

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE DIFERENTES PESOS DE TUBÉRCULO SEMILLA EN EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
VARIEDAD ÚNICA EN EL CEA III LOS PICHONES**

TESIS

Presentada por:

Bach. ARNOLD WILLIS MAMANI LINARES

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias


Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EFFECTO DE DIFERENTES PESOS DE TUBÉRCULO SEMILLA EN EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
VARIEDAD ÚNICA EN EL CEA III LOS PICHONES**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 16 DE DICIEMBRE DEL 2016,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:


MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

SECRETARIO:


Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:


Mgr. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZALES

ASESOR:


MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

DEDICATORIA

A Dios quien me ha dado la fortaleza y la vida.

A mis padres Pedro Pascual Mamani Pacci y Margarita Linares Conde, a quienes les debo la vida y mi formación profesional. Con mucho amor, gratitud, respeto y admiración.

A mi hermana Kimberly Mamani Linares por su ejemplo confianza y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, padre todo poderoso por darme la vida y ayudarme a lograr uno de mis objetivos trazados.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional del Jorge Basadre Grohmann, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A todos los Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por compartir sus conocimientos para mi formación académica.

A mi Asesor de Tesis MSc. Magno Santos Robles Tello por ser guía de mi plan de proyecto de investigación.

A todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí para lograr la culminación de mi tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Interrogante principal	5
1.2.1. Interrogantes secundarias.....	6
1.3. Delimitación de la investigación.....	6
1.3.1. Espacio geográfico	6
1.3.2. Sujetos de observación.....	6
1.3.3. Tiempo.....	7

1.4. Justificación.....	7
-------------------------	---

CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación	9
2.1.1. Objetivo general.....	9
2.1.2. Objetivos específicos	9
2.2. Hipótesis de la investigación	10
2.2.1. Hipótesis general	10
2.2.2. Hipótesis específica:	10
2.3. Variables	10
2.3.1. Variable dependiente (Y)	10
2.3.2. Variables independientes (X)	10

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones	12
3.1.1. Cultivo de papa.....	12
3.1.2. Descripción taxonómica	13
3.1.3. Morfología.....	13
3.1.4. Fisiología de la brotación	19
3.1.5. Período de dormancia o reposo	19
3.1.6. Edad fisiológica y preparación del tubérculo semilla	23
3.1.7. Latencia	25
3.1.8. Tamaño de la semilla.....	27

3.1.9. Tubérculo semilla pequeño	28
3.1.10. Tubérculo semilla grande	29
3.1.11. Brotes verdes	30
3.2. Enfoques teóricos técnicos.....	31
3.2.1. Fenología y ecofisiología del cultivo de papa	31
3.2.2. Plantación a emergencia.....	31
3.2.3 Crecimiento vegetativo	32
3.2.4 Inicio de la tuberización	33
3.2.5. Fisiología de la tuberización.....	33
3.2.6. Llenado de tubérculos.....	36
3.2.7. Maduración de los tubérculos	37
3.3. Marco referencial.....	37
3.3.1. Antecedentes.....	37

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación.....	46
4.2. Población y muestra.....	46
4.2.1. Población.....	46
4.2.2. Muestra.....	46
4.3. Características del suelo	47
4.4. Características Climáticas	49
4.5. Tratamientos en estudio	50

4.6. Variables	51
4.6.1. Altura de planta (cm).....	51
4.6.2. Número de tubérculos por planta (unidades)	51
4.6.3. Número de tubérculos por calibre (Unidades)	51
4.6.4. Rendimiento por planta (kg).....	51
4.6.5. Rendimiento (t/ha)	51
4.7. Diseño experimental.....	52
4.8. Características del campo experimental.....	52
4.8.1. Características de la parcela experimental	52
4.8.2. Bloque experimental	52
4.8.3. Unidad experimental	52
4.9. Aleatorización en el campo experimental	53
4.10. Análisis estadístico	53
4.11. Conducción del experimento.....	53
4.11.1. Medición de la parcela experimental.....	53
4.11.2. Preparación de terreno	54
4.11.3. Siembra	54
4.11.4. Riego	54
4.11.5. Fertilización.....	55
4.11.6. Control de malezas	55
4.11.7. Aporque	55

4.11.8. Enfermedades y plagas	55
4.11.9. Cosecha	56
CAPÍTULO V: TRATAMIENTOS DE LOS RESULTADOS	
5.1. Resultados y discusión.....	57
5.1.1. Altura de planta.....	57
5.1.2. Número de tubérculos por planta	58
5.1.3. Número de tubérculos por calibre	59
5.1.4. Peso unitario de tubérculo (g)	61
5.1.5. Rendimiento por planta	63
5.1.6. Rendimiento (t/ha)	64
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	11
Tabla 2.	Análisis físico-químico del suelo del área experimental CEA III “Los Pichones”– FCAG – UNJBG, Tacna – 2015.....	47
Tabla 3.	Temperaturas y humedad relativa registradas en el campo experimental.....	49
Tabla 4.	Análisis de varianza altura de planta.....	57
Tabla 5.	Prueba de significación de Duncan para altura de planta.....	58
Tabla 6.	Análisis de varianza de número de tubérculos por planta.....	58
Tabla 7.	Prueba de significación de Duncan de número de tubérculos	59
Tabla 8.	Análisis de varianza de número de tubérculos de primera	59

Tabla 9.	Prueba de significación de Duncan de número de tubérculos de primera	60
Tabla 10.	Análisis de varianza de número de tubérculos de segunda	61
Tabla 11.	Análisis de varianza de peso unitario del tubérculo	61
Tabla 12.	Prueba de significación de Duncan de peso unitario de tubérculos (g	62
Tabla 13.	Análisis de varianza de rendimiento por planta (kg)	63
Tabla 14.	Prueba de significación de Duncan de rendimiento por planta (kg)	63
Tabla 15.	Análisis de varianza de rendimiento (t/ha)	64
Tabla 16.	Prueba de significación de Duncan de rendimiento (t/ha)	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del tubérculo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	17
Figura 2. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Datos originales de altura de planta (cm).....	79
Anexo 2.	Datos originales de número de tubérculos por planta	79
Anexo 3.	Datos originales de número de tubérculos de primera	79
Anexo 4.	Datos originales de número de tubérculos de segunda.....	79
Anexo 5.	Datos originales de rendimiento por planta	80
Anexo 6.	Datos originales de peso unitario del tubérculo	80
Anexo 7.	Datos originales de rendimiento.....	80

RESUMEN

La presente tesis titulada “efecto de diferentes pesos de tubérculo semilla en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Unica, se desarrolló en el CEA III Los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes pesos de tubérculo semilla en el rendimiento de cultivo de papa variedad Unida. Los tratamientos utilizados fueron los pesos de semilla: T₁: 80 a 100 g; T₂: 60 a 79 g; T₃: 40 a 59 g y T₄: 20 a 39 g. el diseño experimental que se utilizó fue diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, para el análisis de datos se empleó el análisis de varianza a una probabilidad $F \alpha 0,05$ y $0,01$ y para las comparaciones de promedios entre tratamientos se utilizó la prueba de significación de Duncan al nivel de significación de $0,05$. Los resultados indicaron que el mayor rendimiento lo obtuvo el T₁ (80 a 100 g) con un promedio de 46,687 t/ha.

Palabras clave: Rendimiento, *Solanum tuberosum*, semilla, tubérculo.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Effect of different weights of seed tuber in the yield of the cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Unica, was developed in the CEA III Los Pichones" of the National University Jorge Basadre Grohmann. The objective was to determine the effect of different weights of seed tuber in the potato cultivation yield Unida variety. The treatments used were seed weights: T1: 80 to 100 g; T2: 60 to 79 g; T3: 40 to 59 g and T4: 20 to 39 g. The experimental design used was randomized complete block design with four repetitions, for the analysis of data the analysis of variance was used at a probability of $F \alpha 0.05$ and 0.01 and for the comparisons of averages between treatments it was used Duncan's significance test at the significance level of 0.05 . The results indicated that the highest yield was obtained by T1 (80 to 100 g) with an average of 46.687 t / ha .

Keywords: Yield, *Solanum tuberosum*, seed, tuber.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los productos más importantes dentro de la alimentación humana debido principalmente a su gran aporte energético. En el Perú la papa ocupa un lugar de gran importancia alimenticia conjuntamente con el maíz, trigo y arroz. Una buena semilla de papa es aquella que garantiza una alta calidad sanitaria y asegura una buena producción y alto rendimiento. Lo ideal es usar semilla certificada que nos garantice que la variedad se mantenga o perdure y también asegure la sanidad de los campos de producción. De no ser posible comprarla certificada, entonces seleccionar la propia semilla.

La papa (*Solanum tuberosum* L.), originaria de los Andes del Perú, Ecuador y Bolivia posee una impresionante diversidad genética en formas, colores y usos; su gran capacidad de adaptación le ha permitido diseminarse por todo el mundo y en diversidad de zonas agroecológicas, constituyéndose en uno de los principales renglones económicos dentro de la producción agrícola del país, pues es un producto cotidiano en la dieta alimenticia, que lo ubica en uno de los cultivos más importantes de nuestro país y en el mundo.

El cultivo de papa se desarrolla desde la costa y sierra hasta los 4 000 msnm en los pisos interandinos y subandinos, sin importar la topografía del terreno con inclinaciones de hasta 45 %.

Siendo el tubérculo semilla, un factor fundamental para garantizar la producción y la calidad del cultivo de papa, la siembra de tubérculos semilla de mala calidad, puede perjudicar la producción, aun cuando las demás condiciones sean favorables al cultivo. Así la obtención de tubérculos semilla de calidad, está directamente relacionada con la mejor aplicación de las técnicas de cultivo y con la calidad sanitaria, física, genética y fisiológica de la semilla.

Cada año los rendimientos de la papa son afectados debido a muchos factores, entre los cuales está el uso de semilla de mala calidad. Los productores de papa en el Perú utilizan tradicionalmente semilla común, que es la que se guarda después de cada cosecha para utilizarla después como tubérculo semilla.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente el uso de semillas certificadas en el país es bajo, como ejemplo podemos mencionar que aproximadamente el 1,5 % del área sembrada con papa, está cubierta con semilla certificada. Sin embargo, de este bajo índice de utilización de semilla se ha podido observar en varias regiones en que existe una reacción positiva de los agricultores al uso de semilla de calidad, porque han comprendido que la utilización de semilla de variedades mejoradas, conjuntamente con una aplicación adecuada de tecnología, les permite elevar los rendimientos por unidad de superficie, logrando consecuentemente una mayor rentabilidad.

El 90 % de la producción nacional de la papa proviene de la sierra y un 10 % de la costa, las principales regiones mayor producción son: Puno (583,000 t y 11 t/ha), Huánuco (515,000 t y 15 t/ha), Junín (417,000 t y 18 t/ha), Cuzco (355,000 t y 11 t/ha), La Libertad (339,000 t y 15 t/ha), Cajamarca (299,000 t y 11 t/ha), Huancavelica (271,000 t y 11 t/ha) y Arequipa (261,000 t y 33 t/ha) (Minagri, 2014).

