. Total$

Fuente: Stell y Torrie (2008)

Previo al análisis estadístico, se probaron las asunciones principales del análisis de varianza, como la normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos de la variable dependiente, el rendimiento de tubérculo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a lo realizado y bajo las condiciones en la que se realizó el proyecto de investigación, los materiales empleados y los objetivos propuestos se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. Análisis de varianza de las características evaluadas

4.1.1. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha)

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, no se encontró diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, por tener un p-Valor > 0.05 , mostrando que se acepta la hipótesis nula, teniendo por lo tanto un rendimiento de tubérculos homogéneos (Tabla 14).

El promedio experimental fue 36,692.38 kilos por hectárea, valor superior al promedio de la provincia de Cutervo 15,996 kg/ha. (MINAGRI, 2018).

El coeficiente de variabilidad fue 14.51 %, valor medio que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento proporciona una buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son regularmente homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento de tubérculos de papa.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	419205863.33	9	46578429.26	1.64	0.1952
Bloque	3233361.35	2	1616680.68	0.06	0.9448
Tratamientos	415972501.97	7	59424643.14	2.10	0.1130
Error	396835033.95	14	28345359.57		
Total	816040897.27	23			

CV = 14.51 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró dos subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor rendimiento de tubérculos fue encabezado por el tratamiento (218-320-120) NPK con 42,338.43

kg/ha, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, no existiendo diferencias estadísticas con el resto. Mientas que el testigo sin aplicación (Testigo absoluto), rindió 27,694.65 kilos de papa por hectárea, la cual quedó en último lugar, debido a que no recibió los beneficios de los demás tratamientos. (Tabla 15, figura 11).

Tabla 15. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha) “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M.	Tratamientos	Rdto. (kg/ha)	Sig.
1	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	42,338.43	A
2	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	40,358.78	A
3	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	39,086.06	A
4	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	37,633.75	AB
5	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	36,373.21	AB
6	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	35,265.66	AB
7	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	34,788.50	AB
8	Testigo absoluto	27,694.65	B
	Promedio	36,692.38	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

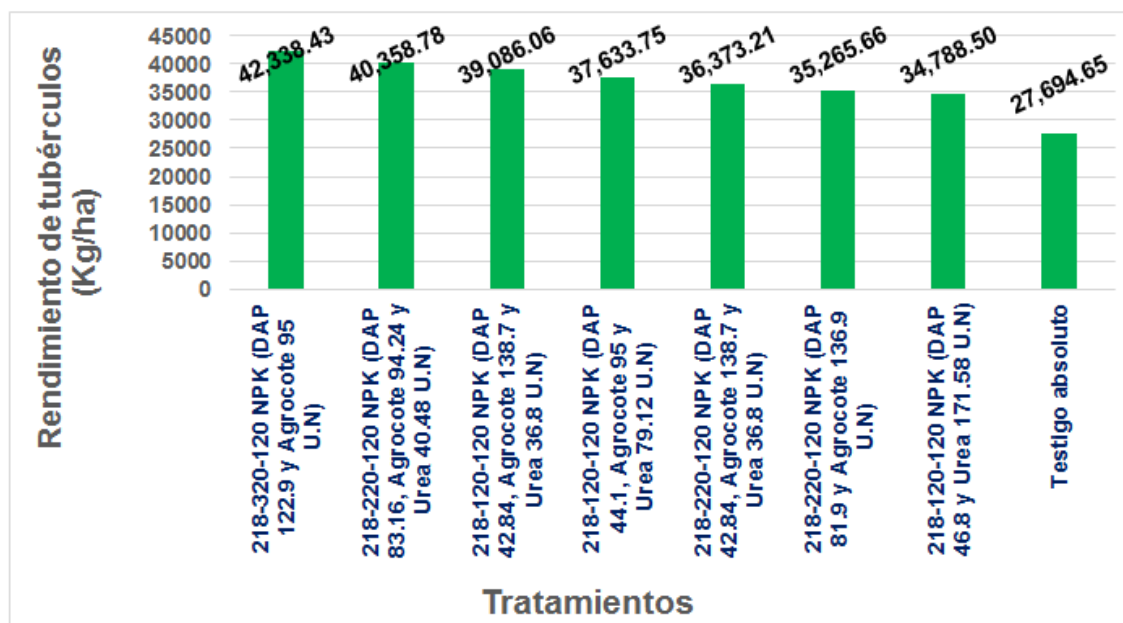


Figura 11. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.2. Altura de planta (cm)

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, no se encontró diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, por tener un p-Valor > 0.05, indicando que se acepta la hipótesis nula, teniendo por lo tanto una altura de planta homogénea (Tabla 16).

El promedio experimental fue de 104.57 cm.

El coeficiente de variabilidad fue 6.91 %, valor bajo que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento proporciona una muy buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 16. Análisis de varianza para altura de planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	810.83	9	90.09	1.72	0.1739
Bloque	135.50	2	67.75	1.30	0.3042
Tratamientos	675.33	7	96.48	1.85	0.1556
Error	731.26	14	52.23		
Total	1542.09	23			

CV = 6.91 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró dos subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor altura de planta lo constituyen todos las unidades experimentales que recibieron los tratamientos, estando encabezado por el tratamiento (218-120-120) NPK con una altura de 110.67 cm, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP, Agrocote y Urea con 42.84, 138.7 y 36.8 unidades respectivamente, no existiendo diferencias estadísticas con el resto de unidades tratadas, mientras que el testigo sin aplicación, quedó en último lugar de 92.17 cm de altura, debido a que no recibió los beneficios de los demás tratamientos. (Tabla 17, figura 12).

