

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE SEIS GENOTIPOS DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.) EN CUATRO CASERIOS DE LA ENCAÑADA-CAJAMARCA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Albarino Colunche Núñez

ASESORES:

Dr. Víctor Vásquez Arce

M. Sc. Héctor A. Cabrera Hoyos

CAJAMARCA – PERÚ

2014

DEDICATORIA

A MIS PADRES

*Martina Núñez, quien con Infinito
Amor y sacrificio me brindó su total
apoyo y comprensión como ejemplo de
Mujer. A mi padre quien ahora mora en
el cielo eternamente lo llevaré en mí ser.*

MI ETERNA CORRESPONDENCIA

A MIS HERMANOS Y SOBRINOS

*Por guiarme y brindarme el Permanente
apoyo moral y Ser La fuente de Inspiración,
Para superarme día a día y a las personas
Que adoro Mary y Kenny.*

A DIOS TODO PODEROSOS

*Por darme la Oportunidad de llegar
a este momento más feliz de mi vida,
y por cuidar de mi familia.*

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Dr. Víctor Vásquez Arce decano de la Facultad de Ciencia Agrarias por su incondicional apoyo y colaboración, infinitamente e inolvidable por sus conocimientos para poder aprender de sus experiencias, eternamente gracias.

Al Ing. M. Sc. Héctor A. Cabrera Hoyos líder del Programa Nacional Para la Innovación Agraria de Raíces y Tuberosas del INIA, por su excelencia en sabiduría, amistad y apoyo en el presente trabajo.

Al Ing. Rosmeri Pando Gómez y al técnico Reynerio Edgar Abanto Machuca por su desinteresada enseñanza y colaboración en el desarrollo de la tesis, gracias por la oportunidad y por compartir sus conocimientos.

A todos mis amigos y compañeros por brindarme su amistad, optimismo siempre les llevare en mente y mi corazón.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Académico Profesional de Agronomía como aula mater y los docentes que con sus conocimientos y paciencia contribuyen a formar grandes profesionales.

ÍNDICE

Contenido	Página
Dedicatoria	<i>ii</i>
Agradecimiento	<i>iii</i>
Lista de tablas	<i>iv</i>
Lista de figuras	<i>vi</i>
CAPÍTULO	
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Formulación del problema	4
1.2. Objetivo	4
CAPÍTULO	
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Origen e importancia de la papa	5
2.2. Características morfológicas	6
2.3. Composición química del tubérculo	7
2.4. Producción y productividad de la papa	7
2.5. Taxonomía de la papa	9
2.6. Generalidades sobre Parámetros de estabilidad	9
2.6.1. Parámetros de estabilidad	9
2.6.2. Estabilidad.	11
2.6.3. Adaptación	12
2.6.4. Interacción Genotipo-Ambiente (GXA).	14
2.7. Influencia de los factores externos	16
2.7.1. Fertilidad del suelo	16
2.7.2. temperatura	17
2.7.3. Fotoperiodo	17
2.7.4.. Humedad	17
2.7.5. Interacción	17
2.8. Trabajos realizados sobre rendimiento y resistencia a racha	18
CAPÍTULO	
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación geográfica de la investigación	19
3.1.1. Análisis físico-químico del suelo	21

3.2. Materiales	21
3.2.1. Material biológico	21
3.2.2. Características Morfológicas de los genotipos en estudio	22
3.2.3. Materiales de campo	24
3.2.4. Materiales y equipo de gabinete	25
3.3. Metodología	25
3.3.1. Conducción de ensayo	25
3.3.2. Diseño experimental	26
3.3.3. Características del campo experimental	27
3.3.4. Instalación del cultivo	29
3.3.5. Evaluación a registrada	30
3.3.6. Sistematización de datos	31
3.4. Análisis estadístico	31
3.4.1. Análisis individual de varianza	31
3.4.2. Análisis de varianza combinado	32
3.4.3. Prueba de estabilidad	33
3.4.4. Parámetros de estabilidad	33
CAPÍTULO	
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
4.1. Análisis de varianza de rendimiento de seis genotipos por localidad	38
4.1.1. Comparación de medias para los genotipos en estudio	39
4.2. Análisis combinado de varianza	46
4.3.1. Prueba de Cochran	46
4.3. Análisis de los parámetros de estabilidad	49
4.3.1. Rendimiento y parámetros de estabilidad	51
CAPÍTULO	
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1. Conclusiones	53
5.2. Recomendaciones	53
CAPÍTULO	
VI. RESUMEN	54
CAPÍTULO	
VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	55
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tablas	Página
1. Clasificación de genotipos en base a los parámetros de estabilidad	11
2. Características de ocho ambientes, donde fue instalado los genotipos	19
3. Índices climáticos durante ocho años que se presentaron durante el desarrollo del cultivo (2005-2013).	20
4. Análisis físico-químico del suelo	21
5. Genotipos utilizados en el experimento	22
6. Análisis de varianza literal para cada ambiente	32
7. Análisis de varianza literal combinado para el diseño bloque completo al Azar.	33
8. Análisis de varianza literal de parámetros de estabilidad.	36
9. Clasificación de los genotipo para papa en base a los valores de los parámetros	37
10. Análisis de varianza para rendimiento comercial de seis genotipos de papa en ocho ambientes.	38
11. Prueba de Duncan	39
12. Rendimiento totales kg/parcela de seis genotipos de papa en ocho ambientes en los cuatro años.	46
13. Análisis de varianza combinado para los ocho ambientes y cuatro años	47
14. Promedio de rendimiento seis genotipos de papa evaluados en ocho ambientes kg/parcela durante cuatro años	49
15. Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad	50
16. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) y parámetros de estabilidad de 6 genotipos avanzados de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en ocho ambientes del Distrito de la Encañada - Cajamarca	51

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Croquis del campo experimental	28
2. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Clotilde ambiente (A1) campaña 2005-2006	40
3. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Clotilde ambiente (A2) campaña 2005-2006	40
4. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A3) campaña 2006-2007	41
5. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Chaquilpampa ambiente (A4) campaña 2006-2007	42
6. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de dambiente de Santa Margarita (A5) campaña 2007-2008	42
7. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A6) campaña 2007-2008	43
8. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A7) campaña 2012-2013	44
9. Rendimiento promedio (t ha. ⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A8) campaña 2012-2013	44
10. Promedio total de las cuatro campañas	45

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Perú es de importancia, por la superficie que se dedica a la siembra, así como los hábitos de consumo del poblador peruano, es considerado como un cultivo prioritario después del maíz. En el año 2012 se cosecharon 31 mil 232 toneladas con un rendimiento promedio de 12.58 t ha⁻¹. A nivel de la Región Cajamarca el rendimiento fue de 9.9 t ha⁻¹ (MINAG 2012).

Los bajos rendimientos son consecuencia de una serie de agentes fitopatogénicos, destacando entre ellos la ranca causada por *Phytophthora infestans* y las variedades de escasa adaptabilidad a la región, lo cual crea la necesidad de evaluar nuevos genotipos y a través de programas de mejoramiento genético obtener nuevas variedades de adaptación a la región Norte del Perú con la finalidad de poner a disposición variedades de papa para la industria y el consumo del poblador peruano (Vásquez 2013).

Las variedades de papa para el consumo, así como para el uso industrial, deben ser estables en su rendimiento y adaptación y cumplir características de calidad interna y externa, la externa está determinada por los efectos de medio ambiente y genéticos, y entre las características determinadas por efectos genéticos deben presentar yemas (ojos) superficiales y no presentar medula externa e interna vacías (corazón). Otra de las características importantes para el uso industrial son el contenido de materia seca, la cual debe ser mayor del 20 %, y el contenido de azúcares reductores menor a 0.33 % (Cabrera 2013).

Los elementos meteorológicos que influyen sobre el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de la papa son principalmente la temperatura del suelo y aire, radiación solar, fotoperíodo, humedad del suelo y evapotranspiración. El clima determina la longitud del periodo de desarrollo de las plantas y permite establecer las épocas de siembra.

La evaluación de los genotipos en diferentes localidades y campañas, es de importancia para estimar las respuestas genotípicas diferenciales bajo diversas condiciones ambientales. Para la obtención de nuevas variedades es necesario evaluar los materiales en diferentes ambientes y calcular su interacción genotipo x ambientes, la cual da una idea de la estabilidad fenotípica de las variedades ante las fluctuaciones ambientales. La estabilidad se considera como una serie de condiciones intrínsecas de un cultivar que hacen que pueda sortear con menos variaciones entre distintos años las condiciones climáticas de cada ambiente.

La interacción genotipo x ambiente son fuentes importantes de variación en cualquier cultivo y el término estabilidad es usado para caracterizar genotipos que muestran rendimientos relativamente estables, independientemente de las condiciones ambientales cambiantes, por lo tanto, los genotipos con una mínima variación en el rendimiento a través de diferentes ambientes son considerados estables (Cabrera y Vásquez 2013).

Una de las formas de medir la estabilidad en el comportamiento es por medio de un análisis de regresión de los valores individuales en un índice ambiental, definido como el promedio de todas las variedades en el j-ésimo ambiente, menos la media general. Una variedad se considera estable si su coeficiente de regresión igual a uno ($\beta_i = 1$) y una desviaciones de regresión, con valor igual a cero ($S^2d_i = 0$) (Eberhart y Buccio 1966). Este análisis ha sido utilizado con éxito para seleccionar genotipos de papa deseables (Haydar *et al.* 2009).

Los genotipos en evaluación se caracterizan por presentar plantas vigorosas, tallos y hojas verde claro, presentan número de tubérculos comerciales, que varía de: extra, primera y segunda categoría, semi precoces de 140-150 días, resistentes a racha causada por *Phytophthora infestans*, y por lo tanto han mostrado altos rendimientos en evaluaciones de campañas anteriores.

Con el presente trabajo de investigación se evaluaron el rendimiento de seis genotipos durante la campaña 2012-2013. Con el propósito de reportar la evolución de estos materiales, comparando con la información de los datos de cosecha de las campañas 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008 haciendo uso del modelo de (Eberhart y Russell 1966). De esta manera se obtuvo una mejor apreciación de la respuesta de los seis genotipos en los ambientes en estudio.

El desconocimiento acerca de los parámetros de estabilidad de variedades de papa, con relación a rendimiento de tubérculos comerciales de seis genotipos sembrado en cuatro caseríos bajo las condiciones de secano, y su respuesta en ambientes diferentes, de siembra bajo condiciones de ambiente diferentes o debido a que los rendimientos de las variedades no siempre responden de la misma manera en los diferentes caseríos y años teniendo en cuenta, clima y tipo de suelo.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento de los parámetros de estabilidad de seis genotipos de papa evaluados en cuatro caseríos de la Encañada?

1.2. Objetivo

- Evaluar los parámetros de estabilidad seis genotipos de papa con respecto al rendimiento y adaptabilidad, en cuatro localidades.
- Seleccionar genotipos con los mejores rendimientos y más estables.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e importancia de la papa

La papa es originaria de los Andes de América del sur, está posicionada como el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo, después del arroz (*Oriza sativa*), el trigo (*Triticum aestivum*) el maíz (*Zea mays*) se considera como fuente potencial en la nutrición, importante en la agricultura, economía y seguridad alimentaria (FAO 2008). Es un alimento de aceptación por su alta calidad, destacándose por su capacidad para cubrir los requerimientos energético y de nutrientes en los países en desarrollo (Agrocadenas 2006).

Este tubérculo cuenta con una relación favorable entre el contenido de calorías (proteína versus caloría) totales, además de vitaminas, especialmente la vitamina C, aminoácidos esenciales como la lisina (AA) y minerales principalmente fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) (Caldiz 2007). Por su parte, Ochoa (1999) indica que el Perú es el lugar de origen y domesticación de la papa cultivada, y la tierra nativa de sus especies ancestrales, estrechamente relacionadas. Indica además que las especies silvestres (alrededor de 200) constituyen un potencial genético para el mejoramiento de las cultivadas.

El cultivo de la papa ha venido evolucionado hace aproximadamente 8 000 años en la cordillera de los Andes y fueron encontrados durante unas excavaciones realizadas en las cercanías del pueblo de Chilca, al sur de Lima, en el año de 1976, encontrándose dispersa desde el norte de Bolivia hasta el suroccidente de Venezuela, extendiéndose por los territorios del Perú, Ecuador y Colombia (Huamán y Spooner 2002).

Este tubérculo es un alimento de interés por lo que desde su descubrimiento se han desarrollado técnicas avanzadas para su mejoramiento genético, selección y almacenamiento, llegando a obtener lo que hoy conocemos como papa a través de los años, este tubérculo ha sido catalogada como “alimento del pueblo” y actualmente tiene importancia a nivel mundial (FAO 2008).

2.2. Características morfológicas

Es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los rizomas que nacen del tallo principal. Los rizomas que son tallos laterales que se forman en los nudos que crecen de bajo del suelo, con crecimiento diageotrópico, entrenudos largos y cuya punta termina en un gancho cuando se desarrolla los tubérculos, lo hacen desde la región suba pical del rizoma y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo. Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias. Las hojas son alternas las primeras tienen aspecto simple vienen después de las hojas compuestas imparipinadas con tres pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal entre las hojuelas laterales hay hojuelas en segundo orden (Alvares 2006).

Las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola de color blanco a púrpura con cinco estambres, anteras de color amarillo fuerte o anaranjado que por supuesto producen polen. Las raíces se desarrollan principalmente en el verticilo en los nudos del tallo principal su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable, luego horizontal de 25 a 50 cm, papa posee un sistema radicular fibroso ramificado (Moenne 2008).

2.3. Composición química del tubérculo

El tubérculo es en su mayoría agua 80 % aproximadamente, y 20 % sólidos. De los 20 gramos de sólidos 18 son hidratos de carbono (almidón, celulosa, glucosa, sacarosa y pectinas) y los 2 gramos restantes son compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos y enzimas), vitaminas y minerales (André *et al.* 2007). De todos los compuestos anteriores el almidón constituye el 60 al 80 % del peso seco del tubérculo y la variación de este atribuye principalmente a factores genéticos y a condiciones climáticas los azúcares ocupan una fracción baja (3 %) sobre el contenido total de la materia seca (Zambrano *et al.* 2010).