La producción de papa entre los años 2004/2013, se incrementó de 3 millones con 8 mil de toneladas en el año 2004 hasta alcanzar las 4 millones 571 mil de toneladas métricas en el 2013, lo que significó un crecimiento de 45 % y una tasa promedio anual de 3,8 %. Asimismo, en el año 2013 creció en 2,1 % y en el primer trimestre del año 2014 en 2,3 % (INIA, 2014).

El rendimiento que relaciona las toneladas métricas producidas respecto a la superficie cosechada, muestra un crecimiento en los últimos diez años de 17,2 %, destacando los departamentos de Apurímac (17,8 t/ha), Junín (17,5 t/ha), La Libertad (16,3 t/ha), Huánuco (15,6 t/ha), Ayacucho (14,9 t/ha) y Cusco (12,8 t/ha).

En la región Tacna la producción de papa durante la campaña del 2014 fue 4 068 t con un total de 227 has sembradas, logrando un rendimiento de 17 921 t/ha y un precio promedio anual de 1,01 nuevos soles. Actualmente existe una gran problemática con la obtención de la semilla de papa, este es un tema que afecta directamente a los productores, los cuales sufren este efecto negativo. Lo que ocasiona, altos costos de la semilla, introducción de nuevas plagas y enfermedades, cuando no lleva un control fitosanitario adecuado teniendo como consecuencias la contaminación de los suelos y pérdida de los cultivos. Siendo el tubérculo

semilla, un factor fundamental para garantizar la producción y la calidad del cultivo de papa, la siembra de tubérculos semilla de mala calidad, puede perjudicar la producción, aun cuando las demás condiciones sean favorables al cultivo. Así la obtención de tubérculos semilla de calidad, está directamente relacionada con la mejor aplicación de las técnicas de cultivo y con la calidad sanitaria, física, genética y fisiológica de la semilla (Arias, 2009).

La semilla es uno de los factores de mayor importancia para la producción agrícola. Una semilla de buena calidad aumenta la producción, productividad y optimiza el uso de insumos debido a una mayor uniformidad de emergencia y vigor de plantas (Velásquez, 2006).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Interrogante principal

¿Cuál es el efecto de diferentes pesos del tubérculo semilla en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Unica en el CEA III Los Pichones campaña 2015?

1.2.1. Interrogantes secundarias

¿Cuál de los pesos de tubérculos semilla utilizados tendrá mayor efecto en el rendimiento del cultivo de papa variedad Unica en el CEA III Los Pichones.

¿Cuáles serán las respuestas de los parámetros agronómicos del cultivo de papa variedad Unica con los diferentes pesos de tubérculo semillas?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Espacio geográfico

Se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de propiedad de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann ubicado en la provincia, región Tacna.

Geográficamente se encuentra ubicado a una altitud de 508 msnm; 17° 59´ 38” latitud sur y 70° 14´ 22” latitud oeste.

1.3.2. Sujetos de observación

Los sujetos observados fueron las plantas de papa variedad Única.

1.3.3. Tiempo

El tiempo que se ejecutó la investigación tuvo un periodo de 4 meses desde el mes de setiembre a diciembre del 2015.

1.4. Justificación

La papa es un alimento muy consumido en el Perú constituye el cuarto producto en importancia después del arroz, trigo y el maíz, se cultiva tanto en la costa como en la sierra y se produce todo el año. La producción nacional: Huánuco; Puno; Junín; La Libertad y Lima.

Según el Minagri (2014) el 87 % de su producción se realiza en parcelas menores a cinco hectáreas, bajo una agricultura extensiva a cargo principalmente de pequeños agricultores. Esta actividad involucra a 590 mil productores, mientras que la cadena de valor envuelve a tres millones de personas. El 70 % de las áreas sembradas de papa se concentra en los valles centrales (valles de Lima e Ica). La costa sur (valles de Arequipa, Moquegua y Tacna) reúne el 26 % del área sembrada, mientras que la zona norte (valles de Ancash y La Libertad) agrupa el 4 %. En total existen 23 valles de costa que participan en la producción de papa. Cabe destacar que en la costa central, la papa solo tiene una contribución media en el valor bruto de la producción agrícola departamental respectiva: En Lima es el segundo cultivo después de la

caña de azúcar, con un 10,4 % de aporte al VBP y en Ica es el quinto cultivo más importante, después del algodón, espárrago, uva y tomate, con apenas un 5,8 %.

La papa es un cultivo de mucha importancia social, cultural y económica a nivel mundial; es el tubérculo más consumido a nivel, local, regional y mundial, posee un importante contenido de almidón, que en promedio puede alcanzar un 20 %. Su contenido en proteína y grasa es bajo y presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por parte del consumidor en general. Particularmente en la sierra ecuatoriana, constituye un alimento básico de seguridad y soberanía alimentaria, y con los alcances de la presente investigación los agricultores beneficiados serán los productores de papa de la región Tacna.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes pesos del tubérculo semilla en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Unica en el CEA III Los Pichones campaña 2015.

2.1.2. Objetivos específicos

Determinar el peso de tubérculo semilla que tendrá mayor efecto en el rendimiento del cultivo de papa variedad Unica en el CEA III Los Pichones.

Establecer las respuestas de los parámetros agronómicos del cultivo de papa variedad Unica con los pesos de tubérculo semillas.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

El peso del tubérculo semilla influye significativamente sobre el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Unica en el CEA III Los Pichones, campaña 2015.

2.2.2. Hipótesis específica:

Al menos un peso de tubérculo semilla tendrá mayor influencia en el rendimiento del cultivo de papa variedad Unica en el CEA III Los Pichones, campaña 2015.

Los pesos de tubérculo semilla influirán sobre los parámetros agronómicos del cultivo de papa variedad Unica en el CEA III Los Pichones, campaña 2015.

2.3. Variables

2.3.1. Variable dependiente (Y)

Rendimiento (t/ha.)

2.3.2. Variables independientes (X)

Peso del tubérculo semilla

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores
Variable dependiente		
	Altura de planta	cm
	Número de tubérculos por planta	unidad
Rendimiento t/ha	Número de tubérculos por calibre	unidad
	Peso unitario de tubérculo	g
	Rendimiento por planta	kg
Variable independiente		
	80 a 100	g
Peso de tubérculo	60 a 79	g
	40 a 59	g
	20 a 39	g

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones

3.1.1. Cultivo de papa

3.1.1.1. Descripción

La papa es una dicotiledónea herbácea, con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, generalmente de tallos gruesos y con entrenudos cortos. Los tubérculos son tallos carnosos que, se originan en el extremo del estolón presenta yemas y ojos. Los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que son sólidos, de forma angular y por lo general verdes o rojo púrpura (Huamán, 1990).

El follaje normalmente alcanza una altura de entre 0,60 a 1,50 m. Las hojas son compuestas y pinnadas. Las flores son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos que pueden ser, de varios colores, pero comúnmente blanco, amarillo, rojo y púrpura. El fruto es una baya redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo; pequeño y carnoso que contiene semillas sexuales (Huamán, 1990).

3.1.2. Descripción taxonómica

Según Huamán (1990), la descripción taxonómica de la papa es la siguiente:

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Subgénero: Potatoe

Sección: Petota

Serie: Tuberosa

Especie: Tuberosum

3.1.3. Morfología

3.1.3.1. La planta de papa

Esta planta está compuesta por una parte que crece sobre el suelo, en la que destacan, tallos, hojas, flores y frutos. La otra se desarrolla subterráneamente y corresponde a la papa madre (tubérculo – semilla), estolones, tubérculos y raíces (Contreras, 2000).

3.1.3.2. Raíces

El sistema radicular está formado por raíces adventicias. En las primeras etapas del cultivo el sistema radicular se limita a la zona superficial del suelo. Las raíces se extienden hacia abajo después de haberse expandido horizontalmente hasta una cierta distancia. Esta característica deja el subsuelo que esta justamente debajo de la planta, casi libre de sus propias raíces (Alonzo, 1996).

3.1.3.3. Tallos

Los tallos son herbáceos, aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yema del tubérculo, siendo su altura variable entre 0,5 y 1 metro. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociámicos 5 asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo (Alonzo, 1996).

3.1.3.4. Hojas

Son compuestas, y se disponen en el tallo en forma helicoidal, presentan variaciones en el número y forma de los folíolos (Contreras, 2003).

3.1.3.5. Flores y frutos

La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, tetra cíclicas, pentámeras, el cáliz gamosépalo lobulado, la corola es rotácea pentalobulada de color blanco al púrpura, con 5 estambres. Cada uno de estos posee dos anteras de color amarillo pálido, o más fuerte o bien anaranjado y producen polen a través de un tubo terminal. Además, presenta un gineceo con ovario bilocular (Montaldo, 1984).

El fruto es una baya de forma redonda alargada, corti forme, ovaladas o cónicas. Este puede contener desde ninguna a 300 o 400 semillas amarillas o castaño-amarillentas, pequeñas, ovals y uniformes. De éstas se pueden generar nuevas variedades vía selección. (Contreras, 2000).

3.1.3.6. Tubérculos

Morfológicamente, el tubérculo es un tallo subterráneo, acortado engrosado y provisto de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. En cada ojo, existen normalmente 3 yemas aunque en ocasiones pueden ser más. Una yema es una rama lateral del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados y todo el tubérculo un sistema morfológico ramificado y no una simple rama (Figura 1). Los ojos se concentran con mayor frecuencia hacia el extremo distal (corona o roseta), siendo a la vez más profundos en esta región. Las yemas de esta

región normalmente se desarrollan primero. Cuando la apical es removida o muerta, otras son estimuladas a desarrollar debido a que se corta la dominancia apical. Cada ojo es capaz de producir un infinito número de brotes, dependiendo del tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono (Contreras, 2000).

Bajo condiciones fisiológicas y ambientales dadas, los estolones experimentan la diferenciación de tubérculos en la zona próxima a su yema apical. Esto se evidencia primero por un engrosamiento del primer entrenudo en elongación, ubicado a menudo después de ocho yemas del ápice meristemático. Procesos de división y elongación celular en esta zona y en los entrenudos vecinos resultan en la formación de una estructura de forma variable según el cultivar. A menudo esférica o elíptica según el balance del crecimiento en largo o en grosor, y de peso también variable, desde unos pocos gramos hasta casi medio kilo de peso (Krarup y Konar, 2004).

El tubérculo es la parte del tallo que se ha adaptado para almacenar reservas para reproducción. A veces se desarrollan tubérculos aéreos en la inserción de las hojas en el tallo, producto de un bloqueo del transporte de productos de asimilación que viajan hacia los tubérculos (Alonzo, 1996).

En tubérculos ya desarrollados se puede observar un periderma más o menos formado (según la papa sea madura o "pelona"), de color variable de casi blanco al negro, pasando por los colores marrón y rojizo más habituales. En el periderma se pueden ver las yemas típicas de un tallo, con la apical ubicada en el extremo distal, y la conexión o restos del rizoma en el extremo proximal. Internamente, es generalmente de color blanco amarillento aunque también existe una gran variación en color (Krarup y Konar, 2004).