Tabla 17. Altura de planta (cm). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M.	Tratamientos	Altura pta (cm)	Sign.
1	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	110.67	A
2	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	108.63	A
3	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	107.60	A
4	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	106.43	A
5	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	104.90	AB
6	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	103.53	AB
7	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	102.63	AB
8	Testigo absoluto	92.17	B
	Promedio	104.57	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

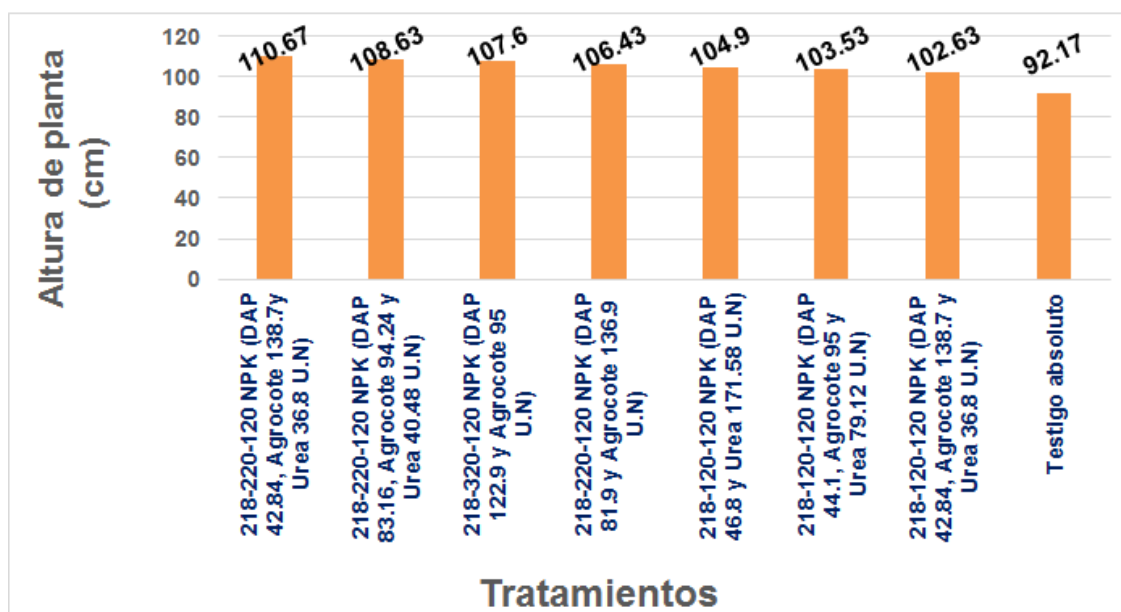


Figura 12. Altura de planta (cm). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.3. Peso de tubérculos por planta (kg)

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, se encontró alta diferencia estadística para las fuentes de variación bloques y tratamientos mostrando que se acepta la hipótesis alternante, indicando que el diseño empleado fue el apropiado por el control efectivo del error experimental (Steel y Torrie 1968). Tabla 18.

El promedio experimental fue de 2.49 kilos por planta, valor similar (2.5 kilos por planta) a lo encontrado en la EEA. Santa Ana – INIA – Huancayo (INIA, 2014).

El coeficiente de variabilidad fue 10.51 %, valor medio que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento proporciona una buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son regularmente homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 18. Análisis de varianza para peso de tubérculos por planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	8.45	9	0.94	13.74	0.0001
Bloque	3.28	2	1.19	17.43	<0.0002
Tratamientos	6.07	7	0.87	12.68	<0.0001
Error	0.96	14	0.07		
Total	9.40	23			

CV = 10.51 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró tres subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor peso por planta lo constituyen los tratamientos (218-220-120) NPK con 3.12 kilos por planta, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP (81.99) y Agrocote (136.9 unidades), seguido de los tratamientos (218-320-120), (218-220-120) y (218-120-120) NPK, teniendo valores comparables de 3.09, 2.88 y 2.63 kilos respectivamente. En cambio el testigo sin aplicación quedó en último lugar con un peso de 1.66 kilos, debido a que no recibió los beneficios de los demás tratamientos. (Tabla 19, figura 13).

Tabla 19. Peso de tubérculos por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M.	Tratamientos	Peso tub. kg/planta	Sign
1	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	3.12	A
2	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	3.09	A
3	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	2.88	A
4	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	2.63	AB
5	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	2.37	BC
6	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	2.20	BC
7	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	1.93	CD
8	Testigo absoluto	1.66	D
	Promedio	2.49	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

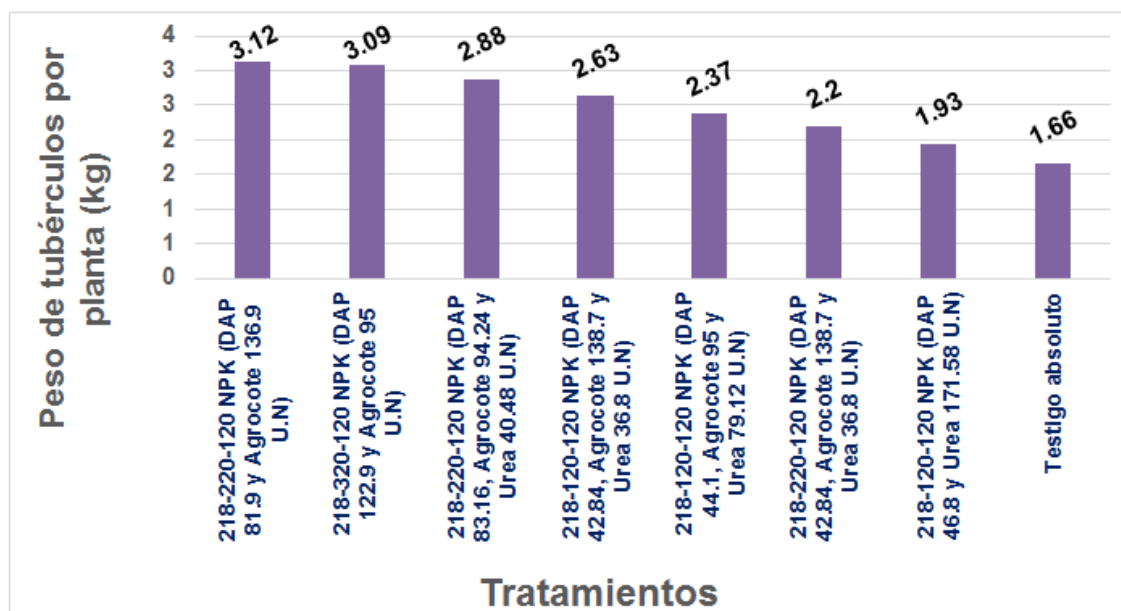


Figura 13. Peso de tubérculos por planta (kg). “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.4. Número total de tubérculos por planta

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, se encontró alta diferencia estadística para las fuentes de variación bloques y tratamientos mostrando que se acepta la hipótesis alternante, indicando que el diseño empleado fue el apropiado por el control efectivo del error experimental (Steel y Torrie, 1968). Tabla 20.

