



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN VEGETAL

IDENTIFICACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE FERTILIZACIÓN EN PAPA
(*Solanum tuberosum* L.), VARIEDAD SUPERCHOLA, EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el
Grado de Magíster en Nutrición Vegetal

Autor:

José Luis Brito Jurado

Director de Tesis:

Manuel Danilo Carrillo Zenteno Ph.D.

Co-Director de Tesis:

Soraya Patricia Alvarado Ochoa Ph.D.

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Agosto – 2015

**IDENTIFICACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE FERTILIZACIÓN EN PAPA
(*Solanum tuberosum* L.), VARIEDAD SUPERCHOLA, EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO.**

Manuel Danilo Carrillo Zenteno Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Dra. Luz María Martínez Buñay
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Edison Gastón Silva Cifuentes Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Rodrigo Saquicela R. M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo de los Tsáchilas, 21 de Agosto de 2015

CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, José Luis Brito Jurado, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, el mismo no ha sido plagiado y no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además, de acuerdo a la Ley de Propiedad Intelectual, todos los derechos del presente trabajo de investigación pertenecen a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



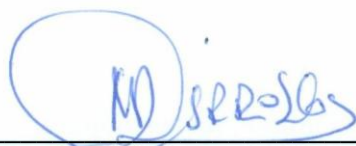
José Luis Brito Jurado
C.I. 0103561817

INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el Sr. José Luis Brito Jurado, previo a la obtención del Grado de Magister en Nutrición Vegetal, considero que dicho trabajo no ha sido plagiado y reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrados para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, a los 21 días del mes de Agosto de 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Carrillo Zenteno', is written over a horizontal line.

Manuel Danilo Carrillo Zenteno Ph.D.

C.I. 0102294378

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que ayudaron y aportaron a la consecución de este documento. Al departamento de Manejo de Agua y Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP dirigido acertadamente por la Dra. Soraya Alvarado, por permitirme ser parte de un gran proyecto de investigación y compartir valiosos momentos con un gran grupo humano y técnico en el área agropecuaria.

A mis profesores y coordinadores de la Maestría en Nutrición Vegetal de la UTE Santo Domingo de los Tsáchilas, por compartir sus conocimientos e inculcarme día a día la superación académica. A mi director y tutores por ayudarme a elaborar de manera ágil y precisa el presente documento sin descuidar la calidad del mismo.

Dedicatoria

A Dios, por permitirme vivir este momento. A mi esposa Paola Rosana, por apoyarme siempre y compartir junto a mí momentos tristes y alegres, y los que vendrán. A mis Padres y Hermana, a mis Tíos y Tías, a mi familia y amigos; que siempre me alentaron y alientan a la superación personal. A mi sobrina Ariana Isabel, que recién empieza a vivir y quien tiene que seguir y superar los logros académicos hoy por mí obtenidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1. Problemática	17
1.2. Justificación de la investigación	18
1.3. Alcance de la investigación.....	19
1.4. Objetivos de la investigación	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
1.5. Hipótesis	20
CAPÍTULO II.....	21
REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. Antecedentes	21
2.2. Fundamentaciones.....	22
2.2.1. La papa	23
2.2.2. Importancia de la papa	24
2.2.3. Papa variedad Superchola	24
CAPÍTULO III	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Sitio de estudio:.....	25
3.1.1. Localización:	25
3.1.2. Características climáticas	25
3.1.3. Características edáficas:	26
3.2. Técnicas y procedimientos.....	26
3.3. Instrumentos.....	27
3.3.1. Material experimental y de campo:	27
3.3.2. Fertilizantes	27
3.3.3. Materiales y equipos de laboratorio:	27
3.4. Recursos.....	28
3.5. Diseño experimental	28
3.6. Factores	29

3.7.	Variables de estudio	30
3.7.1.	Altura de planta	30
3.7.2.	Días a la floración	30
3.7.3.	Días a la madurez fisiológica	31
3.7.4.	Rendimiento total y por categoría	31
3.7.5.	Gravedad específica	31
3.7.6.	Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)	32
3.7.7.	Índice de color y clorofila	32
3.7.8.	Materia seca de planta y tubérculos	32
3.7.9.	Eficiencia agronómica (EA)	33
3.8.	Manejo del experimento.....	33
3.8.1.	Características de las unidades experimentales.....	33
3.8.2.	Distribución de los tratamientos.....	34
3.8.3.	Identificación de lotes	34
3.8.4.	Preparación del suelo	34
3.8.5.	Delimitación del área de ensayo.....	34
3.8.6.	Fertilización inicial.....	35
3.8.7.	Siembra.....	35
3.8.8.	Rascadillo	35
3.8.9.	Medio aporque.....	35
3.8.10.	Aporque y riego.....	35
3.8.11.	Control fitosanitario	36
3.8.12.	Cosecha	36
CAPÍTULO IV		37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
4.1.	Localidad 1: Guachaquisin.....	37
4.1.1.	Altura de planta	37
4.1.2.	Días a la floración	38
4.1.3.	Días a la madurez fisiológica	38
4.1.4.	Rendimiento total y por categorías.....	39
4.1.5.	Gravedad específica	41
4.1.6.	Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)	41
4.1.7.	Índice de color y clorofila	41

4.1.8.	Materia seca de planta y tubérculos	43
4.1.9.	Eficiencia agronómica.....	44
4.1.10.	Coeficientes de correlación	45
4.2.	Localidad 2: Gramaloma.....	45
4.2.1.	Altura de planta	45
4.2.2.	Días a la floración	47
4.2.3.	Días a la madurez fisiológica	47
4.2.4.	Rendimiento total y por categoría	48
4.2.5.	Gravedad específica	49
4.2.6.	Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)	50
4.2.7.	Índice de color y clorofila	50
4.2.8.	Materia seca de planta y tubérculos	51
4.2.9.	Eficiencia agronómica.....	52
4.2.10.	Coeficientes de correlación	53
4.3.	Localidad 3: Chañag	54
4.3.1.	Altura de planta	54
4.3.2.	Días a la floración	55
4.3.3.	Días a la madurez fisiológica	56
4.3.4.	Rendimiento total y por categorías.....	56
4.3.5.	Gravedad específica	58
4.3.6.	Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)	59
4.3.7.	Índice de color y clorofila	59
4.3.8.	Materia seca de planta y tubérculos	61
4.3.9.	Eficiencia agronómica.....	62
4.3.10.	Coeficientes de correlación	63
4.4.	Análisis combinado entre localidades: Guachquisin, Gramaloma y Chañag	64
4.4.1.	Altura de planta	64
4.4.2.	Días a la floración	65
4.4.3.	Días a la madurez fisiológica	66
4.4.4.	Rendimiento total y por categorías.....	66
4.4.5.	Gravedad específica	67
4.4.6.	Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)	68