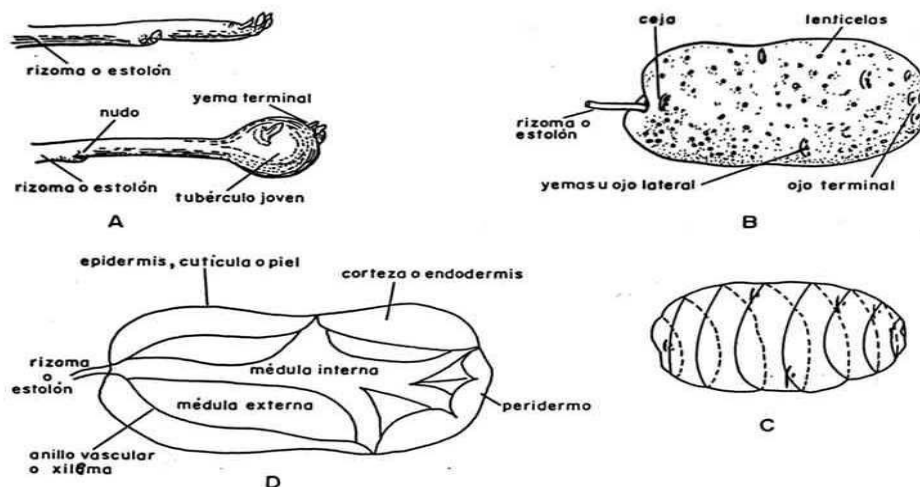


Figura 1. Morfología del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Fuente: A. Estados de desarrollo de un tubérculo en el extremo de un rizoma. B. Apariencia externa de un tubérculo maduro. C. Tubérculo que muestra la disposición en espiral de las yemas laterales. D. Sección transversal de un tubérculo (Contreras, 2000).

3.1.3.7. Brotes

El número de ojos de un tubérculo varía mucho dependiendo de muchos factores como la variedad, calibre del tubérculo, condiciones de

crecimiento del cultivo, etc. En los ojos es donde surgen los brotes que darán lugar a una nueva planta. Dentro de uno hay una yema principal pero también puede haber yemas laterales. Normalmente, el brote sale de la yema principal, pero si el brote principal se rompe, hay bastantes posibilidades de que las laterales que normalmente forman estolones, producirán uno o más tallos que saldrán de un mismo ojo (Alonzo, 1996).

El número de brotes que se desarrollan de un tubérculo depende del estado fisiológico al cual este empieza a brotar y del cultivar. Algunos de estos desarrollan un brote apical quedando los otros latentes, y solamente cuando este apical es removido, los otros se desarrollarán (Contreras, 2000).

Los tubérculos pueden presentar tres estados fisiológicos:

- a. Tubérculo fisiológicamente joven: es aquel que se encuentra en un estado de receso o reposo y que demora bastante en brotar y que si lo hace origina un solo brote. Debido a esto no es conveniente plantarlo.
- b. Tubérculo fisiológicamente maduro: es aquel que ha cumplido su período de receso y ha entrado en latencia; El generará brotes y emergerá del suelo si se presentan las condiciones adecuadas.

c. Tubérculo fisiológicamente viejo: aquellos que han sido almacenados por algún tiempo y que han pasado por los dos estados anteriores. Se caracteriza por estar deshidratado, presentar brotes ramificados y puede presentar tuberculillos (Contreras, 2003).

3.1.4. Fisiología de la brotación

El tubérculo es un tejido vegetal que está vivo. En su interior ocurren diversos procesos bioquímicos, además de la respiración y transpiración. Una vez cosechado entran en receso de días, semanas o meses entre la cosecha y la iniciación de la brotación, siendo este período de reposo variable de acuerdo a diversos factores. El tubérculo una vez cosechado pasa por dos etapas, uno es el reposo o dormancia y luego la latencia. Ambos procesos diferenciados por estados bioquímicos y fisiológicos distintos (Contreras, 2000).

3.1.5. Período de dormancia o reposo

Es una característica que depende de la variedad, las papas de las subespecies *Solanum tuberosum* sub sp. *Tuberosum* y sub sp. *Andigena* Hawkes pasan por un lapso de relativa inactividad antes de emitir brotes. Las papas chauchas o criollas de la subespecie *phurejano* presentan período de reposo (Peña, 1999).

Durante el período de reposo los tubérculos de papa se mantienen dentro de su reposo natural, que va desde 0 días en algunas variedades de pulpa amarilla hasta 3, 4 o 5 meses en otras variedades. Siempre que la temperatura de almacén sea la adecuada. Se caracteriza por que no hay desarrollo de brotes (Montaldo, 1984).

En la fase de reposo las yemas se encuentran inactivas, sin procesos de diferenciación de tejidos ni división celular. Ello ocurre como resultado de causas endógenas aun cuando el tubérculo esté en condiciones ambientales apropiadas para su desarrollo (Contreras, 2000).

Los cambios principales durante la etapa de guarda son el endulzamiento por transformación de los almidones en azúcares y la pérdida de vitamina C, este cambio se produce en las papas mantenidas a baja temperatura y también por haber terminado el período de reposo o vejez de los tubérculos, que se manifiesta al exterior por brotación (Smith, 1968).

En cuanto a la variedad hay que hacer notar que la duración de la latencia no está relacionada con el tipo de madurez al que ella pertenece. Luego es posible tener variedades tardías con período de reposo relativamente corto o al revés variedades tempranas con período de reposo relativamente largo. También, los tubérculos totalmente maduros

tienen un período de reposo más corto que los recolectados antes de madurar. Los atacados por insectos o por microorganismos, tienen un período de reposo menor que los sanos (Alonzo, 1996).

No todas las variedades tienen igual tasa de crecimiento del brote, el número de brotes que ellas desarrollan por tubérculo depende solamente de la variedad, es por esto que semilla sometida a iguales tratamientos y métodos de plantación producen diferente número de tallos por tubérculo (Beukema y Van Der Zaag, 1990).

Las condiciones de almacenaje son un factor sumamente importante en la influencia del período de dormancia. Así, tubérculos guardados entre 10 y 20 °C tienen una dormancia inferior que aquellos almacenados entre 2 y 10 °C. Por otro lado, si durante este período ocurre una alternancia de temperaturas, es decir suceden cambios continuos de temperaturas altas y bajas, el receso se acorta fuertemente. Por lo demás el bodegaje a luz directa o difusa acorta este período de receso (Contreras, 2000).

El proceso de inactividad en los tubérculos se caracteriza por bajos índices de muchas actividades metabólicas y por la ausencia total o parcial de la actividad meristemática. Luego, no presenta división de las células meristemáticas del brote. En este instante de inactividad, las hormonas desempeñan un papel importante. De esta forma, el ácido

absicico (ABA), participa en la iniciación y el mantenimiento de la inactividad del tubérculo, aunque el etileno se requiere en los inicios de la inactividad. A pesar que los niveles de ABA y etileno declinan durante el almacenaje, estas disminuciones no son esenciales para la terminación de la inactividad del tubérculo. Los aumentos en citoquininas y giberelinas ocurren mientras la inactividad se debilita y comienza la formación del brote. Sin embargo, estudios recientes, demuestran que el aumento del contenido de citoquininas es requerido para la terminación del período de inactividad en la papa, mientras que el aumento en el contenido de giberelinas es importante en el crecimiento del brote (Beukema y Van Der Zaag, 1990).

Según Peña (1999), la dormancia es el estado durante el cual los tubérculos no brotan, aún bajo condiciones ambientales que en otras circunstancias serían favorables para un brotamiento rápido. La duración de esta etapa es un factor determinante para definir el momento más oportuno para la plantación. El período termina al iniciarse el crecimiento del primer brote. Para evaluar las diferencias entre variedades de papa, se define este período cuando el 80 % de los tubérculos de una muestra mínima de 20 tubérculos de tamaño uniforme, han desarrollado uno o más brotes de por lo menos 3 mm de largo.

3.1.6. Edad fisiológica y preparación del tubérculo semilla

Además de su influencia en el número de brotes, la edad fisiológica del tubérculo semilla puede influir en el comportamiento del cultivo. Cuando se usa semilla fisiológicamente vieja, la parte aérea de la planta crece menos, la tuberización y la madurez del cultivo se inicia antes. Cuando se dispone de un período de cultivo corto, el uso de semilla fisiológicamente vieja puede producir mayores rendimientos, lo que no ocurre cuando se dispone de un período de cultivo largo (Alonzo, 1996).

Las plantas que crecen a partir del tubérculo semilla que es demasiado viejo, normalmente son débiles y producen poco; esta semilla suele producir brotes débiles y a menudo dan papas muy pequeñas, especialmente si se plantan en terreno húmedo y frío. Hay variedades que son más propensas a este problema que otras (Alonzo, 1996).

La capacidad del tubérculo para brotar y crecer es un factor importante en la determinación de la producción potencial de semilla tubérculo de papa y está determinado por la edad fisiológica de la semilla. La edad fisiológica puede ser comparada con un reloj interno y su impacto se da en todos los aspectos de la producción del cultivo (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

Los efectos de sembrar semillas de diferentes edades fisiológicas se ha investigado ampliamente y se ha comprobado que influye en el tipo de planta y el rendimiento final en campo. Se han identificado varios factores que determinan la edad fisiológica de la semilla, entre los cuales están: la variedad, la historia previa de la semilla del cultivo, la fertilidad del suelo, cantidad de lluvia y la temperatura durante el ciclo del cultivo (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

La edad fisiológica de los tubérculos de papa es determinada desde el momento del inicio de la tuberización hasta la cosecha y el proceso de envejecimiento del tubérculo semilla puede ser monitoreado por el tipo y desarrollo de los brotes (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

La temperatura es uno de los factores más importantes que afecta la edad fisiológica de los tubérculos. Los niveles de temperaturas cambiantes pueden acelerar o disminuir el reloj interno del proceso de envejecimiento del tubérculo semilla (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

Es posible evaluar la edad fisiológica de la semilla tomando muestras del almacenamiento en frío observando el brotamiento por subsecuente exposición al calor. Se pueden tomar muestras representativas de un lote de semilla e inmediatamente ponerlas a una temperatura entre 15 y 18 °C

en la oscuridad, el tiempo alcanzado para cuando los brotes comienzan a emerger (estado de punto blanco), lo cual puede ser observado a simple vista, permitirá hacer una estimación del tiempo y del calor que se requerirán en el almacenaje para que una variedad particular y lote de semilla alcancen una brotación uniforme y vigorosa (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

El conocer la variedad y el destino final del cultivo, permite a los productores decidir el óptimo estado fisiológico de la semilla a plantar y lograr la edad fisiológica del tubérculo semilla a través de prácticas de calor frío y tiempo de almacenaje bajo oscuridad o luz difusa (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

3.1.7. Latencia

Después de la cosecha, el tubérculo semilla tiene un período de tiempo durante el cual no brota, este período es llamado de latencia. Si el tiempo transcurrido entre la cosecha del tubérculo semilla y su siembra posterior es demasiado corto, el tubérculo semilla puede encontrarse aún en estado de latencia, ya que incluso bajo las condiciones favorables los brotes no se desarrollan (Alonso, 1996).

La longitud del período de latencia es muy dependiente de la variedad y de las condiciones de almacenaje, especialmente la temperatura. Se ha

visto que ciertos productos químicos son útiles para romper la latencia entre los cuales se pueden citar: bisulfuro de carbono, la tiourea, el cloro etanol, rindite y el ácido giberélico (Alonso, 1996).