El promedio experimental fue de 31.73 tubérculos por planta

El coeficiente de variabilidad fue 6.60 %, valor bajo que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento proporciona una muy buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 20. Análisis de varianza para número total de tubérculos por planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	834.84	9	92.76	21.19	0.0001
Bloque	412.59	2	206.30	47.12	<0.0001
Tratamientos	422.24	7	60.32	13.78	<0.0001
Error	61.29	14	4.38		
Total	896.13	23			

CV = 6.60 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró seis subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor número de tubérculos por planta lo conforman el tratamiento (218-220-120) NPK con 37.14 tubérculos por planta, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP (81.9) y Agroscote (136.9 unidades), seguido de los tratamientos (218-320-120) y (218-220-120) NPK con 35.96 y 35.20 tubérculos por planta respectivamente. Mientras que el testigo absoluto alcanzó 23.95 tubérculos por planta, debido a que no recibió los beneficios de los demás tratamientos (Tabla 21, figura 14).

Tabla 21. Número total de tubérculos por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M.	Tratamientos	N° Total tub/pta	Sign
1	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agroscote 136.9 U.N)	37.14	A
2	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agroscote 95 U.N)	35.96	AB
3	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agroscote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	35.20	ABC
4	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agroscote 138.7y Urea 36.8 U.N)	32.29	BCD
5	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agroscote 95 y Urea 79.12 U.N)	31.75	CD
6	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agroscote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	30.02	DE
7	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	27.50	EF
8	Testigo absoluto	23.95	F
	Promedio	31.73	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).



Figura 14. Número total de tubérculos por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.5. Numero de tubérculos de primera por planta

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, se encontró alta diferencia estadística para las fuentes de variación bloques y tratamientos mostrando que se acepta la hipótesis alternante, indicando que el diseño empleado fue el apropiado por el control efectivo del error experimental (Steel y Torrie, 1968). Tabla 22.

El promedio experimental fue de 15.88 tubérculos de primera por planta.

El coeficiente de variabilidad fue 7.72 %, valor bajo que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma de datos, por lo que el experimento proporciona una muy buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 22. Análisis de varianza para número de tubérculos de primera por planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	776.55	9	86.28	57.34	0.0001
Bloque	156.57	2	78.28	52.03	<0.0001
Tratamientos	619.98	7	88.57	58.86	<0.0001
Error	21.07	14	1.50		
Total	797.61	23			

CV = 7.72 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró seis subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor número de tubérculos lo conforma el tratamiento (218-220-120) NPK, con 22.21 tubérculos de primera por planta, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP (81.9) y Agrocote (136.9 unidades) seguido de los tratamientos con dosis de (218-320-120) y (218-220-120) NPK, con 19.75 y 18.67 tubérculos de primera por planta respectivamente. Mientas que el testigo absoluto, obtuvo 4.38 tubérculos, debido a que no recibió los beneficios de los otros tratamientos. (Tabla 23, figura 15).

Tabla 23. Número de tubérculos de primera por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M	Tratamientos	N° tub. I	Sig
1	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	22.21	A
2	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	19.75	B
3	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	18.67	B
4	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7y Urea 36.8 U.N)	17.67	BC
5	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	16.04	CD
6	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	15.29	D
7	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	13.94	E
8	Testigo absoluto	4.38	F
	Promedio	15.88	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

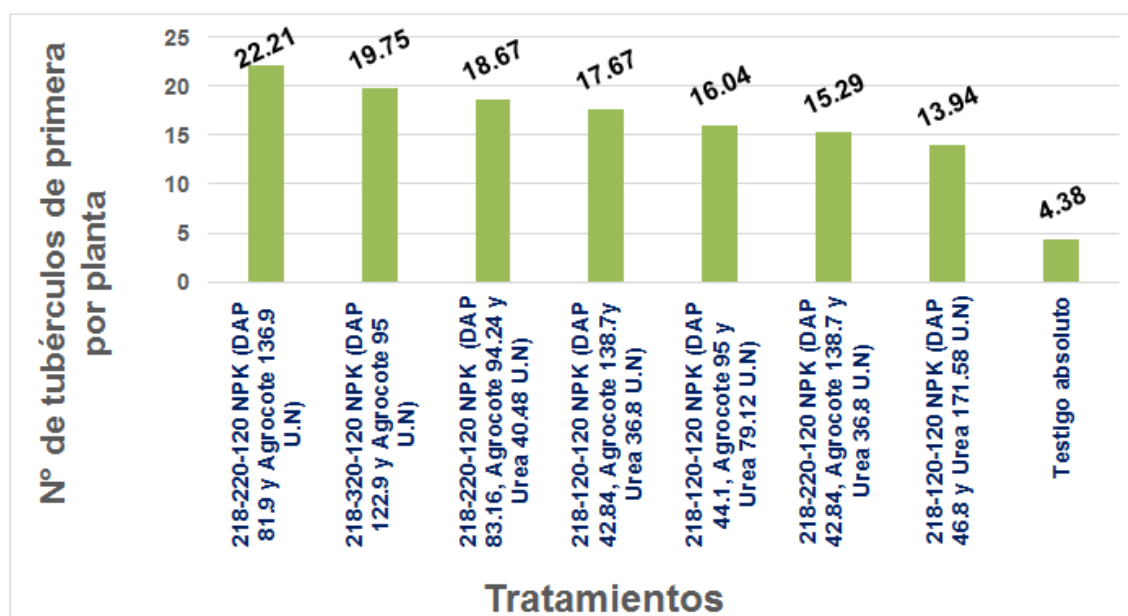


Figura 15. Número de tubérculos de primera por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.6. Número de tubérculos de segunda por planta

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, no se encontró diferencias estadísticas para las fuentes de variación bloques y tratamientos mostrando que se acepta la hipótesis nula (Tabla 24).

El promedio experimental fue de 9.20 tubérculos de segunda por planta

El coeficiente de variabilidad fue 17.62 %, valor aceptable que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento muestra regular precisión (Martínez, 1995), y que los datos son regularmente variables (Toma y Rubio, 2008).