Aparte de vitaminas y minerales, los tubérculos contienen otros fitonutrientes dentro de los que se incluyen los polifenoles, flavonoides, antocianinas, ácidos fenólicos, carotenoides, polimininas y tocoferoles, entre otros (Navarre *et al.* 2009). La composición de los tubérculos se encuentran íntimamente relacionada con diversos factores como son: clima, los sistemas de manejo, el periodo de siembra, la zona de procedencia, la fisiología, el almacenamiento y el estado de post-cosecha (Bonierbale *et al.* 2004).

2.4. Producción y productividad de la papa

En América Latina, Perú y Brasil son los principales productores de papas, con más de 3,3 millones de toneladas por año en áreas de 319 y en 142 mil hectáreas, respectivamente; Chile es el sexto productor, con más de 800 mil toneladas, sobre 50 mil hectáreas; Argentina, Guatemala y México presentan la más alta productividad de América Latina, con 28,7, 27,3 y 27,1 t ha⁻¹ respectivamente (Eguillor 2010).

En Cajamarca, la producción, a diciembre del 2012, registró 31 mil 232 toneladas y aumentó en 13,1 %, respecto al nivel reportado en diciembre de 2011, que fue 27 mil 604 toneladas; siendo una de las principales regiones en producción de papa, esto es atribuible principalmente a menores superficies cosechadas; en cuanto a la productividad es de 9.9 t ha⁻¹ (MINAG 2012).

Según la, Dirección Regional de Agricultura Cajamarca, la producción en Toneladas Métricas en el 2012 en las provincias es la siguiente: Cutervo 100 439, Chota 58643, Cajamarca 33 358 t ha⁻¹, Celendín 47 738, Santa Cruz 19 966, Hualgayoc 18 661, San Marcos 12 360, San Miguel 7 646, Cajabamba 5 110, Jaén 2 325, San Pablo 2 005, Contumazá 1 334 y San Ignacio 135; es decir somos la región que produce más de 300 000 toneladas de papa al año.

En el Perú el rendimiento promedio del cultivo de la papa se incrementó de 11.5 toneladas por hectárea, en la campaña 2006-2007, a 11.9 t ha⁻¹. En la campaña 2011 el rendimiento promedio de papa fue de 12.6 t ha⁻¹ en el mismo año en Cajamarca fue de 9.9 t ha⁻¹ es uno de los Departamentos con mayor superficies sembrada de papa, de la región norte, comprendiendo 29 722 t ha⁻¹, de las que aproximadamente el 34 % se encuentra ubicadas en zonas endémicas a rancho (MINAG 2011).

En los últimos años menciona que la papa es sin duda uno de los cultivos más importantes del país en términos de área sembrada (260,000 ha/año), número de productores que depende de ella (600,000), aporte a la economía nacional (11 % del PBI agrícola) y dieta humana (consumo promedio de 68.4 kg/hab./año. La papa se produce en 19 de los 24 departamentos del Perú, lo cual demuestra su plasticidad en términos de adaptación. Como centro de origen de la papa, el Perú mantiene una cultura de diversidad; por ello, en la sierra, hoy en día es común encontrar una agrícola mixta con variedades nativas y mejoradas (MINAG 2012).

2.5. Taxonomía de la papa

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Sección: Petota

Serie: Tuberosa (o serie IX) (Huamán 1986).

2.6. Generalidades sobre Parámetros de Estabilidad

2.6.1. Parámetros de Estabilidad

Yates y Cochran (1938) son los quienes aplicaron el análisis de regresión en una red de experimentos con localidades, años y cultivares. Este procedimiento analiza los rendimientos promedio de cada cultivar por localidad con los rendimientos promedios de las localidades, este modelo permaneció sin utilizarse hasta que Finlay y Wilkinson (1963), lo aplicaron al estudiar la estabilidad de 277 cultivares de cebada que en aquel entonces componían la colección Mundial, explicando desde un punto de vista práctico, la adaptabilidad y comportamiento de cada cultivar.

Estos autores estimaron la regresión del promedio del rendimiento de cada cultivar en cada localidad con respecto al promedio de rendimiento de todos los cultivares ensayados en cada uno de las localidades, e interpretaron los resultados bajo los siguientes criterios: 1) si el coeficiente de regresión es igual a cero, esto significaba que el cultivar no respondía a ningún cambio del medio ambiente, 2) si el coeficiente de regresión es igual a uno este indicaría que un cultivar se comportaba como el promedio de todas ellas en cada localidad, un caso difícil pero más probable que el anterior, 3) si el coeficiente de regresión se encontraba entre cero y uno representa una variedad muy estable, que responde a los cambios del medio ambiente, pero en pequeña escala, 4) si el coeficiente de regresión fuese superior a uno, esto significa que la variedad es muy sensible a los cambios del ambiente y puede calificarse como inestable.

Eberhart y Russell (1966) desarrollaron algunas modificaciones como base el procedimiento de regresión de Finlay y Wilkinson (1963) y desarrollaron algunas modificaciones, las cuales consistieron en utilizar como variable independiente las desviaciones de las medias de todas las variedades en cada ambiente con respecto a la media general, a estas desviaciones les llamaron índices ambientales, contra los cuales se corrió la regresión de las medias de cada variedad en cada ambiente tomadas como variable dependiente. Se considerará como una variedad estable a aquella con un coeficiente de regresión igual a uno y poca desviación de las observaciones reales a la recta de regresión ajustada, proponiendo así los estimadores conocidos como parámetros de estabilidad.

Estos parámetros de estabilidad son el coeficiente de regresión (b_i), que mide la respuesta de la variable dependiente (carácter deseado) por cada unidad de cambio de la variable independiente (índice ambiental) y las desviaciones de regresión (S^2_{di}) que corresponde a la proporción en que la respuesta estimada está de acuerdo con la respuesta observada incluyendo las interacciones genotipo-ambiente, indicando si los rendimientos del genotipo son o no predecibles (consistentes ó inconsistentes) (Ebert y Russell 1966).

Carballo y Márquez (1972) para una mayor interpretación de los resultados del método propuesto por Eberhart y Russell (1966), propuso una clasificación en base a los valores obtenidos en los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión clasificando así a las variedades en base a su consistencia (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de genotipos para papa en base a los valores de los parámetros b_i y S^2_{di} propuestos por Eberhart y Russell (1966), en base a su consistencia ó inconsistencia.

Categoría	PARÁMETROS			Clasificación
	b_i	S^2_{di}		
a	=	1	= 0	Genotipos estables consistentes
b	=	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en todo los ambientes pero inconsistentes
c	<	1	= 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes desfavorables y consistentes
d	<	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistentes
e	>	1	= 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes
f	>	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes favorables pero inconsistentes

b_i = coeficiente de regresión, S^2_{di} = Desviación de regresión

Vásquez (1988) manifiesta a los parámetros de estabilidad como la descripción del comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes en función a sus características agronómicas como: altura de planta, diámetro de tallo principal, número de tubérculos por planta, peso comercial y no comercial de tubérculos, resistencia a enfermedades y plagas. Razón por la cual es importante investigar bajo diferentes ambientes y en diferentes años, esto es el espacio y tiempo (lugares y años) los genotipos, a fin de determinar los de más alto rendimiento y mayor estabilidad.

2.6.2. Estabilidad

Evenson *et al.* (1978) define estabilidad como el comportamiento de un genotipo con respecto a aquellos factores del ambiente que varían de una localidad a otra, estableciendo que mientras más estable es un genotipo, menos sensitivo es su comportamiento a los cambios ambientales dentro de una determinada localidad, y cada genotipo alcanza su máximo comportamiento biológico en un ambiente particular que puede determinarse como óptimo.

Por su parte, Laing (1978) definió la "estabilidad" como el comportamiento relativo de un cultivar (genotipo) ante las variaciones de las condiciones ambientales a través del transcurso del tiempo en cualquier localidad. Eberhart y Russell (1966) consideraron que los genotipos estables son aquellos que presentan una baja interacción con el ambiente en el cual se desarrollan.

En cuanto a la base genética molecular de la estabilidad en el comportamiento de cultivares, se ha encontrado que el éxito en la selección de genotipos "estables" en diferentes ambientes, depende del grado en que dicha característica sea controlada por genes. Langer et al. (1978) mencionaron que el grado de control genético de la respuesta y la estabilidad del comportamiento de los cultivares a las variadas condiciones ambientales están relacionadas íntimamente.

Diferentes autores han encontrado que la estabilidad de la producción en cultivos como cebada, maíz, trigo y cultivos forrajeros, entre otros, es heredable Eberhart y Russell (1966). De allí, que el conocimiento de los mecanismos que promueven la estabilidad en el rendimiento de las plantas, haya permitido el desarrollo de conceptos tales como "amortiguación individual" y "amortiguación poblacional" que intentan explicar el comportamiento de los genotipos en diferentes ambientes.

2.6.3. Adaptación

Según Sevilla y Holle (1995) manifiestan que la adaptación es un conjunto de cambios heredables que se producen en una población de una especie, en respuesta a modificaciones de ambiente donde se desarrolla y produce. Comprende una serie de combinaciones de caracteres, que aumentan la probabilidad de un organismo para sobrevivir y reproducirse en un ambiente específico. Todos los cambios adaptivos heredables son cambios evolutivos, en el sentido que modifican irreversiblemente la estructura y función de una especie. Esta se debe distinguir de la adaptación fenotípica no heredables o aclimatación,

que es resultado de la respuesta del individuo al ambiente, sin ser acompañado de un cambio en el

genotipo; la capacidad de aclimatación en mayor o menor grado y tiempo es gobernada genéticamente.

Cuando un grupo de genotipos es evaluado en distintas condiciones ambientales, (años, localidades, y/o épocas de siembra), puede presentar dos tipos de adaptación, general o específica. un cultivar tiene adaptación general cuando muestra un mejor comportamiento relativo en la mayoría de los ambientes en los que es evaluado. Por el contrario, un cultivar presenta adaptación específica cuando muestra un mejor comportamiento en determinado ambiente en donde fue evaluado (Ceratta *et al.* 1998).

Por otro lado la adaptación se define como es el comportamiento relativo diferencial de un cultivar en distintos ambientes de evaluación está dado por la presencia de interacción genotipo (Fox *et al.* 1997), que es respuesta diferencial de un genotipo en cada uno de los ambientes a los cuales es sometido (Vargas *et al.* 1999).

La caracterización de la interacción genotipo ambiente (IGA) es necesaria para comprender la adaptación de los cultivos debido a que desde el punto de vista biológico, el estudio de adaptación trata de comprender el fenómeno por el cual la expresión de fenotipos superiores resulta de la continua IGA a través del tiempo (Van Eeuwijk y Ceratta *et al.* 1998). Cuando el cultivo de papa es llevado a cabo en muchos climas del mundo a excepción de las zonas bajas de la franja tropical; en zonas tropicales y subtropicales los rendimientos son bajos y menos estables que en zonas templadas (16 a 22 °C). En consecuencia el cultivo de papa se adapta desde 0 a 4000 msnm; presentando un mejor rendimiento entre 2000 a 3800 msnm, con temperatura que fluctúan entre 10 a 20 °C, temperatura por debajo o encima del rango dificulta al rendimiento; requiere de suelos con buena

estructura, aireación, materia orgánica y permeabilidad, con una humedad de 60 a 80 % (Egusquiza y Lopez 1980).

En cuanto a los requerimientos de luz, mientras mayor sea la intensidad de la luz, mayor es la fotosíntesis. La relación entre el desarrollo del follaje y el crecimiento de los tubérculos se ve favorecido por estímulos con nitrógeno, días largos, temperatura elevadas y alta humedad (Vásquez 1996).

2.6.4. Interacción genotipo-ambiente (GXA).

Según Kang (2003) menciona que la Interacción Genotipo x Ambiente (IGA), entendida como un cambio del comportamiento relativo de los genotipos a través de ambientes cambiantes, causa confusión en la estimación de parámetros genéticos reduce la respuesta a la selección y dificulta la identificación de genotipos superiores; su análisis e interpretación permite: identificar mega-ambientes al detectar genotipos estables en un grupo de ambientes diferentes o con mayor rendimiento en uno de estos, proponer estrategias de mejoramiento genético y generar tecnología que permita a los agricultores elegir la mejor variedad en una región o para sus condiciones ambientales y de manejo agronómico.

Por su parte Márquez (1994) define que la interacción genotipo-ambiente (GxA) no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes. Por tanto los cambios que surgen en el ordenamiento de los cultivares al cambiar de un ambiente a otro indican la presencia de GxA y la ausencia de Estabilidad para el carácter en cuestión. Como resultado de estos cambios un genotipo es capaz de producir varios fenotipos y reducir la correlación entre genotipo y fenotipo. Para la determinación de la interacción G X A, los genotipos deben ser evaluados en diferentes localidades, años e incluso épocas.

El comportamiento diferencial de los genotipos en los diversos ambientes es debido a la interacción genotipo ambiente, dificultándose la selección de los que están ampliamente adaptados como los más estables (Duarte y Vencovsky 1999). Por otro lado la presencia de la relación genotipo ambiente GXA afecta las estimativas de la varianza genética y por ende sobrestima la ganancia genética esperada por selección, afectando negativamente el éxito de los programas de mejoramientos (Vásquez 1988).

La ocurrencia a menudo de la interacción genotipo ambiente en este tipo de experimentos exige la realización de estudios adicionales con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica (Yang Y Baker 1991). Esta interacción es frecuentemente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, y cuando ésta ocurre en proporción reduce el progreso genético de la selección (Magari y Kang 1993).

Según Yan y Hunt (2001) el término interacción genotipo x ambiente por lo general se refiere a la variación en la producción que no puede ser explicada por el efecto principal del genotipo (G) y el efecto principal del ambiente (A). La existencia de la interacción genotipo x ambiente frecuentemente dificulta los progresos en los programas de mejoramiento genético ya que complica la evaluación y selección de los genotipos superiores.