La latencia también se puede romper sometiendo alternadamente al tubérculo semilla en el almacén a temperaturas bajas (5 °C) y luego altas (20 °C) y/o también cortando en trozos el tubérculo semilla, lo cual no es conveniente por problemas de infecciones con fitopatógenos (Valdés et al., 1999). El ápice del tubérculo tiene una gran cantidad de ojos. Los procesos químicos dentro del tubérculo controlan los primordios en los ojos para que las yemas apicales normalmente sean las primeras en producir brotes; este proceso es llamado dominancia apical. Cuando la brotación se inicia, los primordios de brotes en los ojos de los tubérculos son inhibidos por el brotamiento del primordio principal (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

Generalmente el brote apical crece vigorosamente y los brotes de las yemas inferiores crecen más lentamente, esto es conocido como dominancia apical (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

La planta resultante, de la siembra de un tubérculo entero de este tipo, tendrá un bajo número de tallos principales; en consecuencia un menor número de tubérculos, comparativamente a un tubérculo en el cual todos

los ojos han brotado, por lo que es recomendable romper la dominancia apical (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

La dominancia apical se rompe al eliminar el primer brote, lográndose con ello una mayor brotación y más uniformidad. La eliminación manual del primer brote se denomina "despique" y como práctica solo es recomendable si inmediatamente el tubérculo semilla "despicado" es tratado con fungicidas y bactericidas para evitar la infección del mismo por fitopatógenos que pueden penetrar por la herida que se le hace al tubérculo al eliminar el primer brote (Lommen et al., 1994).

Un tubérculo semilla con abundancia de brotes fuertes, vigorosos y de uno a dos cm puede considerarse como un tubérculo semilla adecuado para su siembra y que garantizará la emergencia del cultivo sin dificultades, pudiendo además contribuir a un alto rendimiento debido a que existe una alta relación entre el número de tallos y el número de tubérculos por m² y a que el número de tallos dependen del número de brotes (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

3.1.8. Tamaño de la semilla

Normalmente, los calibres o tamaños de la semilla certificada están comprendidos entre los 28 mm y los 65 mm en las variedades normales y entre 25 y 60 mm en aquellas variedades en que la longitud es más del

doble de su anchura (Alonso, 1996).

El calibre de una partida o lote es 35/50 cuando todos los tubérculos de ese lote pasan a través de una malla cuadrada de 50 mm de lado y ningunos de los tubérculos pasa a través de una malla, asimismo, cuadrada de 35 mm de lado. En la práctica se suelen hacer tres calibres diferentes: 28/35, 35/50, y 45/65, siendo los dos últimos los más utilizados, prefiriendo cada zona y cada agricultor el calibre más grueso o más pequeño (Alonso, 1996).

Para obtener una siembra uniforme y alcanzar una calidad de producción buena, es esencial que si se va a cortar la semilla, lo cual no es recomendable, esto debe hacerse dentro de un intervalo de peso especificado; una semilla con rango de 35 a 65 g es aceptable dependiendo de la variedad, corte y número de ojos (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

3.1.9. Tubérculo semilla pequeño

El utilizar tubérculo semilla pequeño, o sea, de menor peso, trae consigo implicaciones relacionadas con el mismo tubérculo semilla y con el establecimiento del cultivo; de acuerdo con Alonso (1996), algunas de las más importantes son las siguientes:

1. Se tienen más brotes por kg de semilla.

2. Se produce una brotación más temprana.
3. Si las condiciones del suelo son malas se produce una emergencia pobre.
4. Se obtienen menos tallos por planta.
5. Se presenta más dificultad para alcanzar altas densidades de tallos.
6. Si se produce una helada en la primera fase, la recuperación es más probable.

3.1.10. Tubérculo semilla grande

Al usar tubérculo semilla grande se tendrán las siguientes implicaciones:

1. Se producen menos brotes por kg de semilla.
2. Se produce una brotación más tardía.
3. Si las condiciones del suelo son malas se produce una emergencia pobre.
4. Se producen más tallos por planta.

5. Si se produce una helada en la primera fase, la recuperación es más fácil (Alonso, 1996).

3.1.11. Brotes verdes

En los tubérculos expuestos al calor y brotados en la presencia de luz se forman brotes pequeños compactos, fuertes y verdes. Estos brotes cortos son menos sujetos a daños que los brotes que se forman en la oscuridad, los cuales son grandes, blancos pero débiles (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

Los brotes verdes permiten una emergencia temprana, una buena tuberización y una buena madurez a la cosecha. La ventaja más grande de los brotes verdes es que permiten obtener plantas que crecen rápido y llegan a la madurez con menos tiempo, lo cual permite escapar a heladas tempranas (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

Para obtener brotes verdes y desarrollados, los tubérculos semilla son expuestos a temperaturas de 15 a 20 °C para la emergencia del primer brote bajo condiciones de luz. La siembra de tubérculos con brotes verdes, tipo copa bien desarrollados y vigorosos, es la más aconsejable (Atlantic Cañada Potato Guide, 1993).

3.2. Enfoques teóricos técnicos

3.2.1. Fenología y ecofisiología del cultivo de papa

La producción de un cultivo es el resultado de la fotosíntesis y la respiración de éste; ambos procesos son influenciados por factores ambientales y fisiológicos de la planta. La combinación de dichos factores permite la determinación de la calidad del producto final y el respectivo conocimiento de estos a orientar un cultivo según el objetivo productivo que se quiera (Beukema y Van Der Zaag, 1990).

A su vez, la influencia climática y edáfica en la planta de papa tiene distintos efectos según el ciclo fenológico en el cual se encuentre el cultivo y es así como por ejemplo, las necesidades hídricas del cultivo son débiles al comienzo de su vegetación, pero son importantes cuando se acerca al período de formación de sus tubérculos y el llenado de estos. (Beukema y Van der zaag, 1990).

3.2.2. Plantación a emergencia

Este período dura entre 15 a 30 días, dependiendo de la humedad, grado de brotación de los tubérculos y temperatura del suelo (Sale, 1979).

El tubérculo al fin de su reposo, inicia su brotación y emergencia en forma lenta a 5 °C y se maximiza a los 14 a 18 °C. Esto es importante al

considerar la época de plantación ya que ésta se debe iniciar cuando la temperatura del suelo haya alcanzado por lo menos 7 a 8 °C. La temperatura ideal de brotación es de 18 °C. Como se dijo, temperaturas inferiores retrasan el proceso de brotación y emergencia, pero temperaturas superiores, pueden estresar el tubérculo y generar enfermedades. Durante esta fase la plántula sobrevive de las reservas contenidas en el tubérculo-madre y por las giberelinas presentes en la región subapical. Se debe realizar control de malezas y favorecer la rápida emergencia de los tallos, porque son menos susceptibles a *Rhizoctonia solani* cuando se ha formado tejido verde. Es necesaria una adecuada humedad en el suelo para que haya producción de raíces. La conjunción de dos factores como son alta humedad del suelo y bajas temperaturas no solo retrasa la emergencia de la planta sino que favorece el desarrollo de problemas fitosanitarios. (Alonso, 1996; Contreras, 2001).

3.2.3 Crecimiento vegetativo

Este tiene una duración de 45 a 50 días. En esta etapa, todas las partes vegetativas de las plantas (hojas, ramas, raíces y estolones) se forman, comienza la absorción de nutrientes. En esta etapa la planta se independiza del tubérculo en cuanto a la nutrición y comienza el proceso fotosintético o de asimilación necesario para la formación de hidratos de

carbono que serán transportados a zona de crecimiento aéreo (follaje, brotes, flores y frutos), y subterráneo (raíces, estolones y tubérculos) (Contreras, 2003).

La temperatura óptima para la fotosíntesis depende de la intensidad de la luz, pero a la vez la temperatura óptima para la asimilación no siempre corresponde con la temperatura óptima para la producción de tubérculos (Contreras, 2003).

3.2.4 Inicio de la tuberización

Es un período corto, de 10 a 14 días de duración, en el cual se inicia la formación de tubérculos en las extremidades del estolón. Este período coincide generalmente con el inicio de la floración. En esta etapa del crecimiento es muy importante mantener un adecuado contenido de humedad en el suelo (80 a 90 % de la humedad aprovechable) Los cultivos que tienen suficiente agua producen más follaje y empiezan a tuberizar más rápido que los cultivos que no han tenido disponibilidad del agua que han necesitado (Van Der Zaag, 1990).

3.2.5. Fisiología de la tuberización

La tuberización es un proceso que ocurre en varias especies vegetales y consiste en que órganos de naturaleza determinada (tallos modificados)

tienen la propiedad de acumular sustancias de reserva en sus parénquimas primarios y secundarios (Van Der Zaag, 1990).

La tuberización en la planta de papa es un proceso complejo que requiere la interacción de factores bioquímicos, genéticos y medioambientales. La mayor cantidad de trabajos sobre este tema se ha concentrado en los efectos de la longitud del día, temperatura o la combinación de estos dos factores al proceso de la tuberización, entregando como resultados que bajo condiciones de fotoperiodo corto, bajas temperaturas y niveles bajos de fertilización nitrogenada se activa una señal transmisible en la región subapical del estolón que inicia la división celular y expansión y cambio de orientación del crecimiento de las células. En esta vía de transducción se realiza la percepción de las señales medioambientales apropiadas en las hojas, lo cual se obtiene por mediación del fitocromo y las giberelinas (GA) (Alonso, 2000).

Según Yamamoto y Noda (1949) citado por Moreno (1983), el proceso de tuberización de la parte subterránea está dividido en cuatro etapas:

1. La elongación del estolón
2. La formación (inicio) del tubérculo
3. El agrandamiento del tubérculo

4. La culminación (maduración) del tubérculo

En relación al fotoperiodo, estudios demostraron que la tuberización de la papa es retrasada cuando se aumenta el largo de los días a 14 o 15 h, mientras que las extensiones de 18 h inhiben totalmente la tuberización. Además de suprimir la tuberización las extensiones del día disparan el crecimiento y el alargamiento del tallo. (Garner y Allard, 1983). A pesar de los resultados de estas investigaciones que indican un lento crecimiento del tubérculo bajo condiciones de fotoperiodos largos, el rendimiento total de los tubérculos bajo longitudes largas del día en plantaciones de campo excede comúnmente producciones bajo longitudes cortas del día. Estas producciones más altas se han atribuido a la fotosíntesis creciente y a la mayor biomasa de las plantas bajo días largos así como efectos inductivos directos de los niveles más altos de irradiación solar (Contreras, 2001).

En relación al suelo, la papa presenta un sistema radicular grueso, ramificado y con raicillas que pueden llegar a profundizar hasta los 90 cm. No obstante, la mayor densidad radicular está concentrada en los primeros 40 cm de cobertura horizontal. Por ello, para que el sistema radicular y la tuberización de la planta de papa se desarrollen

favorablemente, se requiere de una buena preparación del suelo a fin de lograr un suelo bien mullido (Contreras, 2003).

3.2.6. Llenado de tubérculos

Después de terminado el proceso de tuberización, se inicia el llenado de los tubérculos. Este ocurre continuamente en el tiempo, por lo tanto, en este estado se deben proveer todas las condiciones para lograr el óptimo crecimiento de los tubérculos, principalmente por el intenso proceso fotosintético que ocurre con una máxima área foliar en el que se encuentran las plantas. Particular importancia cobra el adecuado suministro de agua, nitrógeno y potasio. Un déficit hídrico en este período puede inducir a una senescencia temprana de las plantas, como también protuberancias, crecimientos agrietados y formas irregulares como “cuellos de botella” (Ojala et al., 1990).