Tabla 24. Análisis de varianza para número de tubérculos de segunda por planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	43.78	9	4.86	1.85	0.1457
Bloque	17.47	2	8.73	3.32	0.0659
Tratamientos	26.31	7	3.76	1.43	0.2690
Error	36.80	14	2.63		
Total	80.58	23			

CV = 17.62 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró dos subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor número de tubérculos fue el tratamiento (218-220-120) NPK con fuentes de nitrógeno DAP (83.16), Agrocote (94.24) y Urea (40.48 unidades), seguido del tratamiento (218-320-120) NPK, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP (122.0) y Agrocote (95 unidades), con 10.38 y 10.25 tubérculos de segunda por planta respectivamente. Mientas que el testigo absoluto, obtuvo 6.78 tubérculos, debido a que no recibió los beneficios de los otros tratamientos. (Tabla 25, figura 16).

Tabla 25. Número de tubérculos de segunda por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M	Tratamientos	N° tub. II	Sig
1	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	10.38	A
2	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	10.25	A
3	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	9.58	AB
4	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	9.58	AB
5	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7y Urea 36.8 U.N)	9.13	AB
6	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	9.04	AB
7	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	8.88	AB
8	Testigo absoluto	6.78	B
	Promedio	9.20	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

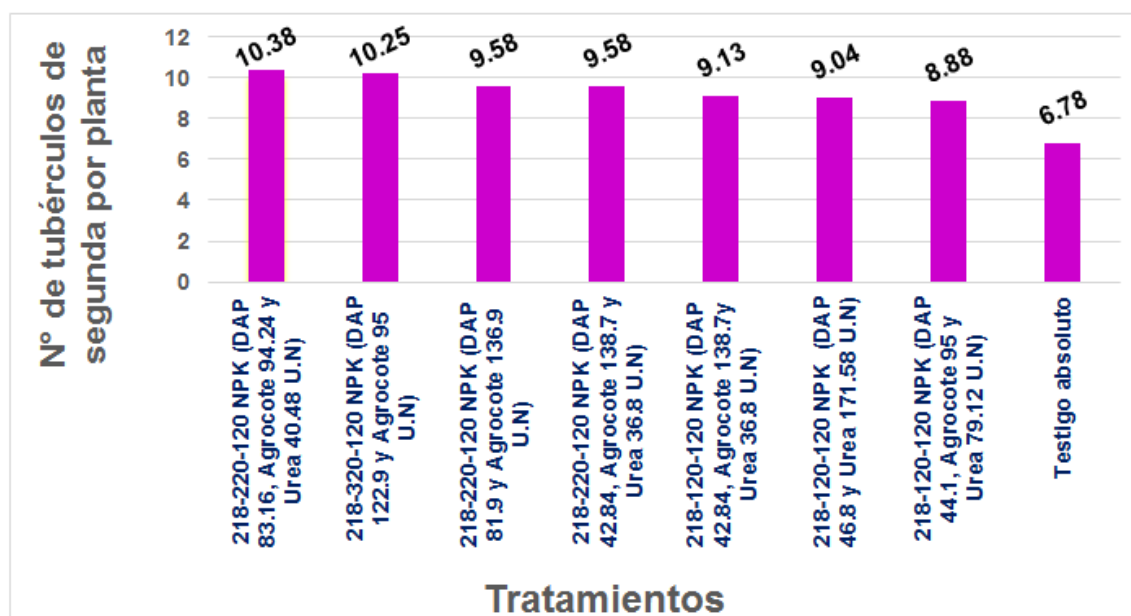


Figura 16. Número de tubérculos de segunda por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.1.7. Número de tubérculos de tercera por planta

Efectuado el análisis de varianza para esta característica, se encontró alta diferencia estadística para las fuentes de variación bloques y tratamientos mostrando que se acepta la hipótesis alternante, indicando que el diseño empleado fue el apropiado por el control efectivo del error experimental (Steel y Torrie 1968). Tabla 26.

El promedio experimental fue de 6.64 tubérculos de tercera por planta.

El coeficiente de variabilidad fue 10.63 %, valor medio que muestra la confiabilidad en la conducción experimental y toma datos, por lo que el experimento proporciona una buena precisión (Martínez, 1995), y los datos son regularmente homogéneos (Toma y Rubio, 2008), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

Tabla 26. Análisis de varianza para número de tubérculos de tercera por planta.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F	P-Valor
Modelo	154.50	9	17.17	34.40	0.0001
Bloque	18.53	2	9.26	18.56	<0.0001
Tratamientos	135.97	7	19.42	38.93	<0.0001
Error	6.99	14	0.50		
Total	161.48	23			

CV = 10.63 %

Efectuado la prueba de comparaciones de Duncan (0.05), se encontró tres subconjuntos diferentes estadísticamente, el subconjunto de mayor número de tubérculos le corresponde al testigo absoluto con 12.79 tubérculos de tercera por planta, lo que indica que hay mayor número de tubérculos pero con menor peso y tamaño. Mientras que el tratamiento (218-220-120) NPK, utilizando como fuetes de nitrógeno DAP (42.84), Agrocote (138.7) y Urea (36.8 unidades), presentó el menor número con 5.14 tubérculos de tercera por planta. (Tabla 27, figura 17).

Tabla 27. Número de tubérculos de tercera por planta “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M	Tratamientos	Nº tub. III	Sig
1	Testigo absoluto	12.79	A
2	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	6.83	B
3	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	6.16	BC
4	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	5.96	BC
5	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7y Urea 36.8 U.N)	5.50	C
6	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	5.42	C
7	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	5.34	C
8	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	5.14	C
	Promedio	6.64	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