4.4.7. Índice de color y clorofila	68
4.4.8. Materia seca de planta y tubérculos	69
CAPÍTULO V.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones.....	71
CAPÍTULO VI	73
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Ubicación geográfica de las localidades experimentales	25
Tabla 3. 2. Características meteorológicas de estaciones cercanas a las localidades donde se ubicaron los ensayos.....	26
Tabla 3. 3. Esquema del análisis de varianza para cada localidad	28
Tabla 3. 4. Esquema del análisis de varianza combinado entre localidades	28
Tabla 3. 5. Detalle de los tratamientos utilizados y las dosis correspondientes para cada elemento.....	30
Tabla 3. 6. Clasificación y peso de tubérculos por categorías.....	31
Tabla 4. 1. Altura de planta en las etapas de aporque, floración y madurez fisiológica influenciadas por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin.....	37
Tabla 4. 2. Número de días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin	39
Tabla 4. 3. Rendimiento total y en las categorías comercial y primera; influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin.....	40
Tabla 4. 4. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin	42
Tabla 4. 5. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin	42
Tabla 4. 6. Producción de materia seca influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin.....	43
Tabla 4. 7. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Guachaquisin.....	44
Tabla 4. 8. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Guachaquisin	45
Tabla 4. 9. Alturas de planta influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma	46
Tabla 4. 10. Días a la floración influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma.....	47
Tabla 4. 11. Días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma	48
Tabla 4. 12. Rendimientos total y en las categorías primera y tercera, influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma	49
Tabla 4. 13. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma.....	50
Tabla 4. 14. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma.....	51
Tabla 4. 15. Producción de materia seca influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma	52
Tabla 4. 16. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Gramaloma	53

Tabla 4. 17. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Gramaloma	54
Tabla 4. 18. Altura de planta influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag	55
Tabla 4. 19. Días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag.....	56
Tabla 4. 20. Rendimientos total y en las categorías primera, segunda, y tercera; influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag.....	57
Tabla 4. 21. Gravedad específica influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag	58
Tabla 4. 22. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag	60
Tabla 4. 23. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag	60
Tabla 4. 24. Contenido de materia seca influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag.....	62
Tabla 4. 25. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Chañag	63
Tabla 4. 26. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Chañag.....	64
Tabla 4. 27. Altura de planta influenciada por el efecto de las localidades en Quimiag – Chimborazo.....	65
Tabla 4. 28. Días a la floración influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	65
Tabla 4. 29. Días a la madurez fisiológica influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	66
Tabla 4. 30. Rendimientos en las categorías comercial, primera y tercera; influenciados por el efecto de las localidades en Quimiag – Chimborazo.....	67
Tabla 4. 31. Gravedad específica influenciada por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	67
Tabla 4. 32. Porcentajes de hojuelas aptas y no aptas para la industria influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	68
Tabla 4. 33. Índice de color influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	69
Tabla 4. 34. Índice de clorofila influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo.....	69
Tabla 4. 35. Contenido de materia seca de raíz con follaje influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Escala de color de hojuelas de papa.....	77
Anexo 2. Diagrama de las unidades experimentales y parcelas netas, en cada localidad ...	77
Anexo 3. Diagrama de la distribución de los tratamientos y repeticiones, en cada una de las localidades en donde se implementaron los ensayos	78
Anexo 4. ADEVAS de la altura de planta evaluada al rascadillo, medio aporque, aporque, floración y madurez fisiológica en la localidad Guachaquisin.....	78
Anexo 5. ADEVA para días a la floración en la localidad Guachaquisin.....	78
Anexo 6. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Guachaquisin.....	79
Anexo 7. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Guachaquisin	79
Anexo 8. ADEVA de la gravedad específica de tubérculos en la localidad Guachaquisin	79
Anexo 9. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Guachaquisin	79
Anexo 10. ADEVA del índice de color en la localidad Guachaquisin.....	80
Anexo 11. ADEVA del índice de clorofila en la localidad Guachaquisin	80
Anexo 12. ADEVAS de la materia seca de planta y tubérculos, en la localidad Guachaquisin	80
Anexo 13. ADEVAS de altura de planta al rascadillo, medio aporque, aporque y floración en la localidad Gramaloma	80
Anexo 14. ADEVA para días a la floración en la localidad Gramaloma	81
Anexo 15. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Gramaloma.....	81
Anexo 16. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Gramaloma	81
Anexo 17. ADEVA de la gravedad específica de tubérculos en la localidad Gramaloma..	81
Anexo 18. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Gramaloma	82
Anexo 19. ADEVA del índice de color en la localidad de Gramaloma.....	82
Anexo 20. ADEVA del índice de clorofila en la localidad de Gramaloma.....	82
Anexo 21. ADEVAS de materia seca de planta y tubérculos, en la localidad Gramaloma	82
Anexo 22. ADEVAS de altura de planta al rascadillo, medio aporque, aporque, floración y madurez fisiológica en la localidad Chañag	83
Anexo 23. ADEVA para días a la floración en la localidad Chañag.....	83
Anexo 24. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Chañag	83
Anexo 25. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Chañag ..	83
Anexo 26. ADEVA de la gravedad específica en la localidad Chañag.....	84
Anexo 27. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Chañag	84
Anexo 28. ADEVAS del índice de color en las etapas rascadillo, medio aporque, aporque y floración, en la localidad Chañag	84
Anexo 29. ADEVAS del índice de clorofila al rascadillo, medio aporque, aporque y floración, en la localidad Chañag	84