Contreras y Vásquez (2006) estimaron los parámetros de estabilidad utilizando el modelo Eberhart y Russell en (1966), propusieron un modelo para medir la estabilidad genética de los vegetales, el que está basado en la técnica estadística de regresión lineal y para lo cual consideraron dos parámetros: la pendiente de la recta de regresión lineal (β_i) y la varianza de las desviaciones de la recta de regresión (S^2_{ij}). El modelo propuesto por (Eberhart y Russell 1966); es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} \begin{cases} i = 1, \dots, v \\ j = 1, \dots, n, \text{ donde,} \end{cases}$$

μ_i = es la media de la i-ésima variedad sobre todos los ambientes; β_i = es el coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i-ésima variedad en varios ambientes; δ_{ij} = es la desviación de la regresión de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente; I_j = índice ambiental obtenido del promedio de todas las variedades en el ambiente k menos el promedio general (Eberhart y Russell 1966).

2.7. Influencia de los factores externos

2.7.1 Fertilidad del suelo

El suelo debe tener nutrientes disponibles en la cantidad necesaria y el tiempo oportuno, de acuerdo a los requerimientos para cada una de las fases de su desarrollo del cultivo. De no ser así, el crecimiento y desarrollo serán deficientes. El cultivo de papa tiene una mayor necesidad de nutrientes al inicio de la tuberización hasta finalizar la floración (Montalvo 1984).

2.7.2. temperatura

Esta afecta el metabolismo porque casi todas las actividades fisiológicas descansan en reacciones termoquímicas. Cada proceso o función requiere una temperatura diferente. Así la respiración es óptima en papa varía entre 16 y 25 °C; pero la materia seca se produce rápidamente a 20 °C en la cual la tasa fotosintética es alta, en cambio la respiración es baja (Bazan 1989).

2.7.3. Fotoperiodo

Las horas de luz presentan una fuerte influencia durante el crecimiento del follaje y los rizomas, la floración y la tuberización. La mayor parte de variedades y especies crecen más en días largos y menos en días cortos. Estos últimos al no reducir los productos totales de la fotosíntesis presentan una tuberización temprana, en consecuencia también se adelanta la madurez (Montalvo 1984).

2.7.4.. Humedad

La fotosíntesis y la respiración dependen del estado hídrico de la planta, en consecuencia su crecimiento y desarrollo. De esta dependen todos los procesos metabólicos, desde simples cambios en las reacciones enzimáticas hasta marchites permanente y muerte de la planta. La necesidad de precipitación es mayor al inicio de la tuberización hasta aproximadamente 20 días antes de la cosecha; sin embargo en nuestra región la precipitación anual oscila entre 700 a 800 mm (Rojas 1979).

2.7.5. Interacción

Todos los factores ambientales o estímulos externos (frío, calor, luz, humedad, etc.) que gobiernan en el desarrollo vegetal interactúan de modo complejo, convirtiéndose en estímulos químicos (hormonal, enzimático, etc.) con lo cual la relación ecológica queda transformada en efectos metabólicos o fisiológicos (Rojas 1979).

2.8. Trabajos realizados sobre rendimiento y resistencia a rancha

En el marco, de Cajamarca a 2600 msnm y en Porcon Alto a 3500 msnm, se evaluaron 110 clones y 24 variedades de papa, con la finalidad de validar su comportamiento frente a la rancha. En estas condiciones se seleccionaron los clones 387164.7, 393046.7, 393371.58, 393042.50, 393072.5 por sus altos rendimientos que van de 1,0 a 1,3 kg por planta y con valores de “area debajo de la curva del progreso de la enfermedad” (AUDPC) bajos, que van desde 0.67 a 95.67; superando a la variedad Yungay (testigo), quien presento un valor de AUDPC que va desde 697.67 a 893.33 con rendimientos de 0,5 a 0,7 kg por planta (Roncal 1999).

En Chiara, Ayacucho a 3520 msnm, se evaluaron 33 clones. Durante la campaña agricola 1998-1999; la rancha se presento en su maxima expresion llegando a dañar hasta un 100 % del follaje y un 60 % de los tuberculos en los genotipos susceptibles. Bajo estas condiciones fueron seleccionados los genotipos H-C-4 (20 t ha⁻¹), 386650.2 (16 ha⁻¹), 862108 (15 ha⁻¹) y 384893.1 (14 ha⁻¹), quienes presentaron un daño de 10-20 % de area foliar, y buena calidad comercial (Morote 2000).

Durante la campaña 2005-2006 un estudio de evaluación y selecciono de genotipos avanzados de papa para resistencia a rancha realizado, por el Programa Nacional de Papa (PNP), de la Estacion Experimental Baños del Inca; en la localidad de Santa Clotilde, se encontro que los genotipo: CAJ004.4, CAJ010.4 y 96CLB1.8, presentaron los rendimientos mas elevados del ensayo con (51.05, 41.45 y 30,16 ha⁻¹) respectivamente, ademas estos presentaron 1 % de infeccion por la enfermedad de la rancha (Memoria anual -INIA 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica de la investigación

El presente estudio ha sido conducido en los caseríos de Santa Clotilde, Santa Margarita, Santa Rosa y Chaquilpampa, localizados en el Distrito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas geográficas son: 78° 8' 34" de latitud Sur y 78° 24' 21" de longitud Oeste, a una altitud que esta entre 2962 msnm a 3175 msnm con una temperatura promedio de 13.23 °C, humedad relativa promedio de 75.12 % y una precipitación de 97.58 mm; los principales índices meteorológicos que se presentaron durante la conducción del experimento, fueron tomados de la estación meteorológica la Encañada, ubicada a 2950 msnm, y en las coordenadas 7° 7' 7" de latitud Sur y 78° 19' 19" de longitud Oeste.

Tabla 2. Características de ocho ambientes, donde fue instalado los genotipos de papa, usados para la evaluación durante cuatro años y dos ambientes por año.

Ambiente	Localidad	Altitud (msnm)	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
A1	Sta. Clotilde	2962	02/12/2005	04/05/2006
A2	Sta. Clotilde	2962	20/12/2005	04/05/2006
A3	Sta. Margarita	3050	23/11/2006	02/05/2007
A4	Chaquilpampa	3175	23/11/2006	02/05/2007
A5	Sta. Margarita	3050	13/12/2007	16/05/2008
A6	Sta. Margarita	3050	13/12/2007	16/05/2008
A7	Sta. Margarita	3050	05/12/2012	12/05/2013
A8	Sta. Rosa	3000	05/12/2012	12/05/2013

Tabla 3. Índices climáticos de la Encañada durante ocho años que se presentaron durante el desarrollo del cultivo los (2005-2013).

Años	Temperatura			precipitación (mm)	Humedad (%)
	Maxima C°	Minima C°	Media C°		
2005-2006	18.97	7.84	13.41	94.00	67.00
2006-2007	18.69	7.75	13.22	66.40	65.00
2007-2008	18.55	7.50	13.03	96.80	70.00
2008-2009	17.33	7.14	12.24	153.60	88.00
2009-2010	18.38	7.60	12.99	140.48	84.00
2010-2011	18.78	7.53	13.16	52.00	72.00
2011-2012	19.30	7.90	13.60	97.36	80.00
2012-2013	19.90	8.62	14.26	80.00	75.00
Promedio	18.73	7.73	13.23	97.58	75.12

Fuente: SENAMHI (2013), Estación Meteorológica, La Encañada.

En la (Tabla 3) se observa el índice de la temperatura registrados durante ocho años: entre (2005-2013) presentando un rango de temperatura media con promedio de 13.23 °C, precipitación pluvial promedio de 97.58 mm y una humedad relativa de 75.12 %. El cual indica que la época de los años en la cual se ha conducido los experimentos fue favorables para la producción del cultivo de papa.

3.1.1. Análisis físico-químico del suelo

Se determinó en el laboratorio de análisis de suelos de la Estación Experimental Baños del Inca; la muestra de suelo se tomó 45 días antes de la instalación del experimento que se realizó en las campañas siguientes: (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis físico-químico del suelo

Caserio	Campaña	Textura	Determinación y Resultados				pH	M.O	Dosis de Fertilización (N-P-K)
			N Disponible (%)	P (ppm)	k (ppm)				
Sta. Clotilde	2005-2006	Franco, arenoso	0.25	10.06	250	5	4.7	130-140-110	
Chaquilpampa	2006-2007	Franco, arcilloso	0.19	32.4	210	4.2	2.7	150-90-110	
Sta. Margarita	2007-2008	Franco, limoso	0.21	11.86	300	6	2.9	150-150-105	
Sta. Rosa	2012-2013	Franco, arenoso	0.159	47.7	250	5	3.5	140-85-110	
Métodos		Hidrómetro	Microkjeldahl	Olsen	Fotómetro	Potenciómetro	Walkley-black		

Fuente: INIA (2013), Estación Experimental Baños del Inca.

En la tabla 4 podemos indicar que los suelos presentan un pH que va en un rango de (4.2-6) acorde al cultivo, alto en M.O, ligeramente alto en N, el contenido P es de medio a alto y K disponible con un contenido alto.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

El material biológico utilizado comprendió: 6 genotipos promisorios de papa, con los siguientes códigos de identificación: CAJ004.4, CAJ010.5, CAJ003.4, CAJ010.1, CAJ010.5 y la variedad Canchan; los tubérculos semilla utilizados fueron provenientes de la Estación Experimental Agropecuaria Baños del Inca Cajamarca-INIA.

A los genotipos de papa utilizados, se le asignó un número (clave), mediante el cual se representó en los tratamientos por bloques.

Tabla 5. Genotipos utilizados en el experimento

Claves	Genotipos	Pedigre
1	Canchan	BL-1.2 x Murillo III-80
2	CAJ004.4	392657.8 x E (18) x BulkB
3	CAJ010.5	61T.5 x Bulk1 (4) BulkA
4	CAJ003.4	61T.5 x Bulk1 (1) BulkA
5	CAJ010.1	61T.5 x Bulk1 (4) BulkA
6	CAJ010.4	61T.5 x Bulk1 (4) BulkA

Fuente: (INIA 2013). Estación Experimental Baños del Inca

3.2.2. Características morfológicas de los genotipos en estudio

Canchan - INIA

Es el resultado del cruce de BL-1.2 x Murillo III-80: N° CIP 380389.1; se adapta en la sierra central hasta 2700 msnm y costa central. Canchan–INIA presenta plantas vigorosas, tallos y hojas verde claro, flores color lila, es de escasa floración y fructificación; su periodo vegetativo es de 120 - 130 días, su rendimiento promedio es de 30 t ha⁻¹. Presenta tubérculos redondos de ojos superficiales, con un color de piel rojo y pulpa blanca; tiene 25 % materia seca y 1.1 de peso específico, por lo cual presenta buena aptitud para fritura; es susceptible a racha, medianamente susceptible a Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*) y a pierna negra (*Erwinia carotovora spp atroseptica*) (INIA 1990).

CAJ004.4

Es el resultado del cruce 392657.8 x E (18) x BulkB este genotipo, en su mayoría presenta un hábito de crecimiento semi-erecto; forma de hoja fue disectada, color y forma de alas del tallo (pigmentado con poco verde, recto), grado de floración moderada), color y forma de la corola (violeta, rotada), color de cáliz (pigmentado con abundante verde), la baya presenta un color verde con áreas (pigmentadas, globosa), color de piel y pulpa del tubérculo (negruzco crema), color de brote (violeta).

CAJ010.5

Es el resultado del cruce de 61T.5 x Bulk1 (4) BulkA; presenta un hábito de planta (semi-erecto), hojas, tallos y cáliz color verde, grado de floración (moderada), color y forma de la corola (morado, rotada), color y la forma de baya (verde con bandas pigmentadas, globosas), color de piel y pulpa del tubérculo (rojo-morado, blanco) y color del brote es de color (morado).

CAJ003.4

Este genotipo es el resultado del cruce de 61T.5 x Bulk1(1) BulkA; presenta un hábito de la planta (erecto) , tipo de disección (disetada), color de tallos y forma de alas del tallo (verde, ondulado), el grado de floración (moderada-profusa), forma y color de la corola (rotada ,morada), color cáliz (verde con abundantes manchas), color y forma de baya (verde, globosa), color de piel y pulpa del tubérculo (rojo, crema) y color de brote (morado).

CAJ010.1

Es el resultado de 61T.5 x Bulk1(4) BulkA; este genotipo presenta un habito de planta (semi-erecto), tipo de disección (disectada), color y forma de alas del tallo (pigmentado con abundante verde), grado de floración (moderada-profusa), color y forma de la corola (lila, rotada), color del cáliz (pimentado con abúndate verde), color y forma de baya (verde, globosa), color de piel y pulpa del tubérculo (negruzco y crema) y color de brote (violeta).

CAJ010.4

Es el resultado de del cruce de 61T.5 Bulk1(4) BulkA; Presenta un habito de planta (semi-recto), tipo de disección (disectada), color y forma de las alas del tallo (pimentado con abundante verde, ondulado), grado de cloración (moderada-profusa), color y forma de la corola (blanco, rotada), color de cáliz (pimentado con abundante verde), color y forma de baya (verde, globosa), color de piel y pulpa del del tubérculo (rojo , crema) y color de brote (morado).

2.2.3. Materiales de campo

Equipos

Altímetro, balanza y Cámara fotográfica

Insumos

Abono químico (urea 45 %, Superfosfato triple de calcio 46 % y Cloruro de potasio 62 %), abono orgánico (Gallinaza: 1.5 de N, 1.1 de P, 60 % M.O), habiendo utilizado 67 kg en todo el experimento), Pesticidas (Fungicidas, Insecticida y Adherente).

Herramientas para la colección

Zapapico, estacas, cal, cordeles, Bolsas de papel wincha, etiquetas, lápices, sacos, y rafias.