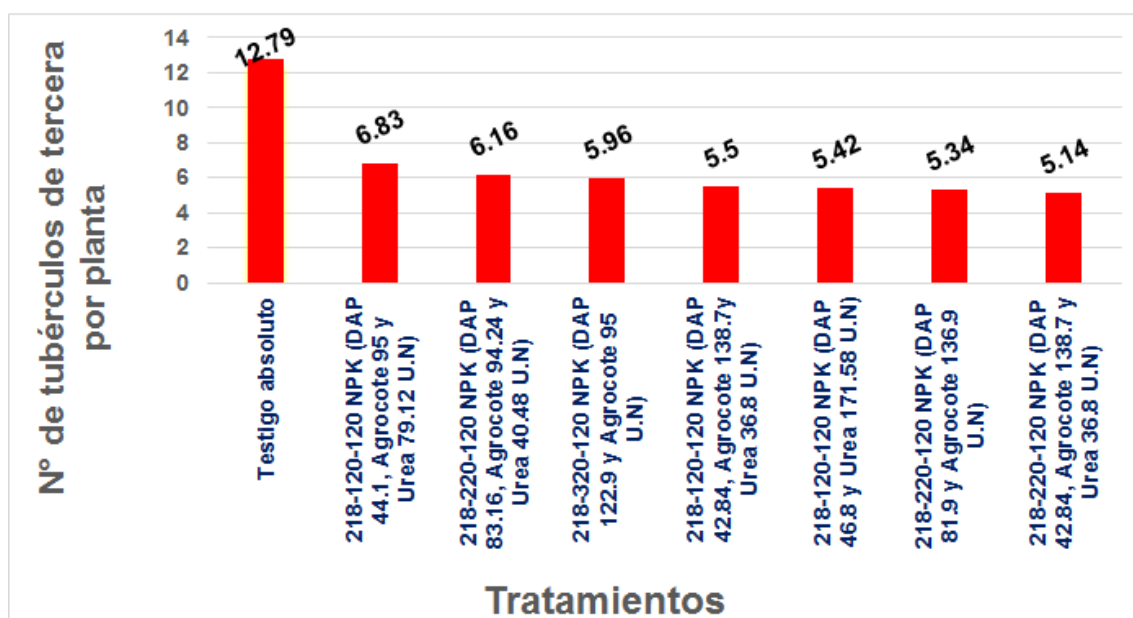


Figura 17. Número de tubérculos de tercera por planta. “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

4.2. Análisis económico

Para este fin se efectuaron los cálculos de costos para cada tratamiento por hectárea para la variable rendimiento de tubérculos de papa; además, al no encontrarse diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el presente trabajo de investigación, económicamente hay una interesante posibilidad de rentabilidad, al hacer los cálculos del retorno a la inversión.

En la tabla 28, se dan los rendimientos, costo de producción (S/. 8,000 sin considerar los fertilizantes), ingreso total (IT), costos de fertilizantes y costo de aplicación, costo total (CT), beneficio (IT - CT) y el índice de rentabilidad (IT/CT), considerando para nuestro estudio y costos del producto comercial según precios en chacra de Cutervo en el mes de enero de 2020, lo que permite calcular el número de veces en que se recupera la inversión, se encontró que el mayor beneficio, se obtiene con el tratamiento 218 N – 320 P₂O₅ – 120 K₂O, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, con un beneficio de S/ 31,348.05 y un índice de rentabilidad de 3.9, valor que indica que por cada sol que se invierte en producir papa, se recupera el sol y se gana 2.9 soles. Se observa que en todos los demás tratamientos existió una rentabilidad positiva, por ser mayor que 1.0; por lo que también se gana por aplicar fertilizantes.

Tabla 28. Análisis económico “Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

O.M.	Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Ingreso total S/	Costo N	Costo P ₂ O ₅	Costo K ₂ O	Precio fertilizante	Costo producción	Costo aplicación	Costo total	Beneficio IT-CT	Rentabilidad IT/CT
1	218-320-120 NPK (DAP 122.9 y Agrocote 95 U.N)	42,338.43	42,338.43	1,300.00	1,270.38	300.00	2,870.38	8,000.00	120.00	10,990.38	31,348.05	3.9
2	218-220-120 NPK (DAP 83.16, Agrocote 94.24 y Urea 40.48 U.N)	40,358.78	40,358.78	1,409.28	859.32	300.00	2,568.60	8,000.00	120.00	10,688.60	29,670.18	3.8
3	218-120-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	39,086.06	39,086.06	2,006.80	442.68	300.00	2,749.48	8,000.00	120.00	10,869.48	28,216.58	3.6
4	218-120-120 NPK (DAP 44.1, Agrocote 95 y Urea 79.12 U.N)	37,633.75	37,633.75	1,533.92	455.70	300.00	2,289.62	8,000.00	120.00	10,409.62	27,224.13	3.6
5	218-220-120 NPK (DAP 42.84, Agrocote 138.7 y Urea 36.8 U.N)	36,373.21	36,373.21	2,006.80	442.68	300.00	2,749.48	8,000.00	120.00	10,869.48	25,503.73	3.3
6	218-220-120 NPK (DAP 81.9 y Agrocote 136.9 U.N)	35,265.66	35,265.66	1,861.60	846.30	300.00	3,007.90	8,000.00	120.00	11,127.90	24,137.76	3.2
7	218-120-120 NPK (DAP 46.8 y Urea 171.58 U.N)	34,788.50	34,788.50	507.28	189.23	300.00	996.51	8,000.00	120.00	9,116.51	25,671.99	3.8
8	Testigo absoluto	27,694.65	27,694.65	0.00	0.00	0.00	0.00	8,000.00	120.00	8,120.00	19,574.65	3.4

MAX. 31,348.05

U. N. = Unidades de nitrógeno

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el trabajo de investigación, los materiales empleados, las fechas programadas y los objetivos propuestos, se concluye lo siguiente:

1. El tratamiento 218 N – 320 P₂O₅ – 120 K₂O, sobresalió con rendimiento de 42,338.43 kilos de papa por hectárea, utilizando como fuentes de nitrógeno DAP y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, mientras que el testigo absoluto solo rindió 27,694.65 kilos por hectárea, debido a que no recibió los beneficios como de los otros tratamientos.
2. Las variables número de tubérculos por planta (31.73) y peso promedio por planta (2.49 kilos), se atribuye al mayor nivel del fósforo (320 unidades) aplicado al momento de la siembra.
3. El tratamiento más rentable fue utilizando la dosis de 218 N – 320 P₂O₅ – 120 K₂O y como fuentes de nitrógeno Fosfato Diamónico y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, con un beneficio de S/ 31,348.05 y un índice de rentabilidad de 3.9 %, lo que nos indica que es rentable para el agricultor.