Anexo 30. ADEVAS del contenido de materia seca en la localidad Chañag	85
Anexo 31. ADEVAS de altura de planta del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	85
Anexo 32. ADEVA para días a la floración del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	85
Anexo 33. ADEVA para días a la madurez fisiológica del análisis combinado entre localidades en Chimborazo.....	86
Anexo 34. ADEVAS de los rendimientos total y por categorías, del análisis combinado entre localidades en Chimborazo.....	86
Anexo 35. ADEVA de la gravedad específica del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	86
Anexo 36. ADEVAS del porcentaje de hojuelas aptas y no aptas para la industria del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	87
Anexo 37. ADEVAS del índice de color del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	87
Anexo 38. ADEVAS del índice de clorofila del análisis combinado entre localidades en Chimborazo	88
Anexo 39. ADEVAS del contenido de materia seca del análisis combinado entre localidades en Chimborazo.....	88
Anexo 40. Análisis de suelos de la localidad Guachaquisin.	89
Anexo 41. Análisis de suelos de la localidad Gramaloma	90
Anexo 42. Análisis de suelos de la localidad Chañag	90

**IDENTIFICACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE FERTILIZACIÓN EN PAPA
(*Solanum tuberosum* L.), VARIEDAD SUPERCHOLA, EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO.**

Autor: José Luis Brito J.

Director: Manuel Carrillo Zenteno Ph.D.

Fecha: Agosto, 2015

RESUMEN

La papa es el tercer cultivo más consumido por el hombre en el mundo, luego del arroz y trigo. En Ecuador se identifican tres zonas productoras: Norte, Centro y Sur; la zona centro, comprende la mayor área sembrada, pero posee los rendimientos más bajos. Con el propósito de obtener información sobre nutrición del cultivo de papa, variedad Superchola, se desarrolló una investigación en tres localidades de la parroquia Quimiag, perteneciente al cantón Riobamba, de la provincia del Chimborazo, bajo la metodología de “Manejo de nutrientes por sitio específico” y el uso de parcelas de omisión. Se evaluaron 10 tratamientos, fertilización óptima, fertilización usada por productores de la zona, testigo absoluto y siete tratamientos de omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y un análisis combinado entre localidades. Se registraron las variaciones fisiológicas, productivas y de calidad, como altura de planta, días a floración y madurez fisiológica, rendimiento total y por categorías, gravedad específica, porcentaje de hojuelas aptas para la industria, eficiencia agronómica, etc. El mayor potencial de rendimiento se obtuvo en Gramaloma, con 56 570 kg ha⁻¹ de papa, seguido por Guachquisin y Chañag con 51 638 y 40 967 kg ha⁻¹, respectivamente; sin diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de hojuelas aptas para la industria; además, se determinó que en general la omisión de Ca elevó la eficiencia agronómica de los nutrientes; mientras que, al omitir N y P, esta eficiencia disminuyó, al igual que el rendimiento.

Descriptor: papa variedad Superchola, parcelas de omisión, manejo de nutrientes, eficiencia agronómica, clima

**IDENTIFICATION OF THE PRIORITIES OF FERTILIZATION ON POTATO
(*Solanum tuberosum* L.), SUPERCHOLA VARIETY, IN THE CHIMBORAZO
PROVINCE.**

Author: José Luis Brito J.

Advisor: Manuel Carrillo Zenteno Ph. D.

Date: August, 2015

ABSTRACT

The potato, ranks as the third most consumed crop by man in the world, after the rice and wheat. In Ecuador three potato producing areas are identified: North, Centre and South; the Center area, comprises the largest sowed area, but it has the lowest yields. In order to obtain information about nutrition of the potato crop, Superchola variety, a research was developed in three locations in the Quimiag parish, belonging to the canton of Riobamba, of the Chimborazo province, under the “Site-specific Nutrient Management” methodology and the use of plots of omission. There were evaluated 10 treatments, optimal fertilization, fertilization used by producers of the area, absolute witness and seven treatments of omission of N, P, K, Ca, Mg, S and B; a complete randomized block design with three replications and a combined analysis between localities were used. Physiological, productive and quality variations were registered, such as plant height, days to flowering, and physiological maturity, total and by category yield, specific gravity, percentage of flakes suitable for industry, agronomic efficiency, etc. The higher yield potential was obtained in Gramaloma, with 56 570 kg ha⁻¹ potato, followed by Guachaquisin and Chañag with 51 638 and 40 967 kg ha⁻¹, respectively; without presenting statistically significant differences in the percentage of flakes suitable for the industry; in addition, it was determined that in general, the omission of Ca increased agronomic efficiency of nutrients; while, by omitting N and P, this efficiency decreased, as did the yield.

Key words: Superchola potato variety, plots of omission, nutrient management, agronomic efficiency, climate.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Al igual que en Ecuador, en Colombia, la fertilización en el cultivo de la papa se ha limitado a la alta exigencia de los nutrientes que se encuentran en el suelo cuando se ha optado por realizar un análisis previo del mismo, se ha dejado de lado el propósito del cultivo así como la variedad que se está cultivando, tampoco se ha tomado en cuenta el mantener un balance nutricional que disminuya la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Los altos potenciales de rendimiento del cultivo de la papa están sujetos a la variabilidad de producción y calidad en favor de las zonas de producción, factores como el clima, suelo, variedad y manejo; hacen necesaria la actualización permanente de los requerimientos nutricionales de tal o cual variedad, para obtener el mayor potencial productivo del cultivo que se está manejando (Villamil, 2005).

Merchán et al. (2008) citados por Valverde et al. (2010) y Cabalceta, Saldías y Alvarado (2005) mencionan que en Costa Rica y Ecuador el cultivo de la papa extrae grandes cantidades de nutrientes, razón por la cual los agricultores utilizan altas dosis de fertilizantes, lo que ha provocado en los últimos años disminución de la productividad de los suelos, bajos rendimientos, contaminación ambiental, mal uso de fertilizantes y gastos innecesarios.

La aplicación de altas dosis de fertilizantes en el cultivo de papa es una práctica común en la región andina y en las zonas productoras del cultivo en el Ecuador. Aunque es un tema de gran importancia aun no se tienen criterios bien definidos sobre esta actividad, razón por la cual la nutrición del cultivo se ha centrado en la aplicación de N, P y K; y escasamente sobre los elementos secundarios y micro elementos, aun conociendo que dosis deficientes, excesivas e inadecuadamente aplicadas de fertilizantes conllevan a contaminaciones ambientales, bajas producciones y a un constante agotamiento de los suelos (Rios, Jaramillo, González y Cotes, 2010).