3.2.4. Materiales y equipo de gabinete

Los materiales en gabinete los cuales se utilizaron en el trabajo de investigación, es el siguiente:

Libros de estadística

Calculadora, computadora

Programa del SAS

3.3. Metodología

El estudio fue instalado en cuatro caseríos que comprenden al distrito de la Encañada-Cajamarca tales como: Sta. Clotilde campaña 2005-2006 (L1 y L2); Sta. Margarita campaña 2006-2007; (L3), campaña 2007-2008 (L5 y L6) y campaña 2012-2013 (L7); Chaquilpampa campaña 2006-2007 (L3); Sta. Rosa campaña 2012-2013 (L8). Para evaluar el rendimiento de tubérculo comercial de seis (6) genotipos de papa. Así mismo, se tomaron datos de experimentos que fueron conducidos en campañas anteriores que están entre los años (2005-2008), formando un total de cuatro campañas y ocho localidades. Los datos acopiados serán analizados mediante el modelo de Eberhart y Russell (1966) a fin de determinar los genotipos estables y consistentes.

3.3.1. Conducción de ensayo

El manejo del cultivo tales como: siembra, deshierbos, aporques, controles fitosanitarios y cosecha se hizo en forma similar a la tecnología de los agricultores de la zona. Los experimentos de las campañas anteriores también han sido conducidos acorde a la tecnología de ellos.

3.3.2. Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones en las dos localidades. Así mismo, los experimentos anteriores también fueron conducidos bajo estos mismos diseños antes mencionados. Para el presente trabajo se realizó el análisis de varianza individual, análisis combinado (ambientes, Años, genotipos y la interacción genotipo x localidad, genotipo x años y Años x localidad x genotipos) y análisis de parámetros de estabilidad como una forma de medir los efectos de medio ambiente. En la figura 1 se muestran las características del diseño experimental.

3.3.3. Características del campo experimental

Bloques

Número	3
Ancho	3 m
Largo	24 m
Área	72 m ²

Parcela

Numero de parcelas por bloque	6
Surcos por parcela	4
Largo de parcela	3 m
Ancho de parcela	4 m
Numero de golpes por parcela	40
Distanciamiento entre golpes	0.30 m
Distanciamiento entre surcos	1.00 m
Área de parcela	12 m ²
Numero de surcos a evaluar	2
Área neta del experimento por parcela	6.00 m ²

Calles

Número de calles	2
Ancho de calle	1.00 m
Largo de calle	26.00 m
Distanciamiento del bloque al borde	0.50 m
Área total del experimento	338 m ²
Área total	300 m ²

Croquis del campo experimental.

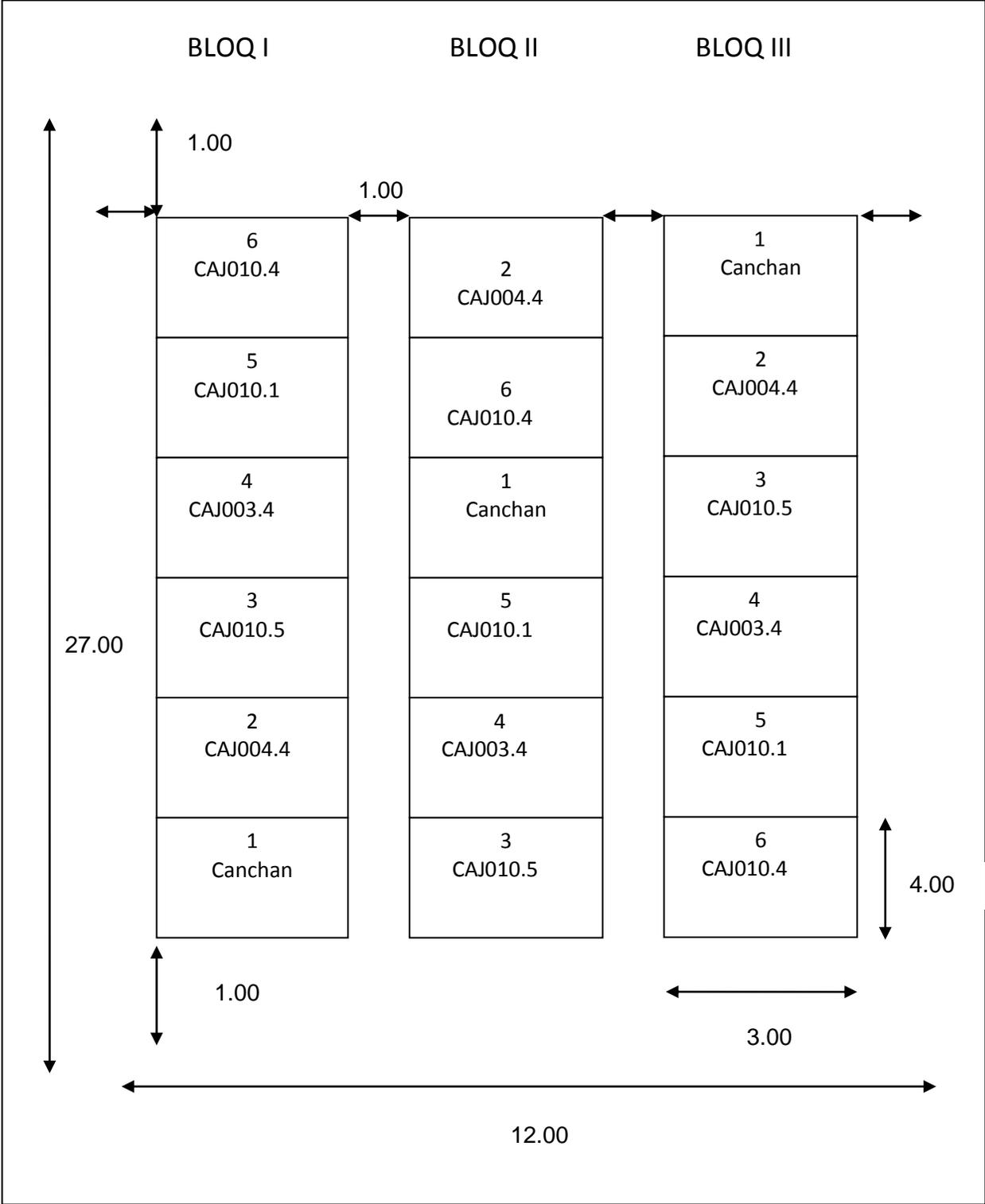


Figura 1. Croquis y distribución de tratamientos en el campo experimenta

3.3.4. Instalación del cultivo

Preparación de las semillas. En el almacén de la EEA Baños del Inca, se seleccionó y se procedió a contar los tubérculos (con brotamiento múltiple) de 6 genotipos, los que fueron colocadas en jabs de madera debidamente identificadas, para luego ser transportadas al campo definitivo.

Preparación del terreno. Esta labor agrícola se realizó antes de la siembra con yunta y comprende la remoción, aradura, cruza y surcado del suelo.

Siembra. Fue realizado el 05 de diciembre del 2012, de forma manual, instalándose los genotipos según el diseño experimental; sembrando un tubérculo por golpe a una distancia de 1.00 m entre surco y 0.30 m entre plantas. La densidad de siembra fue de 40 tubérculos por parcela.

Fertilización. Esta labor se realizó al momento de la siembra, los nutrientes fueron aplicados de acuerdo al análisis del suelo, el 50% del nitrógeno junto al fósforo y Potasio al momento de la siembra y el otro 50 % al deshierbo.

Deshierbo. Se realizó con lampa, removiendo alrededor de las plantas, a los 34 días después de la siembra, tiempo en el cual se aplicó la segunda fertilización nitrogenada.

Aporque. El aporque se hizo a los 17 días después del deshierbo, y consistió en cubrir con tierra la base de la planta, brindando de esta manera una mejor protección de los tubérculos contra plagas y enfermedades, así como para una mejor tuberización.

Control fitosanitario. Esta actividad se realizó con el fin de prevenir posibles infestaciones de plagas y enfermedades para lo cual se realizaron cuatro controles, utilizando los siguientes productos: Antracol PM se aplicó para prevenir y homogenizar a los tratamientos frente a la Ranca *Phytophthora infestans*, a una dosis de 30 g por 15 litros de agua, Furan se aplicó para matar plagas. A la dosis de 25 ml por 15 litros de agua, a ambos productos se adicionó un adherente Citowet, los cuales fueron aplicados a los 45 días de haberse sembrado.

Cosecha. Días antes a esta actividad, se muestreo los tubérculos por cada bloque, para determinar la madurez y fijar la fecha de cosecha. La cosecha se realizó el 07 de mayo del 2013 a los 151 días después de la siembra, esta labor se realizó en forma manual para evitar dañar a los tubérculos que fueron evaluados.

3.3.5. Evaluaciones registradas

Todas las evaluaciones, sean estas cuantitativas o cualitativas, se realizaron en las plantas de los dos surcos centrales de cada tratamiento.

Emergencia. Se determinó contando el número de plantas emergidas a los 30 días después de la siembra, contando las plantas que se estuvieron sobre la superficie del suelo.

Altura de planta

Se evaluó la altura de planta a los 110 días después de la siembra.

Durante la cosecha. Se evaluaron: número de tubérculos por planta en cada tratamiento después de la cosecha, selección de tubérculos comerciales (libre de enfermedades y plagas), Peso de tubérculos: a la cosecha se realizó el peso total de tubérculos por planta de cada tratamiento y el peso de tubérculos comercial y no comercial.

En pos cosecha. Días de dormancia del brote: después de la cosecha se trasladó los tubérculos al almacén a luz difusa, en un ambiente seco con temperatura de 10 °C durante las dos primeras semanas. La humedad relativa entre 85-90 %. Después de la cosecha se seleccionó 20 tubérculos representativos de cada genotipo, los cuales fueron procesados en el laboratorio de análisis de suelo de la Estación Experimental Baños del Inca para ser analizados materia seca en un rango 22-25 % y cuyos resultados fueron confirmados por el Centro Internacional de la Papa.

3.3.6. Sistematización de datos

Una vez ordenados los datos de campo, fueron transcritos a una base de datos Excel, donde se calcularon algunos estadígrafos, generando gráficas y figuras, para cada carácter evaluado. Respecto al análisis estadístico, los datos referidos a rendimiento características agronómicas y fenológicas (transformados), fueron analizados con el software SAS versión 9.1. Efectuándose los ANVAS, pruebas del rango múltiple de Duncan y su significación.

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Análisis individual de varianza

En modelo aditivo lineal para el análisis de varianza individual para cada ambiente fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}; \quad G = 1, \dots, g, \text{ genotipos} \\ R = 1, \dots, r, \text{ bloques}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la unidad experimental del bloque j y del genotipo g.

μ = Media general.

β_j = Efecto del bloque j.

τ_i = Efecto del cultivar i.

e_{ij} = Efecto aleatorio o error experimental.

Tabla 6: Análisis de varianza literal para cada ambiente

Fuente de variabilidad	G.L.	C.H.	C.M.E.	F.C.
Bloques	r-1	CMB	$\sigma^2 + \frac{t\Sigma B^2}{r-1}$	$\frac{CM\ bloque}{CMerror}$
Cultivares	c-1	CMC	$\sigma^2 + \frac{t\Sigma B^2}{c-1}$	$\frac{CM\ cultivar}{CMerror}$
Error	(r-1)(c-1)	CME	σ^2	

3.4.2. Análisis de varianza combinado

Para la estimación del error experimental conjunto se efectuó el análisis de varianza (ANVA) combinación de los ambientes, previamente a este análisis se realizo

$$Y_{ijk} = \mu + ak + \beta_j + T_i + (aT)_{ik} + \beta_{ijk}$$

i=1,..., g, genotipos

j=1,..., n, ambientes

Donde:

Y_{ijk} = Conservación del genotipos i, en el bloque j, y en el ambiente K.

μ = Promedió de la población de todo el experimento.

ak= efecto atribuible al ambiente K.

β_j = efecto atribuido al bloque j, en el ambiente k

T_i = efecto atribuido al cultivar i.

(aT)= afecto atribuible a la interacción del cultivar i, en el ambiente K.

Tabla 7: Análisis de varianza literal combinado para el diseño bloque completo al Azar.

Fuente de variabilidad	C.L.	C.M.	C.M.E.
Ambiente (a)	a-1	M ₁	$\sigma^2 + c_a^2(r/a) + rc\sigma_a^2$
Bloques/ambiente	a(r-1)	M ₂	$\sigma^2 + c_a^2\sigma^2(r/a)$
Cultivar(c)	c-1	M ₃	$\sigma^2 + r\sigma_{ca}^2 + \frac{ra\Sigma T_a^2}{c-1}$
C x A	a(c-1)(a-1)	M ₄	$\sigma^2 + r\sigma_{ca}^2$
Error	a(c-1)(r-1)	M ₅	σ^2
Total	acr-1		

3.4.3. Prueba de estabilidad

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i + I_j + S_{ij}$$

i = 1, ..., g, genotipos

j = 1, ..., n, ambiente

$$I_j = \frac{\sum_i (Y_{ij} / c)}{c} - \left(\frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{nc} \right)$$

3.4.4. Parámetros de estabilidad

Los parámetros de estabilidad se estiman por la regresión sobre un índice ambiental para cada variedad (genotipo). Estos parámetros son definidos por el modelo de (Eberhart y Russell 1966).