VI. RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos, se recomienda fertilizar con una dosis de 218 N – 320 P₂O₅ – 120 K₂O, utilizando como fuentes de nitrógeno Fosfato Diamónico y Agrocote con 122.9 y 95 unidades respectivamente, con un beneficio de S/ 31,348.05 y un índice de rentabilidad de 3.9 %, lo que nos indica que es rentable para el agricultor.
2. Evaluar las dosis de fósforo en diferentes épocas de siembra; así como, en distintas localidades del distrito de Cutervo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrobanco. 2012. Producción de papa en sierra. Lima - Perú
2. Bolivia, D. 2010. Exposición, muestreo, análisis e interpretación de resultados en el cultivo de papa. EE. Vista Florida – Chiclayo – Perú. 27 diapositivas.
3. Box G.E, J. Stuart Hunter y William G. Hunter, 2008. Estadística para investigadores. Diseño, innovación y Descubrimiento. Segunda edición. Editorial Reverté, impreso en España, 639 p.
4. Cabrera, H. 2003. El cultivo de papa. Folleto 1 ed. EEA. Baños del Inca Cajamarca - Perú. Asociación Obispo Martínez Compañón. 14 p.
5. Cabrera, H. 2013. El cultivo de papa. Estación Experimental Agraria Baños del Inca – Cajamarca - Perú. 28 pág.
6. Cervantes, M. 2002. Exposición Absorción de nutrientes y requerimiento nutricional del cultivo de papa. INIA – Cajamarca.
7. CIP, 2006. Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica. Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECH). Huancavelica – Perú.
8. CIP, 2002. Informe Técnico Anual 2001-2002 del Proyecto FONTAGRO. Selección y Utilización de Variedades de Papa con Resistencia a Enfermedades para el Procesamiento Industrial de América Latina. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. pp. 84
9. Durand, M. 2012. Descripción morfológica y físico – agronómica de cultivares de papa nativa (*Solanum spp.*) colectadas en el centro poblado de Pomamanta, Coma, Junín. Tesis Magister Scientiae en Producción Agrícola. 131 p.
10. Egúsqiza, R. 2012. Producción de papa en la sierra. Lima – Perú. 26 pág.
11. Egúsqiza, R. 2008. La papa, producción, transformación y comercialización. 1 ed. Lima Per. CIMAGRAF S.R.L. 192 p.
12. Egúsqiza, B. 2000. La papa, producción, transformación y comercialización. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Asociación de Exportadores (ADEX), Lima, Perú. 56 pág.
13. FAO, 2014. Anuario Estadístico 2014 de la Alimentación y Agricultura en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura - FAO. Santiago, Chile. 178 pp.
14. Flores & Villagarcía S. 1974. “Manual de uso de fertilizantes”, Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 89 pág.

15. García, F. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización para altos rendimientos en la región pampeana Argentina. 4º Conferencia Fertilizantes Cono Sur. British Sulphur. Porto Alegre Brasil 18-20 noviembre.
16. Gómez, R. 2000. Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papa, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú.
17. Herrera, A. 2009. Efecto de aplicación de abonos orgánicos y químicos en el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum L.*), y su comportamiento en las propiedades físicas del suelo. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. La Paz – Bolivia.
18. INEI, 2012. IV Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima – Perú.
19. INIA, 2017. Estudio de las potencialidades productivas de los cultivos de maíz, papa y pastos en el distrito de Cutervo. EEA. Baños del Inca. Cajamarca – Perú. 34 pág.
20. INIA, 2014. Nuevo paquete tecnológico duplicaría el rendimiento de papa en Huancavelica. Huancavelica – Perú. Boletín electrónico, 29 mayo de 2014 23:15: prensa@agronegocios.pe.
21. Martínez O, R. 1995. Coeficientes de variabilidad Agronomía Tropical. 20(2): 81-95 pp.
22. Martínez A. G. 1988. "Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría". Edit. Trillas. México D. F.- México.
23. MINAGRI – Agencia Agraria de Cutervo. 2018. Exposición Situación actual, tendencia y perspectiva del cultivo de papa en la provincia de Cutervo – Cajamarca.
24. MINAGRI, 2016. Boletín de papa. Lima – Perú.
25. MINAGRI, 2014. Informe técnico anual 2013-2014. Principales Aspectos Agroeconómicos de la Cadena Productiva de la Papa. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Lima, Perú. 94 pp.
26. MINAGRI, 2014. Cultivos de importancia nacional. Disponible en <http://minagri.gob.com>
27. MINAGRI, 2013. Dirección General de Competitividad Agraria (DGCA). Dirección de Información Agraria. Principales Agroeconómicos de la Cadena Productiva de Papa. Lima – Perú.
28. Molinos & Cía. 2017. Propiedades físicas y químicas de los fertilizantes sintéticos. Lima – Perú.
29. Monteza, U. 2017. Elaboración de la tabla de los tratamientos, fertilizantes y aporte de nutrientes. Cutervo – Cajamarca – Perú.

30. Romero Fertilizantes. 2018. Ficha técnica del fertilizante compuesto papa. Lima - Perú
31. SENAMHI, 2018. Datos climatológicos estación meteorológica. Cutervo - Cajamarca – Perú.
32. Steel R. y J. H. Torrie, 1985. "Bioestadística: Principios y Procedimientos", 2º edición. Edit. Mac Graw Hill. Colombia.
33. Toma y Rubio. 2008. Estadística aplicada. Primera parte. Apuntes de estudio 64. Universidad del Pacífico. Centro de investigación. 342 pp.
34. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2011. Guía técnica – Curso taller manejo integrado de papa. Jornada de capacitación UNALM – AGROBANCO. Cuzco – Perú. Disponible:
http://www.agrobanco.com/pdfs/Capacitacionesproductores/papa/MANEJO_INTEGRADO_DE_PAPA.pdf.
35. Valderrama, K. 2015. Efecto de tres dosis de materia orgánica y En-compost en el rendimiento de *Solanum tuberosum* L. Var. Yungay. Santiago de Chuco. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.
36. Vásquez, E. 2003. Influencia de los Factores Ambientales en la Predicción del Comportamiento de los Clones de Papa para la Costa del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. pp. 102.
37. Velásquez, T. 2017. Ponencia sobre nutrición de cultivos. 28 diapositivas. Cutervo – Cajamarca – Perú.
38. Villagarcía, S. 2003. El cultivo de la papa - La nutrición mineral y la fertilización de la papa. UNASAM – Huaraz – Ancash – Perú. Pág. 28.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza (ANAVA)

“Efecto de tres niveles de fósforo y tres fuentes de nitrógeno en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Yungay en la provincia de Cutervo, región Cajamarca 2017- 2018”.