Es importante mencionar la relación de dependencia entre, altos rendimientos y suministro hídrico, la cual se ilustra por la correlación positiva que muestran a menudo las precipitaciones con altos rendimientos. En extensos estudios realizados en Inglaterra se logró determinar que el suministro hídrico en el período de llenado tubérculos produce aumentos de rendimiento que pueden llegar a 1,4 t/ha por cada cm de agua caída (Harris, 1978).

3.2.7. Maduración de los tubérculos

Este período se inicia con la senescencia de tallos y hojas. Este proceso es lento pero sostenido en el tiempo. En muchas variedades este proceso culmina con la caída de las plantas. Sin embargo, después de la caída, el tejido aéreo puede mantenerse parcialmente verde y activo. Se puede decir que la planta de papa alcanza su completa madurez natural cuando los tubérculos no continúan aumentando de peso, su piel está firme (no se desprende al presionarla con los dedos) y el follaje se encuentra seco (Banse, 1979; Sierra et al, 2002).

3.3. Marco referencial

3.3.1. Antecedentes

Zarzynska (1996) trabajó con minitubérculos de papa de las variedades Bogna, Bronka, Kalina y Ruta con tres diferentes rangos de diámetro (cm) que fueron de 1,1 a 1,5; 2,1 a 2,5 y 3,1 a 3,5 cm, siendo brotados en 0; 2; 4; 6; 8 y 10 semanas antes de la siembra, la cual fue realizada en un suelo con una mezcla de limo y arcilla. El promedio de la producción de tubérculos fue de 23,1; 34,4 y 41,7 t/ha para los tres tamaños de microtubérculos, respectivamente, existiendo relación con el número de tallos/ha. En relación con el promedio de producción de los cultivares, éste se incrementó de 28,6 t/ha sin brotar hasta 32,3 a 35,3 t/ha después

de brotado. Sin embargo, los tubérculos semilla más pequeños mostraron una respuesta lineal en rendimiento al tener más tiempo de almacenaje después de brotado, mientras que los tubérculos semilla más grandes mostraron una respuesta de segundo orden similar a los tubérculos semillas tradicionales. La variedad Bogna respondió en forma lineal al incremento de la duración del brotado. El período óptimo de brotado para Bronka, Kalina y Ruta fue de 5 a 6; 8 y 6,5 semanas, respectivamente. Después de la cosecha el período óptimo de brotación fue mayor para los tubérculos semilla utilizados tradicionalmente, lo que hace pensar que el proceso de envejecimiento fisiológico fue menor para los minitubérculos.

Alaluna (2008) en su estudio sobre interacción de la variedad, tamaño de tubérculo y densidad de siembra en la producción de tubérculos-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). Las variables evaluadas fueron: tres variedades de papa (Mariva, Tomasa Tito Condemayta y Canchan-INIA), dos tamaños de tubérculos semilla (40 a 60 g y 80 a 100 g) y dos distanciamientos entre plantas (0,20 m y 0,30 m). La evaluación consistió en medir la producción de: tubérculo comercial, semilla de primera, semilla de segunda e igualmente el rendimiento total de papa. El rendimiento total de tubérculos de la variedad Canchan-INIA superó en 11,42 % y 40,86 % al de las variedades Mariva y Tomasa Tito Condemayta, así mismo la producción comercial y semilla de primera

mostraron la misma tendencia. En cuanto a los tamaños de tubérculos semilla, con la semilla mediana se obtuvieron mayores incrementos en la producción comercial, semilla de primera y segunda y rendimiento total con relación al uso de semilla chica.

Lommen y Struik (1995) condujeron experimentos durante tres años para estudiar el desarrollo en campo de semilla de papa convencional y de minitubérculos con diferentes pesos frescos para evaluar su efecto sobre la producción de la progenie. Utilizaron minitubérculos de cinco clases de pesos (en un rango de 0,13 a 0,25 g y de 2,00 a 3,99 g). Los factores de multiplicación se calcularon como número y peso de tubérculos de la progenie producida por tubérculos plantados o por unidad de peso de tubérculo plantado. Estos factores fueron más bajos para los minitubérculos más livianos cuando fueron calculados por tubérculos y más alto para cuando fueron calculados por peso. La variación en parcelas dentro del campo fue a veces más alta para los minitubérculos menos pesados, pero la variación en años fue similar para todas las clases de minitubérculos.

Lommen y Struik (1994) realizaron un experimento de campo para evaluar el desarrollo de cinco clases de minitubérculo con peso fresco distribuido en dos rangos de 0,13 a 0,25 g y de 2,00 a 3,99 g y la semilla

tubérculo convencional, se trabajó en una estación corta de desarrollo (79 u 82 días) en 1989-90. Los minitubérculos más pesados tendieron a presentar una emergencia regular, con una mayor cobertura foliar del suelo mucho más rápida después de la emergencia que los minitubérculos menos pesados; además, de una más alta producción de materia seca y una más alta producción de peso fresco. El coeficiente de conversión de radiación no se vio afectado. Una más alta producción de tubérculos resultó de una mayor radiación interceptada como resultado de una mayor cobertura de área de suelo y un mayor índice de cosecha. Todos los minitubérculos produjeron un tallo principal. En un experimento con el minitubérculo de mayor peso se tuvo una mayor brotación y el tiempo de emergencia decreció en un 50 %, asimismo la concentración de materia seca de la progenie se incrementó respecto al minitubérculo de menor peso. Los tubérculos convencionales sanos fueron superiores a los minitubérculos en todas las características, menos en el coeficiente de conversión de la radiación en los cuales fueron similares. La diferencia en el desarrollo entre minitubérculos y los tubérculos semilla convencionales son atribuidas al peso, la edad de la semilla tubérculo y al método de brotado.

Lommen (1994) utilizó parcelas experimentales para evaluar varios tamaños de minitubérculos de las variedades de papa Ruta (muy precoz),

Kalina (precoz), Bogna (intermedia) y Bronka (tardía). Se sembraron minitubérculos de siete clases entre los diámetros 0,5 a 1,0 y 3,5 a 4,0 cm. El número y el peso total de brotes y raíces, el número de raíces/brotes y el peso promedio de los brotes o raíz después de dos semanas de sembrado aumentaron con el incremento del tamaño del minitubérculo y difirió significativamente entre cultivares. La influencia del peso del tubérculo fue menor cuando los brotes crecieron más largos.

Cuando los tubérculos con brotes de la misma longitud fueron sembrados en parcelas, los brotes de los tubérculos más livianos tuvieron una emergencia más tardía. Cuando los tubérculos fueron plantados más profundos (6 o 9 cm), o cuando ellos tuvieron brotes cortos al plantarlos (2 ó 4 mm), la emergencia fue más tardía y las diferencias entre las clases de peso fueron mayores. A emergencia, las plantas provenientes de tubérculos de poco peso tenían tallos débiles y peso de raíz proporcional al peso del tubérculo.

Thornton y Neundorfer (1986) evaluaron el crecimiento en campo de minitubérculos de papa de tres variedades con diferentes tamaños para observar el rendimiento potencial de tubérculos pequeños (3 a 7 g), medianos (8 a 14 g) y grandes (15 a 28 g). Estos fueron comparados con tubérculos semilla para las variables emergencia en campo, número de

tallos/planta y producción de tubérculos/m². Los minitubérculos emergieron en general más tarde y tuvieron una producción más baja de tallos/planta que los tubérculos semilla convencional. La cantidad en número de tallos/planta aumentaron con el incremento del tamaño del minitubérculo. El tubérculo semilla produjo más que los minitubérculos. La producción total se incrementó con el tamaño del minitubérculo.

Zarzynska (1996b) en parcelas experimentales utilizó las variedades Ruta (muy precoz), Kalina (precoz), Bogna (intermedia) y Bronka (tardía) las cuales provenían de siete clases y tamaños de minitubérculos entre 0,5 a 1,0 y 3,5 a 4,0 cm de diámetro. El número, peso de los brotes y raíces, número de raíces/brotes y peso de uno de los brotes o raíz se incrementaron a partir de dos semanas después de ser plantados, además se incrementó el tamaño del minitubérculo y difirió significativamente entre variedades. En pruebas que se hicieron en los años 1992 a 1994, el porcentaje de emergencia fue solo de 30 a 70 % de los tubérculos más pequeños, pero generalmente fue de 90 a 100 % de los más grandes. El área total de hojas por planta y el índice del área foliar se incrementó con el aumento en tamaño del tubérculo, pero los tallos individuales de estos fueron más altos para aquellos tubérculos semillas de 1,6 a 2,0 cm de diámetro. Los minitubérculos con brotes en los intervalos de 1,1 a 1,5; 2,1 a 2,5 y 3,1 a 3,5 cm produjeron,

respectivamente, en promedio 114, 154 y 240 mil tallos/ha y peso promedio de un tallo de 234; 218 y 163 gramos, respectivamente.

Szutkowsha (1996), en los años 1993/1994, utilizó tubérculos de papa de las variedades Irys, Kalina, Ruta, Bogna y Bronka, las cuales se desarrollaron a partir de minitubérculos de 1,0 a 1,5 y 2,0 a 2,5 cm de diámetro (2,1 a 7,2 g, respectivamente) plantados a 10; 20; 30 y 40 cm entre plantas y 62,5 cm. Entre hileras. El nivel de producción alcanzado fue de 24,7 t/ha en Ruta a 40,1 t/ha en Bogna. El tubérculo semilla producido decreció de 12,3 a 8,3 t/ha para los minitubérculos pequeños y de 38,0 a 21,1 para los minitubérculos más grandes cuando las distancias entre plantas se incrementaron.

Gojski (1996) realizó cuatro pruebas de campo durante los años de 1972/83, con minitubérculos pequeños, medianos y grandes (40 a 50; 70 a 80, y 100 a 120 gramos, respectivamente), de 11 variedades precoces de papa, las cuales se sembraron a 20; 30, y 40 cm entre plantas y a 62,5 cm entre hileras. Se encontró una amplia variación entre variedades; además, la producción comercial se incrementó al reducir el espaciamiento y los tubérculos grandes utilizados como semilla retardaron el tiempo a la cosecha. Cuando los tubérculos se cosecharon a los 60 a

75 días después de la siembra, el número de tallos/ha fue de 500 000 y cuando se cosecharon a total madurez, había 200 000 tallos/ha.

Vecchio et al. (1996) condujeron un experimento en los años 1994/95 para comparar los minitubérculos de la variedad de papa Alfa respecto al tubérculo semilla convencional de la variedad Spunta. El 100 % de la emergencia fue alcanzado a los 40 días después de la siembra con la variedad Alfa donde la emergencia fue más rápida produciendo plantas más grandes. El peso seco total de tubérculos fue similar entre ambos cultivares. Alfa produjo más tallos, mayor número de tubérculos que Spunta, cuando la cosecha se retardó de 67 a 102 días después de la siembra.