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} \begin{cases} i = 1, \dots, v \\ j = 1, \dots, n \end{cases}$$

Con i = 1, ..., v (genotipos); j = 1, ..., n (ambientes; μ_i = la media de cada variedad y β_i = los coeficientes de regresión que miden la respuesta de cada genotipo al

Cambio en índice ambiental; I_j es el índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades (genotipos) en el j -ésimo ambiente menos la gran media o media general. Los coeficientes de regresión β_i de este modelo son conocidos como el parámetro de adaptabilidad, mientras que la suma de las desviaciones (valor observado respecto al valor estimado) provee una aproximación al parámetro de estabilidad fenotípica dado por (Eberhar y Russell 1966).

a) Coeficiente de regresión:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{I_{2j}}$$

Dónde: $\sum Y_{ij} I_j$ = es la suma de productos. $\sum I_j^2$ = es la suma de cuadrados

b) Cuadrado medio de la regresión lineal:

$$s_{di}^2 = \frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2} - \frac{s_e^2}{r}, \text{ donde}$$

$$\delta_{ij}^2 = \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{n} \right] - \frac{\left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2} \text{ y } \frac{s_e^2}{r}, \text{ se calcula como}$$

promedio ponderado de los errores de todos los experimentos.

c) Prueba de F

La significancia de las diferencias entre medias varietales, o sea la hipótesis nula:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_v$$

La prueba de F apropiada es definida como:

$$F = \frac{CM_1}{CM_3}$$

La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre variedades para su regresión sobre los índices ambientales:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_v$$

Se prueba aproximadamente mediante la prueba de F:

$$F = \frac{CM_2}{CM_3}$$

La prueba aproximada de las desviaciones de la regresión para cada variedad (genotipo) es como sigue

$$F = \frac{\left[\frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2} \right]}{\text{Error conjunto}}$$

d). Prueba de T

Para probar la hipótesis de que ningún coeficiente de regresión difiere de la unidad, se utilizará la prueba de t apropiada:

$$t = \frac{(b_i - 1)}{s_{b_i}}, \text{ donde}$$

$$s_{b_i} = \sqrt{\frac{\frac{\sum \delta_{ij}^2}{n-2}}{\sum_j I_j^2}}$$

e) Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad

Tabla 8. Análisis de varianza literal de parámetros de estabilidad.

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.
Total	nc -1	$\sum_l \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$	
Cultivar	c-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C.$	CM ₁
Ambiente (a) C x A	n-1 (c-1)(n-1)	$c(n-1) \sum_j Y_{ij}^2 = \sum_j \frac{Y_j^2}{n}$	
Medio ambiente lineal C x A (lineal)	1	$\frac{1}{c} \left(\sum_j Y_j l_j \right)^2 / \sum_j l_j^2$	
Desviación conjunta	c(n-2)	$\sum_l \sum_j S_{ij}^2$	CM ₂ ambiente lineal
Cultivar 1	n-2	$\sum_j Y_{ij}^2 - (Y_i)^2 / n - (\sum_j Y_{ij} l_j)^2 = \sum_j l_j^2$	
	.		
	.		
	.		
Cultivar c	n-2	$\sum_j Y_{cj}^2 - Y_c^2 / n - (\sum_j y_{cj} l_j)^2 = \sum_j l_j^2 = \sum_j S_{ij}^2$	CM ₄
Erro conjunto	n(r-1)(c-1)		

Tabla 9. Clasificación de genotipos para papa en base a los valores de los parámetros b_i y S^2_{di} propuestos por Eberhart y Russell (1966), en base a su consistencia ó inconsistencia

Categoria	PARÁMETROS			Clasificación
		B_i	S^2_{di}	
a	=	1	= 0	Genotipos estables consistentes
b	=	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en todo los ambientes pero inconsistentes
c	<	1	= 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes desfavorables y consistentes
d	<	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistentes
e	>	1	= 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes
f	>	1	> 0	Genotipos con buena respuesta en ambientes favorables pero inconsistentes

B_i = coeficiente de regresión

S^2_{di} = Desviación de regresión

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados de rendimiento de seis genotipos realizado en la campaña 2012-2013 (Tabla 10), se encuentra significación al 1 % de probabilidad, lo cual indica que hay diferencia entre los promedios de los genotipos en estudio. En esa misma tabla de acuerdo al análisis de variancia, para las campañas 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008, y se observa que hay significación al 1 % de probabilidad para los genotipos lo cual indica que existe discrepancia entre los promedios de los genotipos evaluados.

4.1. Análisis de varianza de rendimiento de seis genotipos por localidad

Tabla 10. Análisis de varianza para rendimiento comercial de seis genotipos de papa en ocho ambientes.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio							
		Santa Clotilde A1	Santa Clotilde A2	Santa Margarita A3	Chaquil Pampa A4	Santa Margarita A5	Santa Margarita A6	Santa Margarita A7	Santa Rosa A8
Bloques	2	4.12**	3.95	2.85	4.99	3.13	5.08	0.94	0.06
Genotipos	5	72.11**	12.05**	145.38**	63.62**	133.27**	16.83**	91.77**	102.03**
Error	10	5.0400	3.44	7.68	4.41	5.93	2.24	2.71	1.90
C.V.		10.00%	14.80%	11.50%	12.80%	12.60%	13.30%	13.20%	10.40%

** Alta significación al nivel de 1 % de probabilidad

Al realizar los análisis de varianza, los coeficiente de variabilidad (Tabla 10) de los experimentos conducidos en los ocho ambientes fluctúan entre 10 % a 14.80 % indica que los resultados son confiables en trabajo de campo que fueron conducidos en diferentes ambientes y que hubo eficiencia en el manejo de los experimentos. Los datos obtenidos para rendimiento, se encontró diferencias altamente significativas para genotipos en todo los ambientes, la alta significación indica un comportamiento diferente de los genotipos en cada uno de los ambientes que fueron evaluados.

4.1.1. Comparación de medias para los genotipos en estudio

Tabla 11. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para la comparación de seis genotipos de papa en los ocho ambientes.

Genotipos	Rendimiento promedio t ha ⁻¹							
	Ambientes							
	Santa Clotilde A1	Santa Clotilde A2	Santa Margarita A3	Chaquil Pampa A4	Santa Margarita A5	Santa Margarita A6	Santa Margarita A7	Santa Rosa A8
CAJ010.4	51.05 a	23.28 ab	43.66 a	29.66 a	45.33 a	23.66 a	24.95 b	35.55 a
CAJ004.4	41.45 b	21.61 abc	49.33 a	34.00 a	37.55 b	20.55 ab	19.55 c	22.28 c
CAJ010.1	36.71 bc	17.05 c	45.66 a	23.00 b	19.11 c	20.11 ab	15.95 c	19.95 c
CAJ003.4	36.00 bc	19.50 bc	41.21 a	29.22 a	32.21 b	18.11 b	27.66 ab	27.33 b
CAJ010.5	31.05 cd	17.96 bc	42.25 a	33.66 a	39.45 ab	17.33 b	31.05 a	20.71 c
Canchán	28.00 d	25.83 a	16.88 b	11.66 c	18.33 c	11.95 c	5.61 d	6.05 d

En la Tabla 11, se presenta la prueba de rango múltiple Duncan ($\alpha=0.05$) para los seis genotipos en cada ambiente. Se observa que los genotipos: CAJ010.4 y CAJ004.4, destacan por su rendimiento, los cuales ocupan el primer y segundo lugar en los ocho ambientes donde se evaluaron. También se observa que dichos genotipos superan estadísticamente al genotipo CAJ010.1 y a la variedad Canchan.

Las siguientes figuras, Corroboran las diferencias de los ocho ambientes durante los cuatro años antes citadas (Tabla 11).

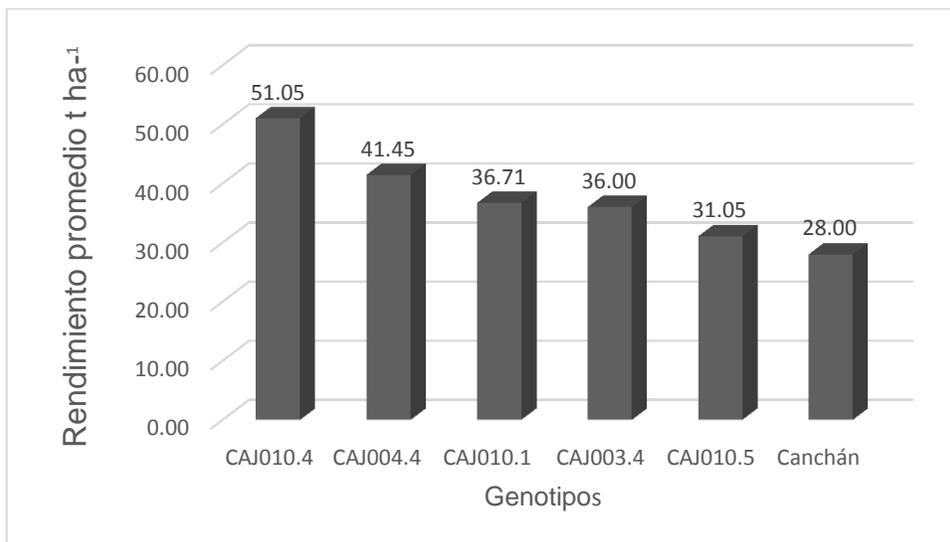


Figura 2. Rendimiento promedio (t ha.⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Clotilde ambiente (A1) campaña 2005-2006.

En la Figura 2, se observa que el genotipo CAJ010.4, supera ampliamente a los demás genotipos, con rendimiento promedio de 51.05 t ha.⁻¹, lo cual indica que ha encontrado las condiciones agroclimáticas para este ambiente (suelo, clima, temperatura, humedad), estos factores han influido de una manera favorable en el desarrollo del cultivo de papa durante la época del año en la cual se han conducido los experimentos.

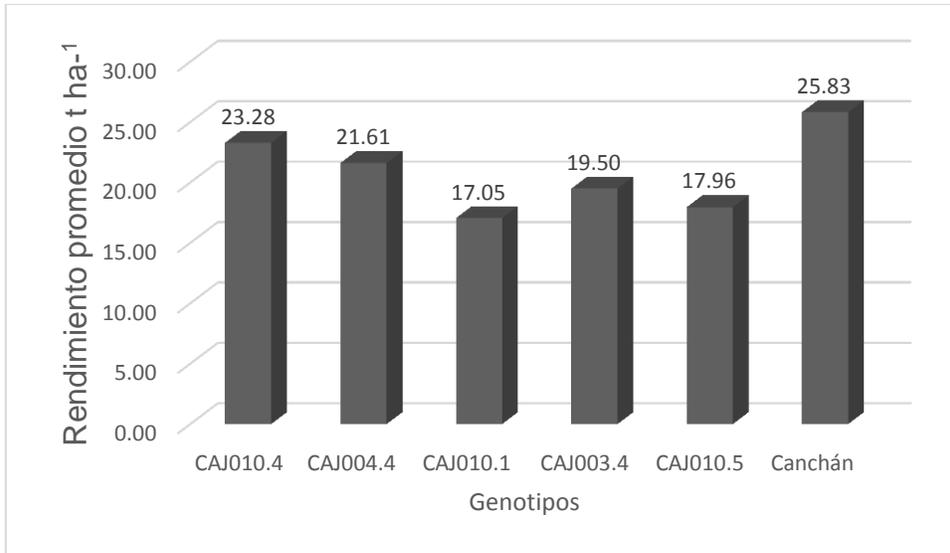


Figura 3. Rendimiento promedio (t ha⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Clotilde ambiente (A2) campaña 2005-2006.

En la Figura 3, se observa que el rendimiento promedio expresado en t ha⁻¹, de los 6 genotipos, es muy variable; sin embargo el genotipo Canchan expresa un rendimiento de 25.83 t ha⁻¹, el cual es un rendimiento superior al demás genotipos evaluados.

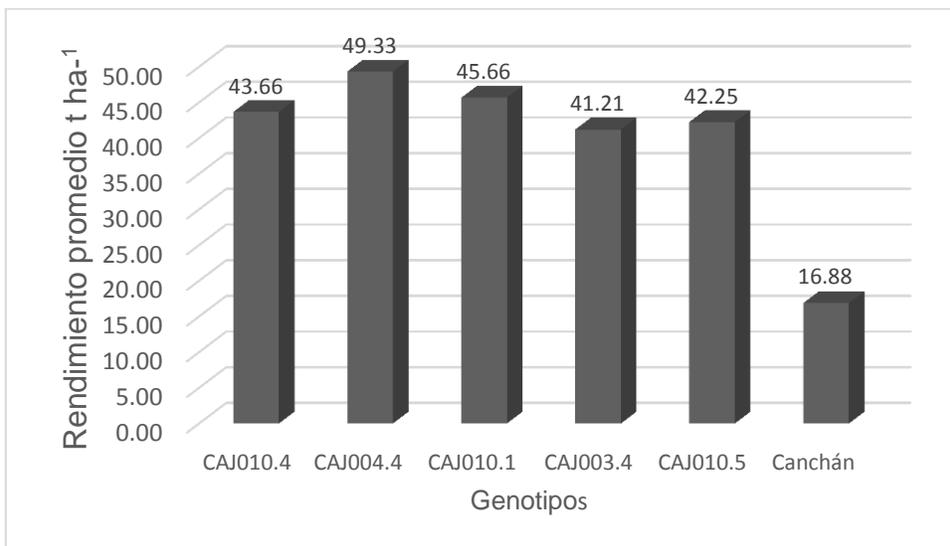


Figura 4. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A3) campaña 2006-2007.

En la Figura 4, se observa, que el genotipo CAJ004.4 supera en rendimiento a los demás genotipos, alcanzando un rendimiento promedio de $49.33\ t\ ha^{-1}$.

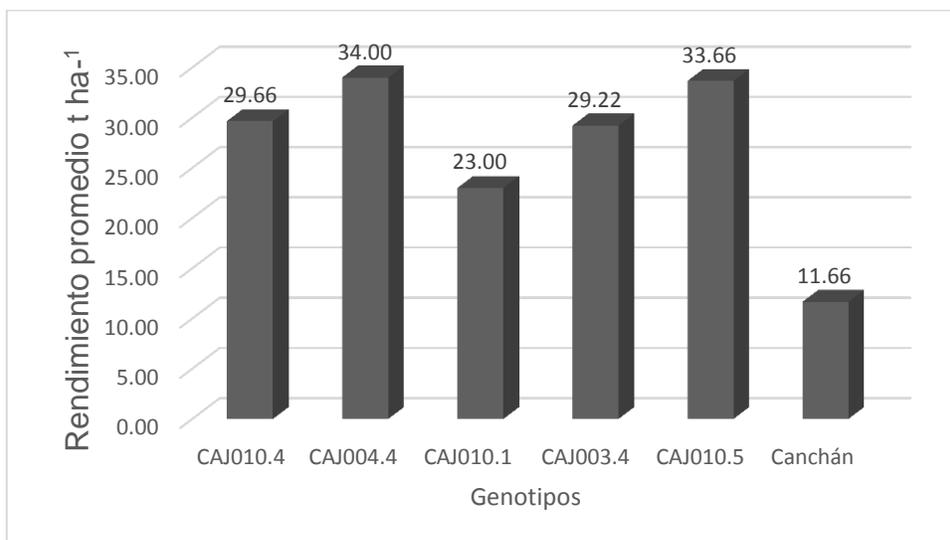


Figura 5. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de seis genotipos de papa en la localidad de Chaquilpampa ambiente (A4) Campaña 2006-2007.