La papa es considerada la hortaliza de mayor importancia en Brasil y en la sierra Ecuatoriana su cultivo es después del cultivo de maíz suave el más importante,

representando el 7% de la canasta básica familiar y vinculando a 250.000 personas directa e indirectamente. Su fertilización representa la mayor demanda relativa de nutrientes, excediendo en casi seis veces la demanda de nutrientes del cultivo de soya, la nutrición mineral es uno de los factores que más contribuyen a obtener una elevada producción y buena calidad de tubérculos, debiendo esta ser aplicada en cantidades y épocas adecuadas de acuerdo a las exigencias del cultivo (Coraspe-León, Muraoka, Franzini, De Stefano y Granja, 2009) y (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2013).

La heterogeneidad de los suelos ecuatorianos y sinaloenses dedicados al cultivo de la papa, dada por la variabilidad en las características físicas, químicas y mineralógicas; ha hecho que se adopten técnicas y mecanismos de otras zonas dedicadas al mismo cultivo, para que junto a la experiencia del productor encaminen a dicho cultivo. Esto se ha dado por la falta de generación local de información científica y sin tomar en cuenta que una recomendación de fertilización dada para una localidad no siempre va a resultar efectiva en otra localidad (Rodríguez, González, Leiva y Guerrero, 2008) y (Sifuentes, Ojeda, Mendoza, Macías, Rúelas y Inzunza, 2013).

1.2. Justificación de la investigación

El uso eficiente de nutrientes es un aspecto a tener muy en cuenta debido al incremento en los costos de fertilizantes y al daño que estos puedan causar al medio ambiente, la meta en todos los cultivos es incrementar su rendimiento y mejorar la eficiencia de la producción para cumplir con las demandas de los consumidores. Para lograr este objetivo es necesario crear y desarrollar estrategias de manejo de cultivos que produzcan más pero que a su vez integren la rentabilidad y el cuidado ambiental (Espinosa y Mite, 2008).

En el Ecuador se identifican tres principales zonas productoras de papa y dos principales variedades (INIAP-Gabriela y Superchola) que ocupan más de la mitad del área sembrada de las 30 que generalmente se siembran. La zona Norte comprendida por Carchi e Imbabura, es la de mayor producción por área, con rendimientos promedios de 21,7 t ha⁻¹. La zona Centro, comprendida por Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar; representa la mayor área sembrada y la zona Sur, comprendida por las provincias del Azuay, Cañar y Loja; tiene la menor superficie sembrada y el rendimiento más bajo, debido a sus alteradas y escasas precipitaciones (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Se estima que durante el año 2012 en el país se produjeron 305.000 t de papa, con un rendimiento promedio de 8 t ha^{-1} , sin embargo el rendimiento obtenido es el más bajo si se compara con Colombia y Perú, que promedian un rendimiento de 16 y 20 t ha^{-1} respectivamente. Según la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, la provincia de Chimborazo cuenta con un área sembrada de 10.225 ha de papa, ubicándose como la primera provincia a nivel nacional en área cultivada, sin embargo sus rendimientos son relativamente bajos (11 t ha^{-1}) (Pumisacho y Sherwood, 2002), (INEC, 2012) y (MAGAP, 2013).

Espinosa y Mite (2008) indican que la respuesta a la aplicación de nutrientes en los cultivos es específica para cada localidad y una recomendación de fertilización precisa requiere de información sobre la respuesta particular del cultivo a los nutrientes de un sitio específico, pero hasta el momento no se ha avanzado mucho en el tema y se presume que las eficiencias de los diferentes nutrientes es baja, por esta razón, indican que “La determinación exacta de la cantidad total de nutrientes requerida por el cultivo depende de la cantidad total de nutrientes absorbida por un rendimiento determinado y del suministro de nutrientes nativos del suelo” Espinosa y Mite (2008, p.1).

Ante diversos requerimientos y condiciones se vuelve importante desarrollar un método rápido y preciso que permita mejorar la recomendación y eficiencia de los nutrientes en diferentes localidades, ante esta necesidad, el método de manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) busca aplicar dosis óptimas de nutrientes con la finalidad de obtener una alta eficiencia en el uso de los mismos y buenos rendimientos; es decir; lograr la mayor cantidad de producto (rendimiento) por unidad de fertilizante utilizado. También este método busca entregar nutrientes a la planta en la forma y época en que esta los necesite, permitiendo así compensar efectivamente el déficit existente entre el requerimiento del cultivo y el aporte por fuentes nativas del suelo (Espinosa y Mite, 2008) y (Carrillo, Cedeño, Aldean y Davila, 2010).

1.3. Alcance de la investigación

La presente investigación pretende obtener información sobre el manejo eficiente de nutrientes en el cultivo de papa, variedad Superchola, en la provincia de Chimborazo, mediante el desarrollo de la metodología de parcelas de omisión y el MNSE, los cuales permitirán identificar las prioridades de fertilización, además de disponer de información

útil para los técnicos y productores nacionales, con el fin de obtener la más alta eficiencia de los nutrientes en el cultivo. Tomando en cuenta la variabilidad de los eco-sistemas en una misma área, se seleccionaron tres zonas paperas de la mencionada provincia, cada una ubicada en un piso altitudinal diferente con sus respectivas e individuales características.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Identificar las prioridades de fertilización del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola y determinar los efectos de la omisión de nutrientes sobre el desarrollo fisiológico, rendimiento y calidad de tubérculos; en tres localidades de la provincia de Chimborazo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los nutrientes limitantes en el cultivo de papa, variedad Superchola y su efecto sobre el desarrollo del cultivo.
- Determinar la eficiencia agronómica de la fertilización con N, P, K, Ca, Mg, S y B; en el cultivo de papa, variedad Superchola.
- Identificar los efectos de la omisión de nutrientes sobre la calidad de fritura de los tubérculos de papa, variedad Superchola.

1.5. Hipótesis

Ha: Al menos un nutriente limita la producción y calidad de tubérculos de papa, variedad Superchola.