Negi et al. (1996) llevaron a cabo experimentos de campo durante la estación de verano de 1989 a 1990 para investigar la densidad óptima de tubérculo semilla cortada y entera. Utilizaron cuatro densidades de siembra (1,0; 2,0; 3,0 y 4,0 t/ha) para ambos tipos de tubérculos, obteniéndose la más Lomes y Neele (1987) llevaron a cabo dos experimentos, uno con 216 clones y otro con 173, para investigar la influencia del peso del tubérculo semilla sobre el rendimiento en el primer año de los clones. Un análisis de regresión mostró que el 25 % de la

diferencia en la producción entre el primero y el segundo año fue dada por la diferencia en peso de la semilla tubérculo en el primer año.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental es el procedimiento más indicado para investigar relaciones de causa efecto.

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

La población estuvo constituida por el total de plantas de papa incluidas en el experimento aproximadamente de 250 plantas

4.2.2. Muestra

Se seleccionaron 10 muestras al azar de cada unidad experimental de las plantas ubicadas en la zona central de la unidad experimental, para evitar el efecto borde, por lo tanto la muestra estuvo conformada por 160 plantas.

4.3. Características del suelo

Tabla 2

Análisis físico-químico del suelo del área experimental CEA III “Los Pichones”– FCAG – UNJBG, Tacna – 2015

Análisis físico	Resultados
Arena	42,40 %
Limo	37,00 %
Arcilla	20,60 %
Clase textural	Franco
Análisis químico	Resultados
pH	5.22
C.E.ds/m	4,95
Calcáreo total	0,00
Fósforo disponible	80,64 ppm
Potasio disponible	300,00 ppm
Nitrógeno	0,013 %
CIC (meq/100 g)	17,20 me/100 g
Ca (meq /100 g)	10,10 me/100 g
Mg (meq / 100 g)	1,98 me/100 g
K (meq / 100 g)	3,32 me /100 g
Na (meq / 100 g)	0,70 me / 100 g
Materia orgánica	0,30 %

Fuente: Laboratorio de Análisis Químicos & Servicios E. I. R. L. (Laboratorio de control de calidad, análisis de suelos, calderos, efluentes industriales y otros) (Arequipa- 2015)

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos indicar lo siguiente:

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo, la muestra traída al laboratorio ha sido clasificada como fuertemente ácido, el mejor pH para la mayoría de las plantas oscila entre 6,7 a 7,2, es decir Neutro. El pH influye especialmente sobre la disponibilidad de nutrientes (Fósforo, Potasio, Hierro, Cobre, Boro, etc.) que hay en el suelo para que lo puedan tomar las raíces de las plantas a esto se llama Solubilidad y todo depende del pH.

Se ha observado en la determinación común, que para pH menores a 5,5 se puede sospechar la presencia de aluminio intercambiable, aunque esto es más probable cuando el pH es igual o inferior a 4,5.

Los suelos fuertemente ácidos tienen valores de pH menores a 5,5 y presentan a su vez problemas de toxicidad por aluminio, hierro y manganeso, toxinas orgánicas y un escaso aprovechamiento de nitrógeno y boro por las plantas.

La conductividad eléctrica nos mide la cantidad total de sales solubles, la muestra ha sido clasificada como muy salina.

El nitrógeno es deficiente, el fósforo es muy alto y el potasio es alto

La textura es franco estos suelos presentan características físicas ideales para el desarrollo satisfactorio de los cultivos son los más ideales y aptos para la producción agrícola y pecuaria. Su capacidad de retención de la humedad es satisfactoria, su riqueza y disponibilidad de nutrimentos es buena. Los suelos de esta textura, son ideales para la obtención de altos rendimientos y alta productividad.

La CIC capacidad de intercambio catiónico es medio, esta es una propiedad del suelo que se relaciona con la disponibilidad de nutrientes para la planta y es una medida de la fertilidad potencial del suelo.

El PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) que es la cantidad de sodio absorbido por las partículas de suelo lo ha clasificado como suelo no sódico lo que es favorable, porque el sodio cuando es elevado tiene efecto adverso sobre la estructura del suelo; en este caso las partículas de arcilla no están dispersas, por tanto la capacidad de oxigenación en la zona radicular es buena para el crecimiento normal de las plantas.

4.4. Características Climáticas

Tabla 3

Temperaturas y humedad relativa registradas en el campo experimental

Meses	Temperatura			Humedad relativa %	Precipitación	Heliofania
	máxima	mínima	T° Media			
Enero	27,60	16,40	22,0	74	0,0	7,3
Febrero	28,90	17,50	23,20	67	0,4	8,6
marzo	27,20	16,10	21,65	74	1,2	8,3
Abril	24,30	12,8	18,55	73	0,0	8,8
Mayo	21,90	12,70	17,30	78	0,2	5,7
Junio	19,70	10,80	15,25	80	0,4	5,0
Julio	18,90	10,0	14,45	82	0,9	5,6
Agosto	19,20	10,30	14,75	82	1,9	6,2
Setiembre	21,60	11,50	16,55	80	0,9	6,8
Octubre	22,90	12,30	17,60	78	0,2	7,6
Noviembre	24,90	13,40	19,15	72	0,2	9,1
Diciembre	26,90	15,40	21,15	70	0,0	8,8

Fuente: SENAMHI – TACNA. (2015)

La tabla 3 muestra los resultados de las condiciones climáticas registradas durante la etapa de la investigación.

Aunque hay diferencias de requerimientos térmicos según la variedad de que se trate, se puede generalizar, sin embargo, 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. La temperatura media óptima para la tuberización es de 20 °C, si la temperatura se incrementa por encima de este valor disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración y en consecuencia, hay combustión de hidratos de carbono almacenados en los tubérculos. Las consecuencias negativas de las altas temperaturas diurnas y nocturnas adquieren visos de verdadero dramatismo en el norte de nuestro país cuando aparece el Fenómeno del Niño, en que las altas temperaturas tanto diurnas y nocturnas provocan ausencia total de tubérculos. Siempre debe haber alternancia de temperaturas diurnas y nocturnas para una buena tuberización.

4.5. Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se estudiaron fueron los siguientes:

T1: tubérculos semilla de 80 a 100 g

T2: tubérculos semilla de 60 a 79 g

T3: tubérculos semilla de 40 a 59 g

T4: tubérculos semilla de 20 a 39 g

4.6. Variables

4.6.1. Altura de planta (cm)

Se tomó la altura al inicio de la floración, desde la base de la planta,

4.6.2. Número de tubérculos por planta (unidades)

Se realizó el conteo 10 plantas elegidas al azar en forma aleatoria de cada una de las unidades experimentales.

4.6.3. Número de tubérculos por calibre (Unidades)

Los tubérculos cosechados de 10 plantas elegidos al azar de cada uno de los tratamientos.

4.6.4. Rendimiento por planta (kg)

Se evaluó pesando el total de frutos cosechados por planta tomando 10 plantas al azar de cada unidad experimental.

4.6.5. Rendimiento (t/ha)

Se tomó el total del peso de todas las unidades experimentales para cada uno de los tratamientos.

4.7. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloque Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones.

4.8. Características del campo experimental

4.8.1. Características de la parcela experimental

Largo	:	18 m.
Ancho	:	16,8 m.
Área total	:	302,4 m ²

4.8.2. Bloque experimental

Largo	:	16,8 m.
Ancho	:	4,5 m.
Área total	:	75,6 m ²

4.8.3. Unidad experimental

Largo	:	4,20 m.
Ancho	:	3 m.
Área total	:	12,6 m ² .

Número de plantas por unidad experimental: 40 plantas

4.9. Aleatorización en el campo experimental

Bloque I	T ₃	T ₁	T ₄	T ₂
Bloque II	T ₄	T ₂	T ₃	T ₁
Bloque III	T ₁	T ₄	T ₂	T ₃
Bloque IV	T ₂	T ₃	T ₁	T ₄

Figura 2. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental

Fuente: Elaboración propia

4.10. Análisis estadístico

Para los datos cuantitativos se utilizó la técnica del análisis de varianza a una probabilidad $\alpha = 0,05$; $0,01$ y para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de significación de Duncan a una probabilidad $\alpha = 0,05$.

4.11. Conducción del experimento

4.11.1. Medición de la parcela experimental

Esta labor se realizó con la ayuda de una hinchada 30 m y con esta se procedió a medir el campo experimental; luego se colocaron estacas, para marcar los hitos de referencia para los bloques, parcelas principales y sub parcelas en el área experimental.

4.11.2. Preparación de terreno

Se realizó en forma manual con la ayuda de una picota, abriendo y removiendo bien para posteriormente dejarlo listo para la siembra.

4.11.3. Siembra

Primeramente, antes de la siembra se realizó desinfección de la semilla con Benomilo con la finalidad de protegerla de la chupadera fungosa, pudrición radicular. Enseguida se incorporó la materia orgánica a razón de 20tn/ha. Mas el abonamiento de fondo a los surcos para así iniciar con la siembra que se realizó en forma directa con la ayuda de una lampa colocando 1 tubérculo por golpe aun distanciamiento de 30 cm y 90 cm entre surcos.

4.11.4. Riego

El riego se efectuó en forma de “riego por goteo” los riegos se efectuaron de acuerdo a las necesidades del cultivo, las condiciones climáticas, la edad de la planta y la retentividad de humedad del suelo.

4.11.5. Fertilización

La fórmula que se utilizó fue de: 150 kg/ha N, 80 kg/ha de P₂O₅ y el K₂O. Se utilizó como fuentes a la urea (46 % N), fosfato diamónico (46 % P₂O₅) y al sulfato de potasio (50 % K₂O).

4.11.6. Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual cada 15 días en las primeras etapas de desarrollo de la planta y posteriormente una vez al mes.

4.11.7. Aporque

El objetivo del aporque es darles a las plantas mejor sostenimiento, así aprovechan la mayor cantidad de estolones y evitar el ataque de plagas y enfermedades a los tubérculos. El aporque se realizó cuando las plantas alcanzaron aproximadamente una altura promedio de 35 cm.

4.11.8. Enfermedades y plagas

Se realizaron controles fitosanitarios en forma preventiva, en general pesticida de tipo sistémico, y en otras ocasiones de contacto.

4.11.9. Cosecha

La labor de cosecha se realizó aproximadamente a los 120 días después de la siembra, cuando el follaje de la papa empezó a amarillarse, siendo recomendable cortar los tallos para una cosecha uniforme y obtener tubérculos maduros. Posteriormente después de una semana se realizó la cosecha.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTOS DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados y discusión

Los resultados que se obtuvieron en la presente tesis corresponden a los análisis de las mediciones realizadas en el campo, enfocándose a los parámetros agronómicos.

5.1.1. Altura de planta

Tabla 4

Análisis de varianza altura de planta

F. V.	GL	SC	CM	Fc	F α 0,05	0,01	
Bloques	3	40,852	13,617	3,287	3,860	6,990	NS
Tratamientos	3	131,359	43,786	10,570	3,860	6,990	**
Error	9	37,281	4,142				
Total	15	209,492					

CV: 2,649 % NS= No significativo **= Alta significación

Fuente: Elaboración propia (2016)

En la tabla 4 del análisis de varianza para altura se evidencia que no existen diferencias entre los bloques, sucedió para los tratamientos donde existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza al 99 %, por lo tanto, uno de los tratamientos tuvo mayor altura de planta, ya que el valor del coeficiente de variabilidad es de 2,649 % esto indica que los datos son confiables.