En la Figura 5, se observa que el genotipo CAJ004.4 evaluado en el ambiente Chaquilpampa (A4), expresa un mejor rendimiento promedio de $34.00\ t\ ha^{-1}$, superando al genotipo CAJ010.5 con una diferencia pequeña de $0.34\ t\ ha^{-1}$.

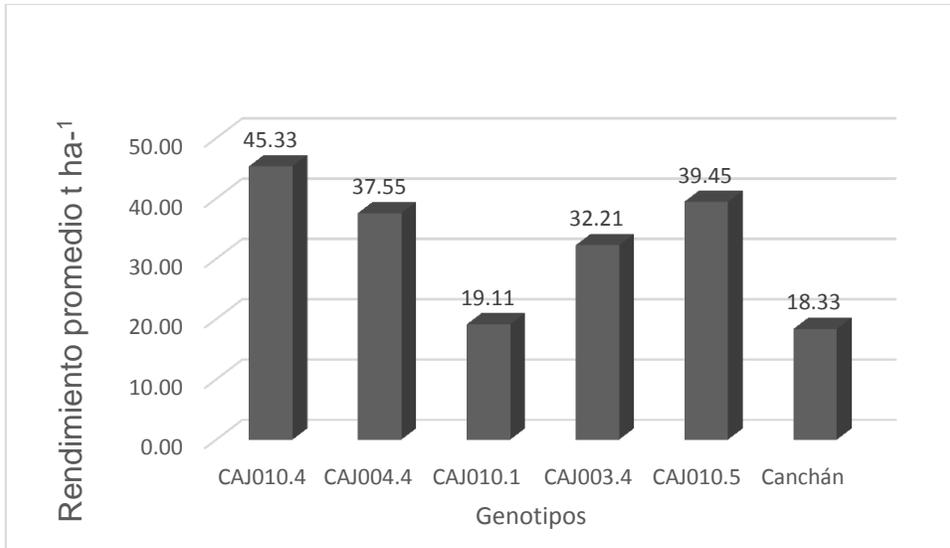


Figura 6. Rendimiento promedio (t ha.⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A5) Campaña 2007-2008.

En la Figura 6, se observa los rendimientos promedio del ambiente (A5) que pertenece a la localidad de Santa Margarita, el genotipo CAJ010.4 supera ampliamente al resto de genotipo con rendimiento promedio de 45.33 t ha.⁻¹, lo cual indica que este genotipo ha respondido mejor a este ambiente con mayor rendimiento al resto de ellos.

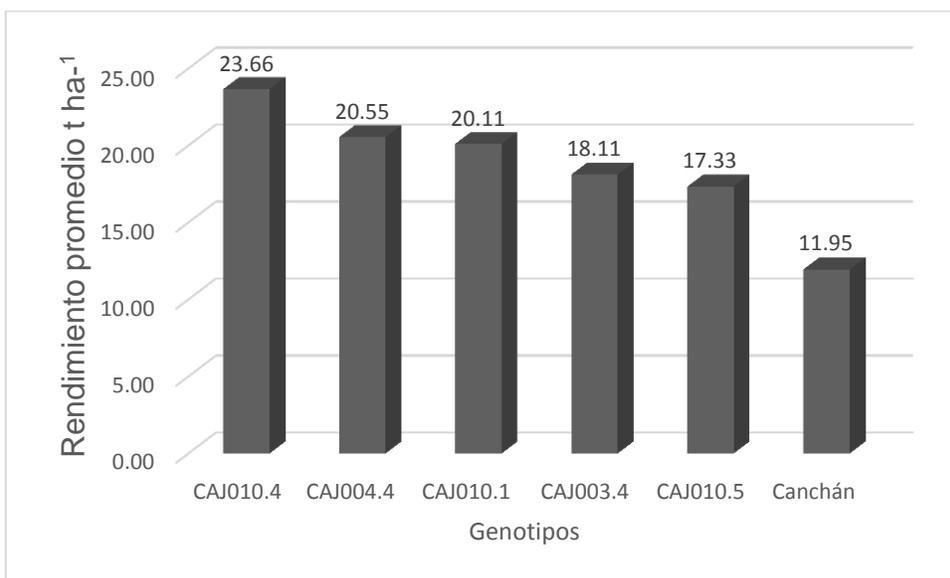


Figura 7. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A6) Campaña 2007-2008.

En la Figura 7, se demuestra que el genotipo de mayor rendimiento para este ambiente resulta ser el genotipo CAJ010.4 con rendimiento promedio de $23.66\ t\ ha^{-1}$, superando al genotipo más cercano CAJ004.4 con una diferencia de $3.11\ t\ ha^{-1}$.

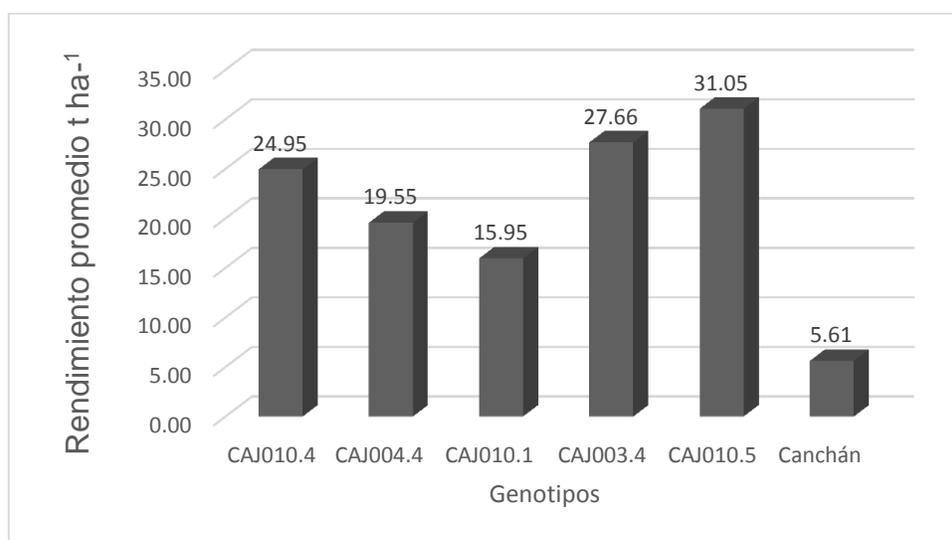


Figura 8. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Margarita ambiente (A7) Campaña 2012-2013.

En la Figura se aprecia para el ambiente seis el que mejor destaca por su rendimiento es el genotipo CAJ010.5, al estar ocupando el primer con rendimiento promedio de $31.05\ t\ ha^{-1}$, el cual supera ampliamente a la variedad Canchan con un bajo rendimiento de $5.61\ t\ ha^{-1}$.

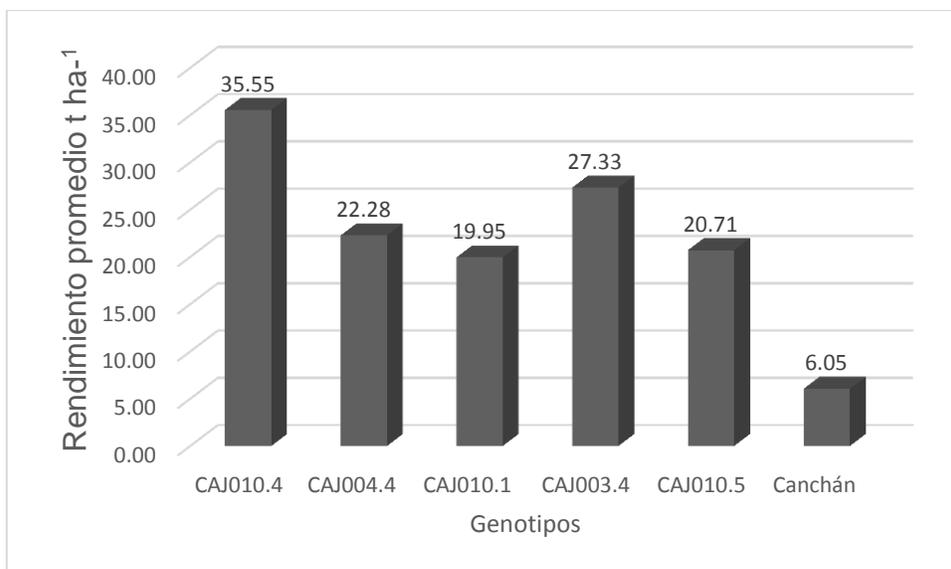


Figura 9. Rendimiento promedio (t ha.⁻¹) de seis genotipos de papa en la localidad de Santa Rosa ambiente (A8) Campaña 2012-2013.

En la Figura 9, se deduce que el genotipo CAJ010.4 ocupa el primer lugar con rendimiento promedio de 35.55 t ha.⁻¹, lo cual indica que ha encontrado las condiciones edafológicas para este ambiente, También se aprecia que el genotipo CAJ010.1 y a la variedad Canchan, que han ocupado los últimos lugares con rendimiento promedio de 19.95 t ha.⁻¹ para el primero y 6.05 t ha.⁻¹ para la variedad Canchan.

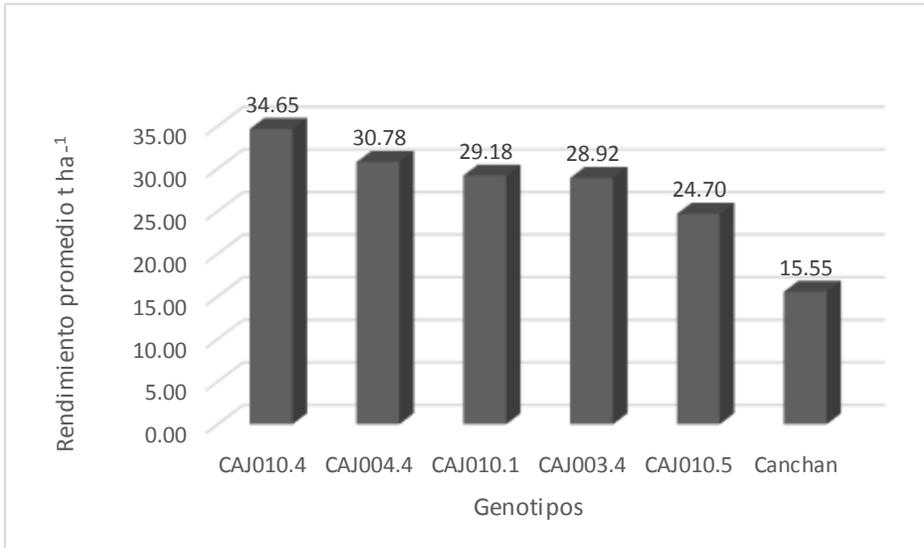


Figura 10. Rendimiento promedio (t ha⁻¹) de las cuatro Campañas: 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008 y 2012-2013.

En la Figura 10, se observa, que el genotipo CAJ010.4 ocupa el primer lugar en rendimiento en todo los ambientes superando a los demás genotipos, alcanzando un rendimiento promedio de 34.65 t ha⁻¹.

4.2. Análisis combinado de varianza

Tabla 12. Rendimientos totales en kg/parcela de seis genotipos de papas evaluados en ocho ambientes en los cuatro años (parcela=18 m²).

N°	Genotipos	Ambientes								Total
		Santa	Santa	Santa	Chaquil	Santa	Santa	Santa	Santa	
		Clotilde	Clotilde	Margarita	Pampa	Margarita	Margarita	Margarita	Rosa	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
1	Canchan	50.40	46.50	30.40	21.00	33.00	21.5	10.10	10.90	223.80
2	CAJ004.4	74.60	38.90	88.80	61.20	67.60	37.00	35.20	40.10	443.40
3	CAJ010.5	66.10	30.70	82.20	41.40	34.40	36.20	28.70	35.90	355.60
4	CAJ003.4	64.80	35.10	74.20	52.60	58.00	32.60	49.80	49.20	416.30
5	CAJ010.1	55.90	32.35	76.00	60.60	71.00	31.20	55.90	37.30	420.25
6	CAJ010.4	91.90	41.90	78.60	53.40	81.60	42.60	44.90	64.00	498.90
Totales		403.70	225.45	430.20	290.20	345.60	201.10	224.60	237.40	2358.25

4.2.1. Prueba de Cochran: esta prueba se utilizó para ver si existe homogeneidad de varianzas, lo cual es una condición para realizar el análisis combinado, conforme lo expresa (Vásquez 2013).

$$C_{n,r} = \frac{7.6787}{5.0396 + \dots + 2.8778} = 0.2743$$

$$C_{0.01} \text{ y } 10 \text{ g.l.} = 23.2$$

$$C_{n,r} < C_{0.01}$$

Según esta prueba se observa que hay homogeneidad de varianza, dado que la razón $C_{n,r} = 0.2743$, es menor que $C_{0.01} \text{ y } 10 \text{ g.l.} = 23.2$, por lo que se ha procedido a realizar el análisis combinado.

Tabla 13. Análisis de varianza combinado para los ocho ambientes y cuatro años.