Ho: La producción y calidad de tubérculos de papa, variedad Superchola, no es afectada por la omisión de nutrientes.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Ortega y Flores (1999) y García y Espinosa (2009) trabajando en maíz, indicaron que es necesario conocer la dosis total de nutrientes a aplicar para poder fraccionar y aportar a la planta la cantidad de nutriente requerido en la dosis y época adecuada. Para obtener esta dosis, realizaron una investigación previa mediante el MNSE, siguiendo estos tres pasos básicos:

- Establecimiento de la meta de rendimiento, la cual se obtiene proveyendo al cultivo de todos los nutrientes que éste necesita y del mejor manejo del mismo.
- Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo, estimado con las parcelas de omisión, donde se fertiliza al cultivo con los nutrientes necesarios, menos el elemento de interés, así en el tratamiento de omisión de N será fertilizado con P, K, S, Mg y B, menos N y el valor de N absorbido por el cultivo en este tratamiento, corresponderá al elemento proveniente de las reservas naturales del suelo.
- Determinación de la dosis de nutrientes necesarios para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el aporte de los nutrientes provenientes del suelo, la que dependerá del déficit entre la necesidad total de los nutrientes para alcanzar x rendimiento y el aporte de nutrientes proveniente del suelo, determinado por la parcela de omisión del nutriente.

La metodología de parcelas de omisión utilizada por Arroyo (2015) en tres localidades de la provincia de Carchi, le permitió obtener rendimientos de 19,24; 18,85 y 28,13 t ha⁻¹ respectivamente y demostrar que las prioridades de fertilización para el cultivo de papa variedad Superchola, difieren entre sí, y que la omisión de N y P reducen la eficiencia agronómica de K, Ca, S, Mg y B.

Bouma et al. (1999) citados por Rodríguez, González, Leiva y Guerrero (2008) mencionan que la fertilización por sitio específico consiste en aplicar diferencialmente los fertilizantes, de acuerdo con el nivel de nutrientes de cada zona homogénea dentro un lote, resultando tantas dosis como áreas homogéneas existan. Bajo este criterio realizaron un ensayo para

evaluar el manejo de la fertilidad por sitio específico en un cultivo de maíz en Cundinamarca, obteniendo los mayores valores tanto en rendimiento y beneficio económico en los sitios que fueron tratados bajo esta modalidad, en comparación con los sitios tratados convencionalmente.

Salazar, Santillán, Hernández, Medina, Ibarra y Gómez (2014) en su investigación mencionan que en los cultivos de mango algo a tomar en consideración para mantener su productividad es la nutrición. La adición de fertilizantes se debe realizar tomando en cuenta las necesidades y la fenología de la planta, las características físicas y químicas del suelo y las condiciones del cultivo; esto implicaría que en cada región cada cultivo debería tener su programa de fertilización: el manejo de fertilización por sitio específico (FSE) considera la fuente y dosis de nutriente para cada cultivo, razón por la cual su uso incrementaría a corto plazo la producción y calidad, a más de disminuir la contaminación ocasionada por el uso excesivo de fertilizantes.

2.2. Fundamentaciones

La agricultura de precisión (AP) es un conjunto de acciones que busca optimizar la producción de los cultivos a partir del manejo eficiente de la variabilidad de los agroecosistemas. Esta agricultura de precisión nace del creciente conocimiento de que la agricultura tradicional basada en la generalización, resulta en un pobre entendimiento del proceso de producción y en costos elevados tanto para el productor como negativos para el ecosistema (Leiva, 2003), “La AP permite establecer estrategias de manejo para usar los recursos necesarios en la cantidad requerida, en el lugar adecuado y en el momento oportuno, por lo cual tiene un inmenso potencial para mejorar la gestión de la empresa agropecuaria en aspectos ambientales y económicos” (Leiva, 2003, p. 2).

Desde los mismos inicios de la agricultura, el hombre ya trató de distribuir las labores e insumos de acuerdo con las necesidades de cada zona específica, delimitada en el campo, práctica que se vio disminuida con el surgimiento de la mecanización, ya que se trataron grandes extensiones de tierra con prácticas uniformes. Bajo este criterio en Cuba, se llevó a cabo una investigación con la finalidad de proponer recomendaciones de fertilización diferenciada para el cultivo de papa, empleando técnicas de AP; los resultados mostraron que al utilizar las dosis calculadas de fertilizantes, se garantizaría un ahorro de 16,21 t de

fertilizante compuesto (NPK) y 1,16 t de urea, para la finca en donde se desarrolló la investigación (Hernández, Hernández, Vargas, Zamora y Dopico, 2006).

Milburn et al. (1997) y Prunty y Greenland (1997) citados por Zebarth, Tai, Tarn, de Jong y Milburn (2003) mencionan que la excesiva pérdida de nutrientes en la zona radicular del cultivo de papa, resulta en la contaminación de aguas subterráneas, ocasionando un serio daño al medio ambiente y que esta pérdida podría reducirse implementando practicas de manejo direccionadas. Bajo esta premisa condujeron un experimento en New Brunswick, Canadá, durante los años 1999 y 2000, con veinte cultivares de papa, en donde los cultivares fertilizados con 100, 150 y 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; respectivamente, obtuvieron mayores rendimientos promedio (38,7 y 39,8 t ha⁻¹), que los fertilizados solamente con P₂O₅ y K₂O (35,2 y 28,3 kg ha⁻¹).

Principalmente, el precio de la papa comercial está dado por la combinación del rendimiento y la calidad del tubérculo, existiendo un rango óptimo de gravedad específica (GE) para este tipo de papa. Según Davenport (2001), en la década de los setentas, una investigación conducida en Idaho reportó que la GE de la papa se redujo cuando se incrementó la dosis de K; en los ochentas y a principios de los noventas científicos en Idaho y Oregón, encontraron una pequeña pero estadísticamente significativa reducción en la GE cuando se aplico K independiente de su fuente (KCl y K₂SO₄). Ante esta situación Davenport investigó el efecto del K sobre la GE, sin encontrar diferencias estadísticas entre tratamientos con y sin K; sin embargo, observó que aplicaciones tardías de este elemento si podrían afectar negativamente la GE de los tubérculos.