ANAVA 1. Rendimiento de tubérculos de papa (kg/ha)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	419205863.33	9	46578429.26	1.64	0.1952
Bloque	3233361.35	2	1616680.68	0.06	0.9448
Tratamientos	415972501.97	7	59424643.14	2.10	0.1130
Error	396835033.95	14	28345359.57		
Total	816040897.27	23			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 28345359.5676 gl: 14

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	36952.18	8	1882.33	A
2.00	36951.67	8	1882.33	A
3.00	36173.30	8	1882.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 28345359.5676 gl: 14

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2: (43%crf) (218-322-120 ..	42338.43	3	3073.83	A
T4: (43%crf) (218-220-120 ..	40358.78	3	3073.83	A
T8: (63%crf) (218-120-120 ..	39086.06	3	3073.83	A
T7: (43%crf) (218-120-120 ..	37633.75	3	3073.83	A B
T3: (0%crf) (218-220-120 N..	36373.21	3	3073.83	A B
T5: (63%crf) (218-220-120 ..	35265.66	3	3073.83	A B
T6: (0%crf) (218-120-120 N..	34788.50	3	3073.83	A B
T1: (Testigo absoluto)	27694.65	3	3073.83	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANAVA 2. Altura planta (cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	810.83	9	90.09	1.72	0.1739
Bloque	135.50	2	67.75	1.30	0.3042
Tratamientos	675.33	7	96.48	1.85	0.1556
Error	731.26	14	52.23		
Total	1542.09	23			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 52.2328 gl: 14

Bloque Medias n E.E.

1.00	106.35	8	2.56	A
2.00	106.15	8	2.56	A
3.00	101.21	8	2.56	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 52.2328 gl: 14

Tratamientos			Medias n			E.E.	
T3: (0%crf)	(218-220-120	..	110.67	3	4.17	A	
T4: (43%crf)	(218-220-120	..	108.63	3	4.17	A	
T2: (43%crf)	(218-322-120	..	107.60	3	4.17	A	
T5: (63%crf)	(218-220-120	..	106.43	3	4.17	A	
T6: (0%crf)	(218-120-120	..	104.90	3	4.17	A	B
T7: (43%crf)	(218-120-120	..	103.53	3	4.17	A	B
T8: (63%crf)	(218-120-120	..	102.63	3	4.17	A	B
T1: (Testigo absoluto)			92.17	3	4.17		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANAVA 3. Peso total de tubérculos por planta (kg)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.45	9	0.94	13.74	<0.0001
Bloque	2.38	2	1.19	17.43	0.0002
Tratamientos	6.07	7	0.87	12.68	<0.0001
Error	0.96	14	0.07		
Total	9.40	23			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.0683 gl: 14*

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	2.80	8	0.09	A
2.00	2.60	8	0.09	A
3.00	2.06	8	0.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.0683 gl: 14*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T5: (63%crf) (218-220-120 ..	3.12	3	0.15	A
T2: (43%crf) (218-322-120 ..	3.09	3	0.15	A
T4: (43%crf) (218-220-120 ..	2.88	3	0.15	A
T8: (63%crf) (218-120-120 ..	2.63	3	0.15	A B
T7: (43%crf) (218-120-120 ..	2.37	3	0.15	B C
T3: (0%crf) (218-220-120 N..	2.20	3	0.15	B C
T6: (0%crf) (218-120-120 N..	1.93	3	0.15	C D
T1: (Testigo absoluto)	1.66	3	0.15	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANAVA 4. Numero de tubérculos por planta**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	834.84	9	92.76	21.19	<0.0001
Bloque	412.59	2	206.30	47.12	<0.0001
Tratamientos	422.24	7	60.32	13.78	<0.0001
Error	61.29	14	4.38		
Total	896.13	23			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 4.3781 gl: 14*

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	37.29	8	0.74	A
2.00	30.55	8	0.74	B
3.00	27.34	8	0.74	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 4.3781 gl: 14*

Tratamientos			Medias	n	E.E.				
T5:	(63%crf)	(218-220-120)	..	37.14	3 1.21	A			
T2:	(43%crf)	(218-322-120)	..	35.96	3 1.21	A	B		
T4:	(43%crf)	(218-220-120)	..	35.20	3 1.21	A	B	C	
T8:	(63%crf)	(218-120-120)	..	32.29	3 1.21		B	C	D
T7:	(43%crf)	(218-120-120)	..	31.75	3 1.21			C	D
T3:	(0%crf)	(218-220-120)	..	30.02	3 1.21				D E
T6:	(0%crf)	(218-120-120)	..	27.50	3 1.21				E
<u>F</u>									
T1:	(Testigo absoluto)			23.95	3 1.21				

F*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***ANAVA 5. Numero de tubérculos de primera por planta****Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	776.55	9	86.28	57.34	<0.0001
Bloque	156.57	2	78.28	52.03	<0.0001
Tratamientos	619.98	7	88.57	58.86	<0.0001
Error	21.07	14	1.50		
Total	797.61	23			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 1.5046 gl: 14*

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	19.47	8 0.43	A	
2.00	14.45	8 0.43		B
3.00	13.73	8 0.43		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***Test:Duncan Alfa=0.05***Error: 1.5046 gl: 14*

Tratamientos			Medias	n	E.E.				
T5:	(63%crf)	(218-220-120)	..	22.21	3 0.71	A			
T2:	(43%crf)	(218-322-120)	..	19.75	3 0.71		B		
T4:	(43%crf)	(218-220-120)	..	18.67	3 0.71		B		
T8:	(63%crf)	(218-120-120)	..	17.67	3 0.71		B	C	
T7:	(43%crf)	(218-120-120)	..	16.04	3 0.71			C	D
T3:	(0%crf)	(218-220-120)	N..	15.29	3 0.71				D
T6:	(0%crf)	(218-120-120)	N..	13.04	3 0.71				E
T1:	(Testigo absoluto)			4.38	3 0.71				

F*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

ANAVA 6. Numero de tubérculos de segunda por planta

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43.78	9	4.86	1.85	0.1457
Bloque	17.47	2	8.73	3.32	0.0659
Tratamientos	26.31	7	3.76	1.43	0.2690
Error	36.80	14	2.63		
Total	80.58	23			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 2.6286 gl: 14

Bloque Medias n E.E.