Fente de Variacion	G.L.	S.C.	C.M.	FC	Ft	
					0.05	0.01
Ambiente	7	3033.67	433.3814	116.79**	2.66	4.14
Rep./Amb.	16	59.3683	3.7105	0.91	2.77	2.24
Genotipos (G)	5	1877.8233	375.5647	92.37**	2.33	3.25
G x A	35	1374.9634	39.2847	9.66**	1.6	1.94
Error	80	325.275	4.0659			
Total	143	6671.1				

$r = 3, A = 8, a = 4, g = 6$

** Significación estadística al 1 % de probabilidad

C.V. = 12.3151 %

La Tabla 13, muestra el análisis combinado para los seis genotipos, en ocho ambientes y cuatro años. Podemos apreciar que hay diferencias altamente significativas entre ambientes, Años, genotipos y la interacción genotipo x Ambiente, genotipo x años y Años x Ambiente x genotipos.

Se considera que no es posible mantener un medio ambiente constante para la producción y que los rendimientos varían de un año a otro y de una localidad a otra por las condiciones agroclimáticas (Tai 1972)

Vemos que el comportamiento diferencial de los genotipos para el carácter rendimiento en los cuatro años de estudio, varía desde 373 t ha⁻¹ hasta 831.5 t ha⁻¹ en total durante las cuatro campañas, lo que conllevó a la existencia de interacción genotipo por año y manifestó la gran influencia que ejerce el ambiente sobre el rendimiento. El rendimiento es un carácter poligénico y no presenta un control genético directo, que está muy influenciado por las condiciones ambientales (Vásquez 1988).

Los genes no pueden hacer que se desarrolle un carácter si no tiene el medio ambiente adecuado (Vásquez 2012) y, al contrario, ninguna manipulación del

medio hará que se desarrolle una cierta característica si no están presentes los genes necesarios. Aunque debemos conocer que la variabilidad observada en algunos caracteres es debida fundamentalmente a la diferencia en los genes que llevan los diferentes individuos y la observada en otros se debe sobre todo a la diferencia en las condiciones ambientales a que han sido expuestos los individuos.

La alta significación estadística para las interacciones ambiente x genotipos, años x genotipos y años x ambiente x genotipos, expresados en tabla 15, demuestra un comportamiento diferente de los genotipos de papa en los ambientes evaluados, y a la vez se ha evidenciado la heterogeneidad ambiental relacionada con el clima y suelo. Así mismo dicha interacción, nos dificulta hacer una selección eficiente de los mejores genotipos, puesto que demuestra que los genotipos tienen diferente comportamiento en cada ambiente.

La interacción genotipos x ambientes, en la misma tabla, es un fenómeno universal que surge cuando diferentes genotipos se evalúan en ambientes diversos (Eberhatr y Russell 1966). La interacción se refiere a las respuestas diferenciales de genotipos a través de un rango de ambientes. Dado que es significativa, nos complica el proceso de selección de genotipos superiores, puesto que el ambiente enmascara al comportamiento de los genotipos. Muchos caracteres agronómicos y económicos importantes, tales como el rendimiento, son clásicamente cuantitativos por su naturaleza y muestran frecuentemente interacciones significativas (Vásquez 2013).

Las respuestas diferenciales de los genotipos a las condiciones ambientales variables, especialmente cuando se asocian a cambios en el ranking, ocultan la identificación de híbridos superiores, estables (Kang 2002). Otros efectos indeseables de la interacción pueden incluir un enmascaramiento de la utilidad potencial de materiales exóticos. Cuando la interacción genotipo x ambiente es

Significativa para un carácter, el uso de estrategias metodológicas de mejoramiento es esencial debido a que la utilidad de la media genotípica general es reducida (Vásquez1988). Estos resultados justifican la realización del análisis respectivo de estabilidad (Eberhart y Russell 1966).

4.3. Análisis de los parámetros de estabilidad

Tala 14. Promedio de rendimientos de seis genotipos de papa evaluados en ocho ambientes kg/parcela durante cuatro años, para calcular el índice ambiental para los parámetros de estabilidad.

N°	Genotipos	Ambientes								suma	promedio
		Santa Clotilde A1	Santa Clotilde A2	Santa Margarita A3	Chaquil Pampa A4	Santa Margarita A5	Santa Margarita A6	Santa Margarita A7	Santa Rosa A8		
1	Canchan	16.80	15.50	10.13	7.00	11.00	7.17	3.37	3.63	74.60	9.33
2	CAJ004.4	24.86	12.97	29.60	20.40	22.53	12.30	11.73	13.37	147.76	18.47
3	CAJ010.5	22.03	10.23	27.40	13.80	11.46	12.07	9.57	11.97	118.53	14.82
4	CAJ003.4	21.60	11.70	24.73	17.53	19.33	10.87	16.60	16.40	138.76	17.35
5	CAJ010.1	18.63	10.78	25.33	20.20	23.67	10.40	18.63	12.43	140.07	17.51
6	CAJ010.4	30.63	13.97	26.20	17.80	27.20	14.20	14.97	21.33	166.30	20.79
	suma	134.55	75.15	143.39	96.73	115.19	67.01	74.87	79.13	786.02	$\bar{Y}_j=16.37$
	\bar{Y}_j	22.43	12.53	23.90	16.12	19.20	11.17	12.48	13.19		
	l_j	6.05	-3.86	7.52	-0.26	2.82	-5.21	-3.9	-3.19		

Con los datos de la (Tabla 14), se calculó los índices ambientales mediante la fórmula dada en sección 3.4.4. Dichos índices ambientales son utilizados para encontrar el análisis de varianza de los parámetros de estabilidad: coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión.

Tabla 15. Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad

Fuente de Variacion	G.L.	S.C.	CM	FC	Ft	0.05	0.01
Total ng-1	47	2095.01					
Genotipos g-1	5	636.087	127.2173	12.01**	2.48	3.58	
Amb+(G*Amb) g(n-1)	42	1458.92	34.7362				
Ambiente (Lineal)	1	998.367	998.3672	94.33**	4.11	7.39	
GxAmb. (Lineal)	5	79.543	15.9086	1.5	2.36	3.35	
Desviación conjunta g(n-1)	36	381.028	10.5841	2.60**	1.54	1.84	
1. Canchán (n-1)	6	1.26681	21.1135	5.19**	2.21	3.04	
2. CAJ004.4	6	13.415	2.2358	0.55	2.21	3.04	
3. CAJ010.5	6	72.114	12.019	2.95*	2.21	3.04	
4. CAJ003.4	6	21.948	3.658	0.899	2.21	3.04	
5. CAJ010.1	6	83.8	13.9666	3.44**	2.21	3.04	
6. CAJ010.4	6	63.07	10.5116	2.58*	2.21	3.04	
Error Conjunto n(g-1)(r-1)	80	325.275	4.0659				

** Significación estadística al 1 % de probabilidad

* Significación estadística al 5 % de probabilidad

Se ha encontrado significación estadística al 1 % de probabilidades para genotipos, Amb (Lineal); para las desviaciones de regresión de los genotipos: Canchan, CAJ004.4, CAJ010.5 Y CAJ010.4. La significación para los genotipos indica que hay diferencias entre los rendimientos promedios de los genotipos en estudio. Para Amb.(lineal), demuestra que hubo una respuesta lineal a los ambientes por parte de los genotipos en estudio.

4.3.1. Rendimiento y parámetros de estabilidad

Tabla 16. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) y parámetros de estabilidad de seis genotipos avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.) evaluados en ocho ambientes del Distrito de la Encañada-Cajamarca durante cuatro campañas.

Nº Genotipos	Rendimiento Promedio Kg parc. ⁻¹ t ha ⁻¹	Coefficiente de regresión (β_i)	Desviación de regresión S_{di}^2	O.M	Clasificación
6 CAJ010.4	20.79 34.65	1.1911	9.1553**	1°	Genotipo con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
2 CAJ004.4	18.48 30.80	1.3640*	0.8795	2°	Genotipo estable, consistente
5 CAJ010.1	17.51 29.18	0.9368	12.6103**	3°	Genotipo con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistente.
4 CAJ003.4	17.35 28.92	0.8816	2.3017	4°	Genotipo con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistente.
3 CAJ010.5	14.82 24.70	1.1333	10.6627	5°	Genotipo con buena respuesta en ambientes favorables pero inconsistente.
1 Canchán	9.24 15.40	0.4794	19.7572**	6°	Genotipo con buena respuesta en ambientes desfavorables pero inconsistente.

* Significativo al nivel de 0.05 de probabilidad

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad

En la (Tabla 16), Se muestra el rendimiento promedio y los parámetros de estabilidad, de acuerdo a ello el genotipo CAJ004.4 presenta un coeficiente de regresión (β_i) igual a uno y desviación de regresión S_{di}^2 igual a cero, definiéndolos según el criterio de Erberhart y Russell (1966) como genotipos adaptable (estable) en los ocho ambientes.

Así mismo el genotipo CAJ010.4 obtuvo un coeficiente de regresión (β_i) mayor a uno, con lo que se considera como mejor respuesta en ambientes favorables a diferencia de los genotipos: CAJ010.1 y CAJ003.4 que presentaron un coeficiente de regresión (β_i) menor a uno que significa una respuesta mejor en ambientes desfavorables.

En tanto el genotipo CAJ010.5 presenta una desviación de regresión (S^2_{di}), cuyo valor es mayores a cero clasificándolo como genotipo inconsistente.

Por lo que el genotipo CAJ004.4 se destaca por su alta significancia estadística de correlación entre rendimiento promedio y el coeficiente de regresión, además de poseer una desviación próxima a cero, categorizándolo como genotipo estable.

Estos resultados concuerdan el modelo propuesto de Eberhart y Russell (1966). El genotipo CAJ004.4, presenta un $b_i=1.36$ y $s^2_{di}=0.87$, el cual nos indica que sería el genotipo más estable. El genotipo CAJ010.4, presenta un $b_i = 1.19$ y $s^2_{di} = 9.15$, el cual también se considera como un genotipo con buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente. Los genotipos CAJ010.1 y CAJ 003.4 tienen $b_i < 1.0$ $S^2_{di} > 0$, son considerados como aquellos que responden mejor en ambientes desfavorables y son inconsistentes. El genotipo CAJ010.5 presenta un $b_i > 1$ y $S^2_{di} > 0$, es considerado como aquel que responde mejor en buenos ambientes pero es inconsistente.

Según los resultados obtenidos podemos considerar como genotipos de buen rendimiento promedio y estable a los genotipos CAJ004.4 y CAJ010.4, que alcanzaron 30.80 t ha^{-1} y 34.65 t ha^{-1} respectivamente.

La estabilidad del material genético que se encuentra en las últimas etapas de un programa de mejoramiento es un requisito básico para su liberación final. El conocimiento de los parámetros de estabilidad es una herramienta útil para distinguir diferencias genéticas o ambientales entre híbridos, clones, variedades, etc., debido a que solo el valor de la media del carácter como único dato, resulta insuficiente para definir el comportamiento del material en estudio (Basford y Cooper 1998).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El genotipo CAJ004.4 presenta un rendimiento de (30.80 tha^{-1}) y se comportó como estable, presento un coeficiente de regresión ($b_i=1.36$) y una desviación de regresión ($S^2_{di}=0.87$). Significa que se adapta a todos los ambientes. Los resultados coinciden con el modelo propuesto por (Eberhart y Russell 1966). este genotipo CAJ004.4 destaco por su alta significancia estadística de correlación entre rendimiento promedio y el coeficiente de regresión (b_i) cercano a 1, además de poseer una desviación de regresión (S^2_{di}) próxima a cero.
2. El genotipo CAJ010.4, presento el rendimiento más alto (34.65 tha^{-1}), con un coeficiente de regresión ($b_i=1.19$) y una desviación de regresión $S^2_{di}=9.15$, se comportó como un genotipo con buena respuesta en todos los ambientes, clasificándole pero inconsistente.
3. Los genotipos CAJ010.1 y CAJ 003.4 tuvieron un coeficiente de regresión ($b_i < 1.0$) y una desviación de regresión ($S^2_{di} > 0$), y son considerados como inconsistentes.

Recomendaciones

Se recomienda hacer uso del modelo de Eberhart y Russell (1966) para seleccionar clones (genotipos) avanzados.

CAPÍTULO VI

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal la aplicación del modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), para medir la estabilidad genética de seis genotipos de papa con respecto al rendimiento. Se usó el Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones: los genotipos procedentes de dos localidades de la campaña 2012-2013. Se usó así mismo con los datos que fueron colectados por la Estación Experimental Baños del Inca-Cajamarca, provenientes de dos localidades por año correspondientes a las campañas agrícolas 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008, conducidos en el Distrito de la Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca 2012-2013. Se evaluó la estabilidad del rendimiento donde se correlacionando los rendimientos promedios, el coeficiente de regresión (b_i) y la desviación de la regresión (S^2_{di}). Los resultados mostraron que los genotipos CAJ010.4 y CAJ004.4 presentaron el mayor rendimiento (34.65 tha^{-1} y 30.80 tha^{-1}) y se comportaron como los de mayor estabilidad y adaptación a todos los ambientes. La variedad (Canchan) alcanzó el más bajo rendimiento, 15.40 tha^{-1} . De los resultados obtenidos se concluye que los genotipos CAJ010.4 y CAJ004.4, presentan un alto rendimiento y mayor estabilidad, en todos los ambientes.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abbott, L; Pistorale, S. 2011. Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*). Agrisciencia, Vol. XXVIII (2):109-117.

Allard, R; Bradshaw, D. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4:503-507.

Andreu, M. 2007. Asociación entre el color de la peridermis de la papa con características de importancia industrial. Agricultura Técnica, 67(1), 72-77.

Agrocadenas. 2006. La cadena de la papa en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura Rural.

Álvarez, J. 2006. Honduras un país con organizaciones inteligentes (en línea). Consultado el 26 de octubre de 2008. Disponible en: <http://honduras.nutrinet.org/content/view/40/84/.ana>

Bonierbale, M. 2004. Recursos genéticos de la papa. Revista latinoamericana de la papa, 3-16.

Bucio, A. 1966. Environment and genotype environment components of variability. Heredity.21:387-397.