2.2.1. La papa

En el Ecuador el cultivo de la papa ha sido tradicionalmente un cultivo de altura, que se ha desarrollado entre los 2.000 y 3.600 m.s.n.m., sin embargo, se han establecido investigaciones sobre este cultivo en la zona costanera del país (Península de Santa Elena) con resultados bastante halagadores. El cultivo se desarrolla bien en suelos francos bien drenados, húmiferos y abastecidos adecuadamente de nutrientes así como de materia orgánica. La planta es una dicotiledónea herbácea, con hábitos rastreros o erectos, presenta tallos gruesos y leñosos; generalmente con entre nudos cortos de color verde o rojo purpura. El follaje de color verde, alcanza una altura de entre 0,60 a 1,50 m, con hojas compuestas y pignadas que se ordenan de forma alterna a lo largo del tallo, dando un

aspecto frondoso al follaje que se hace más notorio en las variedades mejoradas (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.2. Importancia de la papa

La papa proviene de América del Sur, de la cordillera de los Andes específicamente, donde fue domesticada por primera vez, se ubica en cuanto a consumo humano como el tercer cultivo más consumido en el mundo, luego del arroz y el trigo. Desde inicios de los años 60, el crecimiento de la superficie de papa ha sido mayor al de los restantes cultivos alimenticios en los países en vías de desarrollo, constituyéndose en un elemento fundamental en la seguridad alimentaria de varios países de América del Sur, Asia y África; actualmente, más de la mitad de la producción mundial del cultivo proviene de los países en vías de desarrollo (Centro Internacional de la Papa, 2010a).

En Ecuador, se estima que 42 000 familias se dedican a la producción de papa, con una producción promedio de 480 000 t año⁻¹, lo que reporta un valor total neto en el comercio de USD 6 000 0000 anuales, siendo este cultivo una importante fuente de ingresos a las economías de las familias rurales y del país (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.3. Papa variedad Superchola

El INIAP/PNRT - PAPA (1998) y Pumisacho y Sherwood (2002) mencionan que la papa variedad Superchola, es de maduración semitardía (180 días), presenta un rendimiento de 30 t ha⁻¹, con un contenido de materia seca del 24% y una gravedad específica de 1.089 t m⁻³. Mencionan también que su consumo es en fresco, tanto en sopas como en puré, y fritas en chips y en corte tipo francés. Su follaje es frondoso, de desarrollo rápido con tallos robustos y fuertes, y flores de color morado. Los tubérculos son de tamaño medio, de piel lisa y rosada; con pulpa de color amarillo pálido, y su demanda por parte del consumidor es la mayor, con alrededor del 30% del total de papas comercializadas en el país.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio:

La investigación se desarrolló en tres localidades de la parroquia Quimiag, perteneciente al cantón Riobamba, de la provincia de Chimborazo.

3.1.1. Localización:

La ubicación geográfica de las localidades en donde se realizaron los ensayos se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1. Ubicación geográfica de las localidades experimentales

	Localidades		
	Guachaquisin	Gramaloma	Chañag
Altitud (msnm)	2910	3105	3273
Coordenadas UTM	X: 0768434	X: 0771505	X: 0775126
	Y: 9813780	Y: 9814118	Y: 9820590

Elaborado por: Autor.

3.1.2. Características climáticas

Las características meteorológicas presentadas en la Tabla 3.2 corresponden a los valores obtenidos en estaciones cercanas a las localidades en donde se realizaron los ensayos. Los datos registrados en la estación de la ESPOCH (estación más cercana al sitio de estudio), se refuerzan con los de la estación UTA, instalada cerca de la ciudad de Ambato.

Tabla 3. 2. Características meteorológicas de estaciones cercanas a las localidades donde se ubicaron los ensayos

	Estación Meteorológica	
	ESPOCH	UTA
Precipitación anual (mm)	694.1	741.9
Temperatura máxima (°C)	22.8	21.5
Temperatura mínima (°C)	2.0	1.9
Temperatura media anual (°C)	13.9	12.7
Humedad relativa (%)	72.0	76.0

Fuente: Estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) – Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

3.1.3. Características edáficas:

Las características de los suelos encontrados en el área de influencia de las localidades experimentales, son indicadas en el Mapa General de Suelos del Ecuador (SECS-CLIRSEN-FERTISA & IGM, 1986).

Clasificación del Suelo.-

- ❖ Orden: Mollisoles
- ❖ Suborden: Ustolls
- ❖ Gran grupo: Haplustolls

El material de origen es de proyecciones volcánicas de ceniza reciente, fina y permeable. La zona de humedad se clasifica como seca, con temperatura templada. Presenta fisiografía y relieves ondulados a colinados de las vertientes y partes bajas norte y centro. Los suelos no presentan horizonte argílico, poseen pH neutro a ligeramente alcalino; de color pardo, profundos, arenosos finos con limo o limosos con arena e incremento de arcilla en profundidad.

3.2. Técnicas y procedimientos

La técnica utilizada en esta investigación fue el manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE), de la cual Dobermann y Fairhurst (2000) mencionan que es una técnica que considera el aporte de nutrientes nativos del suelo en cada sitio, la variabilidad del

contenido de nutrientes en la planta en un ciclo de cultivo y los cambios a corto plazo en el aporte de nutrientes del suelo, basándose en el balance acumulado de los mismos.

3.3. Instrumentos

3.3.1. Material experimental y de campo:

Tubérculos de semilla registrada de papa, variedad Superchola, clorofilómetro CCM-200 plus.