Tabla 5

Prueba de significación de Duncan para altura de planta

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha=0,05$
1	T ₂ : 60 a 79 g	80,43	a
2	T ₃ : 40 a 59 g	77,69	a b
3	T ₄ : 20 a 39 g	76,70	b
4	T ₁ : 80 a 100 g	72,46	c

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5, prueba de significación de Duncan, muestra los valores de los promedios para de altura de planta, se observa que el T₂ y el T₃ con 80,43 cm y 77,69 cm fueron los de mayor promedio, en el tercer lugar se ubicó el T₄ con 76,70 y en el último lugar el tratamiento T₁ con 72,46 cm.

5.1.2. Número de tubérculos por planta

Tabla 6

Análisis de varianza de número de tubérculos por planta

F. V.	GL	SC	CM	FC	F $\alpha=0,05$	0,01
Bloques	3	0,956	0,318	0,260	3,860	6,990 NS
Tratamientos	3	30,260	10,086	8,246	3,860	6,990 **
Error	9	11,009	1,223			
Total	15	42,225				

CV: 8,441% NS= No significativo **= Alta significación

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6 del análisis de varianza para número de tubérculos por planta evidencia que no existen diferencias entre los bloques. Sin embargo para los tratamientos existen diferencias altamente significativas con un nivel de confianza del 99 %; por lo tanto uno de ellos tuvo mayor número de tubérculos por planta. El valor de coeficiente de variabilidad es de 8,441% lo que indica que los datos son confiables.

Tabla 7

Prueba de significación de Duncan de número de tubérculos

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha = 0,05$
1	T ₁ : 80 a 100	10,10	a
2	T ₂ : 60 a 79 g	8,35	a b
3	T ₃ : 40 a 59 g	6,93	b
4	T ₄ : 20 a 39 g	6,63	b

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7, de la prueba de significación de Duncan muestra los valores de los promedios del número de tubérculos donde se observa que el T₁ y T₂ fueron los de mayor promedio con 10,10 y 8,35 tubérculos sobresaliendo estadísticamente sobre los demás, le siguen en el tercer lugar el tratamientos T₃ con 6,93 y el de menor promedio fue el T₄ con 6,63.

5.1.3. Número de tubérculos por calibre

5.1.3.1. Número de tubérculos primera

Tabla 8

Análisis de varianza de número de tubérculos de primera

F. V.	GL	SC	CM	FC	F $\alpha = 0,05$	0,01
Bloques	3	4,626	1,542	5,855	3,860	6,990 *
Tratamientos	3	9,996	3,322	12,613	3,860	6,990 **
Error	9	2,370	0,263			
Total	15	16,992				

CV: 7,476 % *= Significativo **= Alta significación

Fuente: Elaboración propia

La tabla 8, del análisis de varianza para el número de tubérculos por planta de primera se evidencia que si es significativo por lo que existen diferencias entre los bloques, para tratamientos resultó altamente significativa uno de los tratamientos es diferente a los demás, con un nivel de confianza al 99 %, el valor del coeficiente de variabilidad es de 7,476 % lo que indica que los datos son confiables.

Tabla 9

Prueba de significación de Duncan de número de tubérculos de primera

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha= 0,05$
1	T ₁ :80 a 100	5,80	a
2	T ₃ :40 a 59 g	5,30	a
3	T ₂ :60 a 79 g	4,05	b
4	T ₄ :20 a 39 g	3,98	b

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9 de Duncan muestra los valores de los promedios de número de tubérculos de primera donde se evidencia que el T₁ obtuvo el mayor promedio (con 5,80) y en el segundo lugar el T₃ obtuvo 5,30 sobresaliendo estadísticamente sobre los demás, le siguen, en tercer lugar, los tratamientos T₂ con 4,05 y T₄ con el menor promedio con 3,98 respectivamente.

5.1.3.2. Número de tubérculos de segunda

Tabla 10

Análisis de varianza de número de tubérculos de segunda

F. V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F $\alpha = 0,05$	0,01
Bloques	3	5,161	1,720	2,949	3,860	6,990 NS
Tratamientos	3	1,056	0,352	0,603	3,860	6,990 NS
Error	9	5,250	0,583			
Total	15	11,437				

CV: 13,190 % NS= No significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 del análisis de varianza para número de tubérculos por planta de segunda evidencia que no existen diferencias entre los bloques, y lo mismo entre los tratamientos, es decir que sus promedios son estadísticamente similares. El valor del coeficiente de variabilidad es de 13,190 % indica que los datos son confiables para el experimento.

5.1.4. Peso unitario de tubérculo (g)

Tabla 11

Análisis de varianza de peso unitario del tubérculo

F. V.	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F $\alpha = 0,05$	0,01
Bloques	3	534,750	178,250	0,514	3,860	6,990 *
Tratamientos	3	4 095,375	1 365,125	3,937	3,8 60	6,990 *
Error	9	3 120,375	346,708			
Total	15	7 750,50				

CV: 9,543 % *= Significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 del análisis de varianza para el peso unitario de tubérculos resultó significativo por lo que sí existen diferencias entre los bloques, para los tratamientos, hubo significación estadística por lo que sí existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 1 %. El valor del coeficiente de variabilidad es de 9,543 % lo que indica que los datos son confiables para el ensayo.

Tabla 12

Prueba de significación de Duncan de peso unitario de tubérculos (g)

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha = 0,05$
1	T ₁ :80 a 100 g	215,214	a
2	T ₂ :60 a 79 g	203,432	a
3	T ₃ :40 a 59 g	189,537	a b
4	T ₄ :20 a 39 g	172,320	b

Fuente: Elaboración propia

La tabla 12 muestra los valores de los promedios de peso unitario allí se evidencia que el T₁ obtuvo mayor promedio con 215,214 g seguido, en segundo lugar por el T₂ que obtuvo 203,432 g; luego en tercer lugar se encuentra el T₃ con 189,537g y en último lugar el T₄ con 172,320 g respectivamente .

5.1.5. Rendimiento por planta

Tabla 13

Análisis de varianza de rendimiento por planta (kg)

F. V.	GL	SC	CM	FC	F $\alpha = 0,05$ 0,01	
Bloques	3	0,0182	0,00608	0,719	3,860	6,990 NS
Tratamientos	3	0,1267	0,0422	4,989	3,860	6,990 *
Error	9	0,0761	0,0084			
Total	15	0,22110				

CV: 9,226 % *= Significación NS= No significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 del análisis de varianza para el rendimiento por planta evidencia que no existen diferencias entre los bloques, para los tratamientos hubo significación estadística por lo tanto tuvieron diferentes rendimientos por planta con un nivel de confianza al 1 %. El valor del coeficiente de variabilidad es de 9,226 % lo que indica que los datos son confiables para el ensayo.

Tabla 14

Prueba de significación de Duncan de rendimiento por planta (kg)

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha = 0,05$
1	T ₁ : 80 a 100 g	1,130	a
2	T ₂ : 60 a 79 g	1,023	a b
3	T ₃ : 40 a 59 g	0,937	b
4	T ₄ : 20 a 39 g	0,898	b

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 en lo que respecta al rendimiento por planta, muestra los valores de los promedios donde se observa que los T₁ y T₂ obtuvieron el

mayor promedio con 1,130 kg y 1,023 kg, en tercer lugar el tratamiento T₃ con 0,937 g y en el último lugar el T₄ con 0,898 kg.

5.1.6. Rendimiento (t/ha)

Tabla 15

Análisis de varianza de rendimiento (t/ha)

F. V.	GL	SC	CM	FC	F	$\alpha = 0,05$	0,01
Bloques	3	15,748	5,159	1,389	3,860	6,990	NS
Tratamientos	3	328,511	109,503	29,496	3,860	6,990	**
Error	9	33,412	3,712				
Total	15	377,471					

CV: 4,727 % NS= No significativo **= Alta significación

Fuente: Elaboración propia

La tabla 15 del análisis de varianza para el rendimiento evidencia que no existen diferencias entre los bloques para los tratamientos; hubo alta significación estadística, por lo tanto, tuvieron diferentes promedios de rendimiento con un nivel de confianza del 1 %. El valor del coeficiente de variabilidad es de 4,727 % indica que los datos son confiables para el ensayo.

Tabla 16

Prueba de significación de Duncan de rendimiento (t/ha)

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio	Sig. $\alpha=0,05$
1	T ₁ : 80 a 100 g	46,687	a
2	T ₂ : 60 a 79 g	43,600	b
3	T ₃ : 40 a 59 g	36,847	c
4	T ₄ : 20 a 39 g	35,900	c

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 de la prueba de Duncan de rendimiento muestra los valores de los promedios donde se observa que el T₁ obtuvo el mayor promedio con 46,687 t/ha superando estadísticamente al resto, en segundo lugar se ubicó el T₂ obtuvo 43,60 t/ha. En tercer lugar se ubicó el tratamiento T₃ con 36,84 t/ha y en el último lugar el T₄ con 35,90 t/ha.

Alaluna, (2008) en su investigación obtuvo un rendimiento total de tubérculos con la variedad Canchan-INIA que superó en 11, 42 % y 40, 86 % al de las variedades Mariva y Tomasa Tito Condemayta, así mismo la producción comercial y semilla de primera mostraron la misma tendencia, por otra parte con la semilla de tubérculos mediana obtuvo mayores incrementos en la producción comercial, semilla de primera y segunda y rendimiento total con relación al uso de semilla chica enviándose la misma tendencia en la presente investigación, por otra parte Lommen y Struik (1995) condujeron experimentos durante tres años para estudiar el desarrollo en campo de semilla de papa convencional y de minitubérculos con diferentes pesos frescos para evaluar su efecto sobre la producción de la progenie donde concluye que los factores de multiplicación calculados como número y peso de tubérculos de la progenie producida por tubérculos plantados o por unidad de peso de tubérculo plantado señalando que la variación en parcelas dentro del campo fue a veces más alta para los minitubérculos menos pesados, pero la variación en años fue

similar para todas las clases de minitubérculos, notándose que el tamaño influye en la cosecha donde la diferencia en el desarrollo entre minitubérculos y los tubérculos semilla convencionales son atribuidas al peso, la edad de la semilla tubérculo y al método de brotado, por otra parte Lommen (1994) evaluó tamaños de minitubérculos de las variedades de papa Ruta (muy precoz), Kalina (precoz), Bogna (intermedia) y Bronka (tardía) sus resultados indicaron que el peso total de brotes y raíces, el número de raíces/brotes y el peso promedio de los brotes o raíz después de dos semanas de sembrado aumentaron con el incremento del tamaño del minitubérculo y difirió significativamente entre cultivares, por lo tanto la influencia del peso del tubérculo fue menor cuando los brotes crecieron más largos, los rendimientos alcanzados evidencia lo indicado por Rosales et al (2008) que menciona que el rendimiento potencial de la variedad Unica es de 50 t/ha asimismo indica que para el invierno en zonas de costa peruana (trópico bajo) y en épocas húmedas de la zona Sierra (trópico alto) se puede alcanzar el rendimiento potencial. En la primavera y en la época seca de las respectivas zonas se reduce el rendimiento comercialmente se pueden lograr rendimientos promedios de hasta 40 t/ha respectivamente, los resultados de la presente investigación difieren de lo indicado por el MINAG (2014) que indica que el rendimiento promedio nacional de papa en el año 2014 fue

de 13,720 kg/ha, siendo un 4,3 % superior que el rendimiento promedio del año 2010. Son dos las regiones con mayor rendimiento promedio en el año 2013, donde señala que Arequipa (32,765 kg/ha) y Lima (23,903 kg/ha); Junín, Pasco, La Libertad y Huánuco mantienen rendimientos superiores al promedio nacional. Puno el departamento con mayor producción mantiene rendimientos de 11,262 kg/ha, por debajo del promedio nacional. Las regiones que obtuvieron mayores crecimientos en cuanto al rendimiento promedio son, Pasco (58,1 %), Cusco (24,2 %), Junín (12,6 %) y Huánuco (9,0 %). Es importante indicar lo señalado por Atlantic Cañada Potato (1993) que señala que la capacidad del tubérculo para brotar y crecer es un factor importante en la determinación de la producción potencial de semilla tubérculo de papa y está determinado por la edad fisiológica de la semilla. Es preciso señalar que la variedad, la altura de planta y el número de tubérculos comerciales influyen fuertemente sobre el peso de tubérculos comerciales esto indica que plantas grandes van a producir mayor cantidad de tubérculos comerciales dependiendo de la variedad utilizada.