Bonierbale, M; Amoros, W; Espinoza, J; Mihovilovich, E; ROCA, W; GÓMEZ, R. 2004. Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. Rev. Latinoam. Papa, Supl. 1:13-13.

Becker, L; Giménez, F. 2001. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. Rev. 101:1-23.

Cabrera, H; Vásquez, A. 2013. Memoria anual. Programa Nacional de Investigación en Papa. Estación Experimental Baños del Inca-Cajamarca, 56 p.

Carballo, C. 1970. Comparación de variedades de maíz del bajío y de la mesa central por su rendimiento y estabilidad. Tesis MC. CP. Chapingo México.

Caldiz, D. 2007. Producción, cosecha y almacenamiento de papa en la Argentina. Segunda Edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Balcarce-BASF Argentina SA. 118 p.

Cochran, W. 1951. The distribution of the largest of set of estimated variances as a fraction of their total, annals of Eugenics 11, 47-52.

Centro Internacional de la Papa-CIP. 2006. Laboratory manual for *P. infestans* work. 30 p.

Contreras, J; Ruíz, B. 2006. Determinación y aplicación de métodos estadísticos, para medir estabilidad genética en vegetales, caso: banano. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Duarte, J; Vencovsky, R. 1999. Interacao genotipos x ambientes: una introducao 'a analise "AMMI". Ribeirao Preto: Sociedade Brasileira de Genetica. 60 p.

Eberhart, S; Russell, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.

Eguillor, P. 2010. El mercado de la papa 2009-2010. (En línea). Consultado el 23 de diciembre del 2010. Disponible desde Internet en: <http://www.ODEPA.gob.cl.htm>.

Evenson, R. 1978. Risk and uncertainly as factors in crop improvement research papers The International Rice Research Institute. Manila Philippines. (Series No. 15).

Forbes, G. Korva, J.1994. The effect of using a Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the. *Phytopathology* 82 (10):1112 p.

Francis, T; Kannenberg, L. 1978. Yield stability studies in shortseason maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 58: 1029-1034.

FAO. 2002. Genotype x Environment- Challenges and Opportunitis for plant Breeding and Cultivar Recommendations. En: Plan and protección paper. Roma, Italia, 174: 355 p.

FAO. 2008. Año internacional de la papa. Tabla de composición de alimentos de América Latina. Recuperado el 10 de julio de 2011. Disponible en www.rlc.org/bases/alimento:<http://www.rlc.fao.org/es/bases/alimento>.

Gabriel, J. 2008. Entendiendo y aplicando la metodología del sistema de información y conocimiento agrícola de la papa (SICA- papa): Caso de Morochata y Pocona en Cochabamba, Bolivia. *Revista de Agricultura* 42 (60): 9-14 p.

Huamán, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. Centro Internacional de la papa, Lima, Perú. 22 p. (Boletín de información técnica no. 6).

Huaman, Z; Spooner, D. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). *American Journal the Botany*, 89, 947-965.

Haydar, A; Islam, M; Ara, T; Khokan, E; Hossain, M. 2009. Stability analysis for tuber yield components in potato. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.* 4(4):01-04.

Haydar, A; Islam, M; Ara, T; Khokan, E; Hossain, M. 2009. Stability analysis for tuber yield components in potato. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.* 4(4):01-04.

Laing, D. 1978. Adaptabilidad y estabilidad en el comportamiento de plantas de frijol omún. Reunión de Discusión sobre viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación del frijol. CIAT. Cali. Colombia. (Mecanografiado).

Langer, I. 1978. Production response and stability characteristics of oat cultivars developed in different ears. *Crop Sci.* 18:938-942.

Lin, C; Binns, M. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant science* 68: 193-198.

Moenne, D. 2008. Potencia antioxidante de papas y harina de papas nativas de Chiloé. Tesis para optar por el título de Ingeniera de Alimentos, Universidad de la frontera, ciencias y Administración, Chile.

Márquez, S.1992. La interacción genética-ambiental en genotecnia vegetal. *In: Memorias del simposio de interacción genético-ambiental en geotecnia vegetal.* 26-27 de marzo. Sociedad Mexicana de Fitogenetica. Guadalajara, Jalisco. PP: 127 p.

Montalvo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Investigación y cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica, 706 p.

Morote, M. 2000. Selección y comprobación de clones de papa resistentes a rancho. Resumen de experimentos en papa y camote. Programa nacional de investigación en papa y camote. Ministerio de agricultura. Instituto nacional agraria. Lima-Perú. 46 p.

Magari, R; Kang, M. 1993. Genotype selection via a new yield stability statistic in maize trials. *Euphytica* 70:105-111.

Navarre, D. 2009. Nutritional value of potatoes: vitamin, Phytonutrient, and mineral content. Washington state University, 14, 395-424.

Ochoa, D. 1999. Las papas de Sudamérica Perú, Centro Internacional del Papa. Primera edición. Allen press. Kansas, EE UU. 1036 p.

Proexpansion. 2011. Cambios de sector papa en el Perú en la última década: los aportes del proyecto Innovación y Competitividad de la papa (INCOPA), Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 179 p.

Pérez, L; Vásquez, G. Sahagun, J. 2007. Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 30, N° 003: 279-284 p.

Roncal, O. 1999. Selección y comprobación de clones de papa resistentes a rancho y estudio de los componentes de manejo integrado de rancho en el cultivo de papa y camote. Instituto nacional de investigación agraria. Ministerio de agricultura. Lima-Perú. 46 p.

Rojas, G. 1979. Fisiología aplicada de la papa. UNA-La Molina. Lima, Perú, 58 p.

Salas, E; Juárez, H; Giraldo, D; Amorós, W; Simon; R. Bonirbale, M. 2009. Modelos de análisis de estabilidad y definición de ambientes basados en Gis. Centro Internacional de la papa (CIP).

Tai, G. 1972. Genetics stability of light potato varieties tested INNA. Series of the Trials. Am. Pot. Journal, vol 49, p.138-150.

Vargas, M. 1999. Using partialleast squares regresión, factorial regresión y AMMI, models for interpreting genotype x environment interaction. Crop Sci. 39:955-967.

Vásquez, A. 2013. Experimentación Agrícola. Segunda Edición. Amaru editores-CONCYTEC, Lima, Perú. 280p.

Wissar, R. 1994. Parámetros de estabilidad fenotípica. Curso de manejo de Germoplasma de papa. Centro Internacional de la Papa, Lima-Perú. 25 p.

Yan, W; Hunt, L. 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Science 41:19-25.

Yang, R; Baker, R. 1991. Genotype-environment interactions in two wheat crosses. Crop Sci. 31:83-87.

Zambrano, J. 2010. Evaluación de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el estado Trujillo. Revista de la Facultad de Agronomía, 27(2), 399-417.

ANEXO

Anexo 01. Evaluación de seis genotipos de papa en dos localidades por campaña pertenecientes al Distrito de la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

Tabla 1. Rendimiento en kg/ (6 m²) de seis genotipos de papa en dos localidades

Año Ambiente Genotipos	AÑO-2005-2006 (A1) Sta. Clotilde (L-1)				AÑO-2005-2006 (A2) Sta. Clotilde (L – 2)			
	I	II	III	Total	I	II	III	Total
CANCHAN	17.00	13.40	20.00	50.40	15.20	16.50	14.80	46.50
CAJ004.4	23.50	27.10	24.00	74.60	11.10	15.80	12.00	38.90
CAJ010.5	18.70	22.80	24.60	66.10	12.40	10.60	7.70	30.70
CAJ003.4	22.00	21.50	21.30	64.80	10.00	12.90	12.20	35.10
CAJ010.1	20.70	16.90	18.30	55.90	11.10	10.20	11.05	32.35
CAJ010.4	30.00	29.80	32.10	91.90	16.70	13.20	12.00	41.90
Total	131.90	131.50	140.30	403.70	76.50	79.20	69.75	225.45

Tabla 2. Rendimiento en kg/ (6 m²) de seis genotipos de papa en dos localidades

Año Ambiente Genotipos	AÑO-2006-2007 (A1) Sta. Margarita (L-1)				AÑO-2006-2007 (A2) Chaquilpampa (L – 2)			
	I	II	III	Total	I	II	III	Total
CANCHAN	10.60	9.80	10.00	30.40	6.00	9.40	5.60	21.00
CAJ004.4	32.20	25.60	31.00	88.80	23.20	22.00	16.00	61.20
CAJ010.5	27.00	29.00	26.20	82.20	12.80	13.80	14.80	41.40
CAJ003.4	23.20	29.00	22.00	74.20	19.20	18.80	14.60	52.60
CAJ010.1	25.40	26.60	24.00	76.00	19.80	20.60	20.20	60.60
CAJ010.4	29.40	22.80	26.40	78.60	17.60	18.60	17.20	53.40
Total	147.80	142.80	139.60	430.20	98.60	103.20	88.40	290.20

Tabla 3. Rendimiento en kg/ (6 m²) de seis genotipos de papa en dos localidades

Año Ambiente Genotipos	AÑO-2007-2008 (A1) Sta. Margarita (L – 1)				AÑO-2007-2008 (A2) Sta. Margarita (L – 2)			
	I	II	III	Total	I	II	III	Total
CANCHAN	11.80	9.60	11.60	33.00	6.40	6.30	8.80	21.50
CAJ004.4	21.80	20.00	25.80	67.60	13.00	11.40	12.60	37.00
CAJ010.5	11.20	10.40	12.80	34.40	10.80	11.00	14.40	36.20
CAJ003.4	20.20	18.80	19.00	58.00	11.40	11.80	9.40	32.60
CAJ010.1	25.40	26.60	19.00	71.00	8.80	8.80	13.60	31.20
CAJ010.4	29.40	25.80	26.40	81.60	13.80	14.20	14.60	42.60
Total	119.80	111.20	114.60	345.60	64.20	63.50	73.40	201.10

Tabla 4. Rendimiento en kg/ (6 m²) de seis genotipos de papa en ocho localidades

Año Ambiente Genotipos	AÑO-2012-2013 (A1) Sta. Margarita (L – 1)				AÑO-2012-2013 (A2) Sta. Rosa (L – 2)			
	I	II	III	Total	I	II	III	Total
CANCHAN	4.10	3.40	2.60	10.10	4.20	3.30	3.40	10.90
CAJ004.4	10.60	13.50	11.10	35.20	14.90	13.10	12.10	40.10
CAJ010.5	9.30	8.20	11.20	28.70	10.20	14.20	11.50	35.90
CAJ003.4	15.10	15.00	19.70	49.80	17.40	15.70	16.10	49.20
CAJ010.1	18.30	20.00	17.60	55.90	11.50	12.20	13.60	37.30
CAJ010.4	15.50	14.10	15.30	44.90	20.30	21.20	22.50	64.00
Total	72.90	74.20	77.50	224.60	78.50	79.70	79.20	237.40

Tabla 5. Rendimiento en kg /parcela (6m²) de seis genotipos de papa en ocho ambientes pertenecientes al Distrito de la Encañada, provincia y departamento de Cajamarca.

Ambiente	Sta Clotilde (L1)			Sta Clotilde (L2)			Sta Margarita (L3)			Chaquil-Pampa (L4)			Sta Margarita (L5)			Sta. Margarita (L6)			Sta. Margarita (L7)			Sta. Rosa (L8)		
	Año 2005-2006			2005-2006			2006-2007			2006-2007			2007-2008			2007-2008			2012-2013			2012-2013		
Genotipos	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Canchan	17.00	13.40	20.00	15.20	16.50	14.80	10.60	9.80	10.00	6.00	9.40	5.60	11.80	9.60	11.60	6.40	6.30	8.80	4.10	3.40	2.60	4.20	3.30	3.40
CAJ004.4	23.50	27.10	24.00	11.10	15.80	12.00	32.20	25.60	31.00	23.20	22.00	16.00	21.80	20.00	25.80	13.00	11.40	12.60	10.60	13.50	11.10	14.90	13.10	12.10
CAJ010.5	18.70	22.80	24.60	12.40	10.60	7.70	27.00	29.00	26.20	12.80	13.80	14.80	11.20	10.40	12.80	10.80	11.00	14.40	9.30	8.20	11.20	10.20	14.20	11.50
CAJ003.4	22.00	21.50	21.30	10.00	12.90	12.20	23.20	29.00	22.00	19.20	18.80	14.60	20.20	18.80	19.00	11.40	11.80	9.40	15.10	15.00	19.70	17.40	15.70	16.10
CAJ010.1	20.70	16.90	18.30	11.10	10.20	11.05	25.40	26.60	24.00	19.80	20.60	20.20	25.40	26.60	19.00	8.80	8.80	13.60	18.30	20.00	17.60	11.50	12.20	13.60
CAJ010.4	30.00	29.80	32.10	16.70	13.20	12.00	29.40	22.80	26.40	17.60	18.60	17.20	29.40	25.80	26.40	13.80	14.20	14.60	15.50	14.10	15.30	20.30	21.20	22.50
Total	131.90	131.50	140.30	76.50	79.20	69.75	147.80	142.80	139.60	98.60	103.20	88.40	119.80	111.20	114.60	64.20	63.50	73.40	72.90	74.20	77.50	78.50	79.70	79.20

Anexo 02. Fotografías de los seis genotipos evaluados

Genotipo CAJ 010.4



Genotipo CAJ004.4



Genotipo CAJ 010.1



Genotipo CAJ010.5



Genotipo CAJ003.4



Variedad Canchan



Anexo 03. Fotografías de las actividades realizadas durante la investigación



Figura 01. Izquierda: Señalización del campo experimenta: Derecha instalación de los genotipos de forma manual según el diseños experimental.



Figura 02. Izquierda: aporque actividad realizada con ayuda de la lampa. Derecha control fitosanitario.



Figura 03. Izquierda: etiquetado para la identificación de los genotipos. Derecha panorama del campo experimental con sus respectivas calles.



Figura 04. Izquierda: cosecha y selección de tubérculos comerciales. Derecha: peso respectivo de los tubérculos.