3.3.2. Fertilizantes

Como fuente de los nutrientes utilizados en la investigación se utilizaron los siguientes fertilizantes:

- Fosfato monopotásico: 52 – 34% ($P_2O_5 - K_2O$)
- Nitrato de calcio: 15.5 – 26,3% (N – CaO)
- Sulfato de amonio: 21 – 23% (N – S)
- Magnesil: 19% Mg
- Urea: 46% N
- Solubor: 10% B
- Mainstar calcio: 28% Ca
- Sulfato de magnesio: 15 – 20% (Mg – S)
- Muriato de potasio: 60% K_2O
- Sulfato de potasio: 18 – 50% (S – K_2O)
- Nitrato de amonio: 33% N
- 12 – 52 – 0: 12 – 52% (N – P_2O_5)
- 12 – 30 – 10: 12 – 30 – 10% (N – $P_2O_5 - K_2O$)
- 15 – 17 – 19 – 3 – 4: 15 – 17 – 19 – 3 – 4% (N – $P_2O_5 - K_2O - Mg - S$)

3.3.3. Materiales y equipos de laboratorio:

- Digestores micro kjeldahl (marca Gerhardt)
- Estufa (marca Memmert)
- Molino de tejidos (tipo Wiley Mill)
- Molino de suelos (fabricación nacional)

- Balanza analítica (marca AND)
- Bureta volumétrica graduada
- Erlenmeyers

3.4. Recursos

Los recursos utilizados en la investigación fueron proporcionados dentro del marco del Proyecto PIC-13-IEE-002 titulado “Incidencia del cambio climático y nutrición de cultivos de arroz, maíz duro y papa, con modelos de predicción de cosechas de maíz duro mediante métodos espaciales y espectrales (Maíz Duro)”, financiado por la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), y co-ejecutado por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

3.5. Diseño experimental

En cada localidad experimental se empleó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 10 tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis estadístico por cada localidad y otro combinado entre localidades. Los análisis de variancia (ADEVA) correspondientes a cada análisis estadístico se muestran en las Tablas 3.3 y 3.4, respectivamente.

Tabla 3. 3. Esquema del análisis de variancia para cada localidad

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	29
Tratamientos	9
Repeticiones	2
Error Experimental	18

Tabla 3. 4. Esquema del análisis de variancia combinado entre localidades

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	89
Localidades (L)	2
Repeticiones dentro de localidades	6
Tratamientos (T)	9
L x T	18
Error Experimental	54

Para separar las medias aritméticas obtenidas en cada variable con diferencias estadísticas, se utilizó la prueba de significación de Tukey ($p \leq 5\%$). El análisis estadístico de los datos se realizó usando el software InfoStat® versión 20151 y el software SAS/STAT® para la evaluación de normalidad y homogeneidad de los datos.

3.6. Factores

En la investigación realizada se evaluaron dos factores:

Factor 1: Localidades

- L1: Guachaquisin – Quimiag
- L2: Gramaloma – Quimiag
- L3: Chañag – Quimiag

Factor 2: Tratamientos de omisión de nutrientes

- F1: Fertilización Completa (N, P, K, Ca, Mg, S, B)
- F2: Fertilización sin Nitrógeno (P, K, Ca, Mg, S, B)
- F3: Fertilización sin Fósforo (N, K, Ca, Mg, S, B)
- F4: Fertilización sin Potasio (N, P, Ca, Mg, S, B)
- F5: Fertilización sin Calcio (N, P, K, Mg, S, B)
- F6: Fertilización sin Magnesio (N, P, K, Ca, S, B)
- F7: Fertilización sin Azufre (N, P, K, Ca, Mg, B)
- F8: Fertilización sin Boro (N, P, K, Ca, Mg, S)
- F9: Testigo absoluto (sin aplicación de fertilizantes)
- F10: Fertilización del Agricultor

En la Tabla 3.5 se muestra en detalle los tratamientos utilizados en cada uno de los sitios experimentales, los mismos que constaron de una fertilización óptima o completa, siete tratamientos de omisión de nutrientes (cada uno con la omisión o eliminación de uno de los nutrientes utilizados en la fertilización óptima o completa), un testigo absoluto en el que no se adicionó ningún nutriente y la fertilización del agricultor, que corresponde al aporte de nutrientes utilizados por productores de la zona.

Tabla 3. 5. Detalle de los tratamientos utilizados y las dosis correspondientes para cada elemento

	Tratamiento	Dosis de Nutrientes (kg ha ⁻¹)						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B
1	Completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B)	200	300	196,2	60	60	30	2,5
2	-N (P, K, Ca, Mg, S, B)	0	300	196,2	60	60	30	2,5
3	-P (N, K, Ca, Mg, S, B)	200	0	196,2	60	60	30	2,5
4	-K (N, P, Ca, Mg, S, B)	200	300	0	60	60	30	2,5
5	-Ca (N, P, K, Mg, S, B)	200	300	196,2	0	60	30	2,5
6	-Mg (N, P, K, Ca, S, B)	200	300	196,2	60	0	30	2,5
7	-S (N, P, K, Ca, Mg, B)	200	300	196,2	60	60	0	2,5
8	-B (N, P, K, Ca, Mg, S)	200	300	196,2	60	60	30	0
9	Testigo Absoluto (sin nutrientes)	0	0	0	0	0	0	0
10	Agricultor (N, P, K)	135	375	225	0	0	0	0

Fuente: Departamento de Manejo de Suelos y Agua (DMSA) – INIAP (2013).

3.7. Variables de estudio

Los métodos para la colecta de datos se basaron en las guías para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa, del Programa Nacional de tubérculos y raíces del INIAP/PNTR – PAPA (2008), y de procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa (2010); y del manual de campo de desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes en arroz de Dobermann y Fairhurst (2000).

3.7.1. Altura de planta

Fue tomada a cinco plantas al azar de cada parcela neta, en las etapas de rascadillo, medio aporque, aporque, floración y madurez fisiológica. Para evaluar esta variable se elaboró una regla de campo y se tomó la altura desde la base hasta el ápice de las plantas, el resultado se expresó en centímetros (cm).

3.7.2. Días a la floración

Se contó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de cada parcela neta presentó flores abiertas.

3.7.3. Días a la madurez fisiológica

Se contó el número de días transcurridos desde la siembra, hasta que el 50% de las plantas de cada parcela neta presentaron signos de madurez (amarillamiento y/o acame), los resultados se expresaron en días después de la siembra (dds).

3.7.4. Rendimiento total y por categoría

Esta variable se obtuvo al momento de la cosecha, una vez cosechada la parcela neta de cada unidad experimental se clasificaron los tubérculos en cinco categorías (Tabla 3.6) y se registró su peso en kg parcela neta⁻¹categoría⁻¹. Para obtener el rendimiento total (t ha⁻¹) se sumaron los rendimientos de cada categoría.