1.00	10.13	8	0.57	A
2.00	9.41	8	0.57	A B
3.00	8.07	8	0.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 2.6286 gl: 14

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4: (43%crf) (218-220-120 ..	10.38	3	0.94	A
T2: (43%crf) (218-322-120 ..	10.25	3	0.94	A
T5: (63%crf) (218-220-120 ..	9.58	3	0.94	A B
T3: (0%crf) (218-220-120 N..	9.58	3	0.94	A B
T8: (63%crf) (218-120-120 ..	9.13	3	0.94	A B
T6: (0%crf) (218-120-120 N..	9.04	3	0.94	A B
T7: (43%crf) (218-120-120 ..	8.88	3	0.94	A B
T1: (Testigo absoluto)	6.78	3	0.94	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANAVA 7. Numero de tubérculos de tercera por planta

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	154.50	9	17.17	34.40	<0.0001
Bloque	18.53	2	9.26	18.56	0.0001
Tratamientos	135.97	7	19.42	38.93	<0.0001
Error	6.99	14	0.50		
Total	161.48	23			

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.4990 gl: 14*

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	7.69	8	0.25	A
2.00	6.69	8	0.25	B
3.00	5.54	8	0.25	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.4990 gl: 14*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1: (Testigo absoluto)	12.79	3	0.41	A
T7: (43%crf) (218-120-120 ..	6.83	3	0.41	B
T4: (43%crf) (218-220-120 ..	6.16	3	0.41	B C
T2: (43%crf) (218-322-120 ..	5.96	3	0.41	B C
T8: (63%crf) (218-120-120 ..	5.50	3	0.41	C
T6: (0%crf) (218-120-120 N..	5.42	3	0.41	C
T5: (63%crf) (218-220-120 ..	5.34	3	0.41	C
T3: (0%crf) (218-220-120 N..	5.14	3	0.41	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

**Anexo 2: Resultado análisis de suelos – Sector Carmenpampa – Cutervo. EEA.
Vista Florida – Chiclayo - INIA - 2017.**



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA VISTA FLORIDA – CHICLAYO

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

Tipo análisis	:	Fertilidad	Muestras	:	Suelos - 1
Nombre	:	Sr. Geiner Guevara Olivera	Altura	:	2,637 m.s.n.m
Procedencia	:	Carmen Pampa	Cultivo a sembrar	:	Papa
Sector	:	Carmen Pampa	Fecha emisión	:	15/10/2017
Distrito/Dpto.	:	Cutervo/Cajamarca			

Muestra	Extracto Saturado		M. O.	P	K	Calcar.	Texturas (%)			
	PH	C. Elec.					A _o .	L _o .	Ar	Tipo de suelo
		mhos/cm								
M – 1	6.70	1.28	4.50	6.50	312	0.65	56	21	23	Fo Ar Ao

Resultado: Reacción ligeramente ácida y bajo nivel de sales solubles, valores óptimos para el manejo de cultivo de papa. La fertilidad natural es baja, con deficiencias de fósforo, magnesio, potasio, calcio y tenor ligeramente alto de materia orgánica y carbonato de calcio muy bajo. Fortalecer estas deficiencias por vía edáfica y foliar, para un cultivo exigente como la papa. La textura franco arcillo arenosa es de mediana retención de humedad, controlar la humedad mediante sangrías.


 Ing. DANTE BOLIVIA DIAZ
 Jefe del Laboratorio de Química y Suelos
 de la Est. Exp. Vista Florida

Anexo 3: Ficha técnica del cultivo de papa variedad Yungay

NOMBRE CIENTÍFICO	<i>SOLANUM TUBEROSUM SP ANDIGENA.</i>	
Familia	<i>Solanaceae.</i>	
Variedad	Yungay.	
Origen	(Saskia x Earline) x (Huagalina x Renacimiento) Liberada por la UNA La Molina en 1971.	
Época de siembra	Noviembre a febrero.	
Época de cosecha	Abril a julio. Se cosecha segando previamente el follaje y se recogen los tubérculos roturando el suelo con picos.	
Agroecología	De amplia adaptación a diversos pisos ecológicos y épocas de siembra. <u>Clima</u> Temperatura mínima: 8°C Temperatura óptima: 18°C-22°C Temperatura máxima: 24°C <u>Precipitación</u> : 600 mm – 900 mm anuales <u>Topografía</u> Inclinación del terreno: menor a 25% <u>Suelos</u> Textura: media (Franco, franco arcilloso) Drenaje: bueno Pedregosidad: menor de 15% Profundidad: mayor a 50 cm Características químicas pH: 5.4 a 6.6 <u>Altitud</u> de 1,500 msnm a 3,600msnm	
Momento de cosecha	Epidermis adherida, no se desprende al presionar el tubérculo. La cosecha y envasado es manual.	
Periodo vegetativo	5 a 6 meses, tardía.	
Rendimiento	Potencial 30,000 a 40,000 kg por ha. En la zona en estudio 10,000 Kg por ha.	
Envase utilizado	Sacos de polipropileno de 100 kg.	
Descripción	Plantas de porte alto y vigoroso. Hojas con foliolos medianamente anchos. Follaje verde oscuro, buena cobertura foliar. Flor rojiza. Limitada floración y fructificación. Tubérculo oval chato, cáscara amarillenta de pigmentación rosada en los ojos, que son superficiales. Tendencia a producir estolones largos, por lo que requiere aporques altos y anchos.	
Calidad culinaria	Muy buena, pulpa amarillenta, textura harinosa, hasta 26% de materia seca.	

Enfermedades	Susceptible a la “ranchara” (<i>Phytophthora infestans</i>), tolerante a “rhizoctoniasis” (<i>Rhizoctonia solani</i>), susceptible al virus MTPV.	
Tipo de siembra	Siembra directa.	
Cantidad de semilla	1,500 a 2,000 kg de tubérculo semilla. Semilla propia.	
Suelos	Suelos profundos, francos, franco arcilloso, arcilloso, con buen drenaje.	
Abonamiento y fertilización	Aplicación de estiércol descompuesto y fertilizantes sintéticos (urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio). La fertilización sintética es variable, en otros casos se emplea sólo estiércol descompuesto.	
Plagas, enfermedades y su control	Control químico, generalmente con pesticidas organofosforados.	
Riegos	En la “campana grande” el riego es mediante la precipitación pluvial. En las zonas más bajas se utiliza el riego por gravedad.	
Distanciamiento	1.0 a 1.1 m entre surcos y 0.30 a 0.40 m entre plantas.	
Utilización	Por lo regular se consume hervida, al horno y en la preparación de diversos potajes.	

Fuente: MINAGRI-DGAAA-DERN-PP.0089-RDSA

Anexo 4: Mapa de la provincia de Cutervo



Anexo 5: Láminas fotográficas



Foto 1: Trazado del campo



Foto 2: Surcado y aplicación cal fondo surco



Foto 3: Siembra semilla papa fondo



Foto 4: Aplicación fertilizante entre tubérculo



Foto 5: Tapado de la semilla de papa



Foto 6: Papa Yungay plena floración.