Por otra parte Moreno (1974) sostiene que la influencia altamente significativa de peso de tubérculos comerciales, variedad, porcentaje de tubérculos comerciales y altura de planta sobre el número de tubérculos comerciales nos explican que el rendimiento de las variedades estarán en

función muy estrecha con las variables anteriormente mencionadas a excepción del número de tallos por planta que no ejerce ninguna influencia, dando igual para número de tubérculos que las plantas tengan un mayor o menor número de tallos, aspectos que coinciden con los resultados obtenidos en la investigación.

Sin embargo Garzón, (2012), en su investigación utilizó cuatro categorías de semilla donde obtuvo un rendimiento de máximo con semilla certificada de 17 676, 77 kg/ha, inferior al alcanzado en la presente investigación. Estos resultados permiten afirmar que el empleo de semilla de mayor peso significa una ventaja respecto a otra semilla de menor tamaño, en relación al rendimiento. También se desprende que lo más importante en la determinación del rendimiento por unidad de superficie. Los resultados del presente trabajo coinciden con los publicados por Vecchio et al. (1996), quienes encontraron que el número, tamaño y peso de los tubérculos cosechados, fueron influenciados directamente por el tamaño del tubérculo sembrado

Además, Lommen y Struik (1995), encontraron que a mayor peso de los tubérculos sembrado mayor es el peso total producido por parcela y que cuando el peso del tubérculo sembrado es menor, tal reducción se expresa de la misma forma en la producción total en peso por parcela.

Guarda et al. (1996), también encontraron resultados similares a este experimento en el cual el peso de la semilla sembrada afectó directamente el peso total por área de tubérculos cosechado.

CONCLUSIONES

- Primera. El mayor efecto sobre el rendimiento de papa variedad única lo obtuvo el T₁ (80 a 100 g) con promedio de 46,687 t/ha y en el segundo lugar el T₂ (60 a 79 g) obtuvo 43,60 t/ha.
- Segunda. En relación a los parámetros agronómicos: el mayor peso unitario de papa variedad única lo obtuvo el T₁ (80 a 100 g) con 215,214 g y en el segundo lugar el T₂ (60 a 79 g) con 203,432.
- Tercera. Para el número de tubérculos el T₁ (80 a 100 g) obtuvo el mayor promedio con 10,10 y en el segundo lugar el T₂ (60 a 79 g) obtuvo 8,35.
- Cuarta. En lo que respecta al rendimiento por planta se observa que el T₁ (80 a 100 g) obtuvo el mayor promedio con 1,130 kg y en segundo lugar el T₂ (60 a 79 g) con 1,023 kg.

RECOMENDACIONES

- Primera. Se recomienda utilizar los pesos de tubérculo semilla de: 81 a 100 g y (60 a 79) g que fueron los de mayor efecto en el rendimiento del cultivo.
- Segunda Se recomienda realizar ensayos con otras variedades de papa de semilla certificada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaluna E. (2008). *Interacción de la variedad, tamaño de tubérculo y densidad de siembra en la producción de tubérculos-semilla de papa (Solanum tuberosum L).* *Anales Científicos UNALM*, 49, 122-130.
- Alonso, F. (1996). *El Cultivo de la Patata*. Madrid España: Ediciones Mundi-prensa. 61-67 pp.
- Arias, D. (2009). *Producción de semilla prebásica en el sistema aeropónico en el Ecuador*. (Tesis Ing. Agrónomo). Universidad Central del Ecuador, Quito. 125 pp.
- Atlantic Canadá Potato Guide. (1993). *Advisory Committee on Potatoes*. Atlantic Provinces Agriculture Services Co-ordinating Committee. P. 4-9.
- Banse, J. (1979). *Desarrollo y crecimiento de la planta de papa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile. Boletín Técnico N° 24: 14 pp.

- Beukema, H. P., y Van Der Zaag, D. E. (1990). Introduction to potato production. In: *The potato plant*. Netherlands. pp. 25-41.
- Contreras, A. (2001). Ecofisiología del rendimiento de la planta de papa. *Revista de la papa. Asociación Chilena de la papa*, 6 (10): 15-16.
- Contreras, A. (2006). Ecofisiología del rendimiento de la papa. *Revista de la papa. Chile*, 10: 15-16.
- Harris, P. (1978). Water. In: Harris, P (Ed) *The potato crop*. London, England. Chapman and Hill. pp 245- 277.
- INIA. (2014). *Producción de papa en el Perú*. Lima, Perú.
- Garzón, D. (2014). *Efecto de cuatro categorías de semilla en el rendimiento de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Gojski, B. (1996). Effect of Planting Density on Yield of Early Potato Cultivars. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 47, 77-90.
- Guarda, G., Tassoni, F., y Grigolo, U. (1996). Effect of Minitubers Size and Planting Density of on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Seed Tuber Production. *Sementi-Elette*, 42(1), 15-20.

- Huamán, Z. (1990). *Botánica sistemática y morfología de la papa*. 2 ed. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. Boletín de información técnica. N° 6. 20 p.
- Krarup, C. y Konar, P. (2004). *Papa. Hortalizas*. Facultad Agronomía, Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Lommen, W. (1993). Effect of Weight of Potato Minitubers on Sprout Growth, Emergence and Plant Characteristics at Emergence. *Potato Research*, 37(3), 315-322.
- Lommen, W. J., y Struik, P. C. (1994). Field Performance of Potato Minitubers with Diferents Fresh Weight and Conventional Seed Tubers: Crop Establishment and Yield Formation. *Potato Research*, 37(3), 301-313.
- Lommen, W. J., y Struik, P. C. (1995). Field Performance of Potato Minituberswith Diferents Fresh Weight and Conventional Seed Tubers: Crop Establishment and Yield Formation. *Potato Research*, 37(3), 301-313.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2014). *Estadística agrícola*. Lima Perú.

- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. 2a ed. Costa Rica. 676 p.
- Moreno, U. (1974) .*Aspectos Fisiológicos de la Producción de “Papas”*. II Curso Internacional de Mejoramiento de Semilla de Papa, UNALM, Lima, Perú. 18 p.
- Negi, S. C., Shekhar, J., y Saini, J. P. (1996). Santadarization of optimum Seed Rate in Potato (*Solanum tuberosum* L.) for Cut and Whole Seed Tubers. *Crop - Research – Hisar*, 11(1), 70-73.
- Ojala, J., Stark, J., y Kleinkopf, G. (1990). Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. *American Potato Journal* (USA), 67:29-42.
- Peña, A. (1999). *Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa*. Red de papa. Corpoica. Colombia.
- SALE, P. (1979). Growth of potato (*Solanum tuberosum* L.) to the small tuber stage as related to soil temperature. *Australian Journal of Agricultural Research* (Australia), 30: 668-675.

- Smith, O. (1968). *Potatoes: production, storing, processing*. Cornell University and the agricultural experiment station. The avid publishing company, Inc. 1st printing. New York, USA. 641p.
- Sierra, C., Rojas, J., Kalazich, J., y Grandon, M. (1989). *Épocas de plantación de papa en la Décima Región de Chile*. Instituto de 80 Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Experimental Remehue Boletín N°145
- Szutkowska, M. (1996). Response of Plants Grown from Various Size Minitubers and from Traditional Seed Tubers to Density of Planting. *Biuletyn Instytutu Ziemiaka*, 47, 65-76.
- Thornton, M., y Neundorfer. (1986). Field Performance of Minitubers as Affected by Size and Greenhouse Harvest Date. *American Potato Journal*, 63(8), 458.
- Vecchio, V., P. Casini, F. Scarpaccini, y A. Pellanda. (1996). Field Productivity of Minitubers of the Cultivar Alba and Performance of Progeny. *Sementi-Elette*. 42(2), 5-10.
- Velázquez J. (2006). *Producción de tubérculo-semillas de papa en la estación experimental Santa Catalina del INIA y su relación con el*

sector semillero nacional INIAP. Estación Experimental Santa Catalina.

Zarzynska, K. (1996a). The Influence of Presprouting of Various Size Minituberson Tuber Yield, its Structure and the Number of Seed Tubers Obtained j from a Unit Area. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 47, 15-24.

Zarzynska, K. (1996b). Productivity of Various Size Minitubers. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 47, 45-54.

ANEXOS

Anexo 1. Datos originales de altura de planta (cm)

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	74,30	69,30	73,90	72,35
t2	77,95	78,05	81,80	83,85
t3	75,00	76,50	80,90	78,35
t4	76,12	76,00	80,30	74,55

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Datos originales de número de tubérculos por planta

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	9,80	11,60	10,00	8,90
t2	8,80	8,20	8,00	8,40
t3	6,90	5,40	7,13	7,10
t4	7,00	5,20	6,90	8,60

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Datos originales de número de tubérculos de primera

N° bloque	Bloque I	Bloque III	Bloque III	Bloque IV
t1	4,40	3,00	4,50	4,00
t2	5,50	4,50	6,00	5,20
t3	6,50	5,00	6,50	4,00
t4	4,00	3,00	4,00	5,20

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Datos originales de número de tubérculos de segunda

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	2,40	3,60	4,60	2,90
t2	3,30	3,80	4,00	3,20
t3	2,40	2,40	5,50	3,10
t4	3,00	2,20	2,90	3,40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Datos originales de rendimiento por planta

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	1 195	1 175	1 001,2	1 145
t2	1 189	865	1 015,2	1 025
t3	865	985	910	990
t4	865	840	910,2	978,3

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Datos originales de peso unitario del tubérculo

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	214,85	200,19	233,22	212,61
t2	214,50	204,17	196,84	198,22
t3	188,53	160,91	223,62	185,11
t4	177,16	176,66	147,52	187,96

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Datos originales de rendimiento

N° bloque	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
t1	44,18	48,68	46,57	47,32
t2	41,52	45,62	46,12	40,14
t3	39,41	36,42	36,15	35,41
t4	36,45	37,42	35,41	34,32

Fuente: Elaboración propia