Tabla 3. 6. Clasificación y peso de tubérculos por categorías

	Peso de tubérculos (g)
Comercial	Mayor a 120
Primera o gruesa	71 a 120
Segunda o redroja	51 a 70
Tercera o redrojilla	31 a 50
Cuchi	Menos de 30

Categoría propuesta por Pumisacho y Sherwod, 2002.

3.7.5. Gravedad específica

Para determinar esta variable se utilizó el método del hidrómetro, el cual consistió en calibrar el mismo de acuerdo a las especificaciones del manual del usuario. Utilizando una canastilla de metal, se taró la balanza y se llenó un recipiente con agua limpia con suficiente capacidad para que quepa la canastilla. En la canastilla se colocaron 3629 g de tubérculos de la categoría comercial previamente lavados (por necesitarse el peso exacto, se cortó uno de los tubérculos para completar el mismo); una vez con la canastilla lista se enganchó el hidrómetro al asa de la misma y se sumergió en el recipiente con agua, la lectura se tomó directamente del hidrómetro.

3.7.6. Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)

Para obtener esta variable se tomaron los tubérculos con los que se calculó la gravedad específica (categoría segunda o redroja) de cada uno de los tratamientos, se lavaron, pelaron y cortaron en hojuelas con la ayuda de máquinas automatizadas, para luego colocarlas en papel absorbente y secarlas. Teniendo el aceite en la freidora a temperatura mayor o igual a 175° C, se las introdujo por alrededor de tres minutos o hasta que ya no se observó emisión de burbujas. Al retirar las papas del aceite, se retiró su exceso con papel absorbente, y se las evaluó en función del color de la hojuela, basados en la escala propuesta por el laboratorio de frituras del INIAP/PNTR – PAPA (2008) que se muestra en el Anexo 1. Debido a que esta variable clasifica las papas aptas y no aptas para el procesamiento en la industria, se agruparon las categorías 1, 2 y 3 para su evaluación y clasificación como papas aptas para la industria, y las categorías 4 y 5, como papas no aptas para la industria.

3.7.7. Índice de color y clorofila

Utilizando el medidor de clorofila CCM-200 plus, se midió el índice de contenido de clorofila y con los datos obtenidos, se correlacionó el índice de color (2 – 5) en función de la tabla de colores propuesta por el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI). Las mediciones con el mencionado artefacto (CCM-200 plus) se realizaron indiferentemente en el foliolo terminal de la 3^a, 4^a o 5^a hoja; en las cuatro etapas evaluadas (rascadillo, medio aporque, aporque y floración) en cinco plantas tomadas al azar, de cada parcela neta.

3.7.8. Materia seca de planta y tubérculos

En esta variable se tomaron cinco plantas al azar de cada parcela neta al inicio de la madurez fisiológica, trasladándolas hasta la zona de tratamiento en fundas de papel, donde fueron cortadas con tijeras de podar para separar los tubérculos, tallos y follaje. Las partes por separado se lavaron en agua potable y al final en agua destilada. Habiendo obtenido sub muestras, estas se introdujeron en una estufa a temperatura de 65°C por aproximadamente 12 h y se determinó el porcentaje de materia seca, en relación al peso fresco, empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

Los datos que se obtuvieron de la producción de materia seca se expresaron en kg ha^{-1} obedeciendo a la siguiente ecuación:

$$\text{MS (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{MH} \times \frac{\% \text{ MS}}{100}$$

MS = materia seca

MH = materia húmeda (kg ha^{-1})

3.7.9. Eficiencia agronómica (EA)

Se obtuvo la eficiencia agronómica a partir de los datos adquiridos en rendimiento (producción) y a la cantidad (kg) de nutriente aplicado, esta variable está dada por el incremento adicional de producto que se puede obtener por cada kg de nutriente aplicado. La EA responde a la siguiente ecuación:

$$\text{EA} = \frac{\text{R} - \text{R}_0}{\text{F}}$$

R = rendimiento en un tratamiento con aplicación de nutriente

R_0 = rendimiento en un tratamiento sin aplicación del nutriente

F = cantidad de nutriente aplicado

3.8. Manejo del experimento

3.8.1. Características de las unidades experimentales

Se trabajó con 30 unidades experimentales en cada una de las localidades, las cuales presentaron las siguientes características:

Número de tubérculos por sitio: 1 (60g aprox.)

Número de tubérculos por surco: 17

Número de tubérculos por unidad experimental (parcela total): 85

Número de tubérculos por parcela neta: 45

Número de surcos por unidad experimental (parcela total): 5

Número de surcos por parcela neta: 3

Distancia entre plantas: 0,35 m

Distancia entre surcos: 1,20 m

Área de la unidad experimental (parcela total): 35,7 m² (5,95 m x 6 m)

Área de la parcela neta: 18,9 m² (5,25 m x 3,6 m)

El diagrama de la unidad experimental (parcela total) y de la parcela neta se muestra en el Anexo 2.

3.8.2. Distribución de los tratamientos

La distribución de los diez tratamientos y tres repeticiones, en cada localidad donde se implementaron los ensayos, son mostrados en el Anexo 3.

3.8.3. Identificación de lotes

Los lotes de terreno donde se situaron las unidades experimentales, en lo posible cumplieron con los siguientes requisitos:

- Ubicado en una zona papera
- Tener cerca una estación meteorológica
- Haber estado en reposo (sin actividad agrícola) durante al menos dos años o haber sido cultivado con otra especie diferente a la papa
- No haber sido receptor de fertilizantes químicos, previo a la recolección inicial de muestras de suelo.

3.8.4. Preparación del suelo

Seleccionados los sitios experimentales, se aplicó herbicida (glifosato), después de tres semanas se pasó el arado para voltear la tierra, seguidamente se hicieron dos pasadas de rastra para disminuir el tamaño de los agregados y uniformizar el lote.

3.8.5. Delimitación del área de ensayo

Utilizando una cinta métrica, estacas y una piola; se delimitaron las respectivas áreas de las unidades experimentales (parcela total) dejando entre ellas una distancia de 1,20 m que se utilizó como camino.

3.8.6. Fertilización inicial

Para realizar la fertilización inicial se tomó en cuenta la dosis de cada nutriente y su equivalente en la fuente utilizada (fertilizante), mediante la utilización de recipientes aforados con las dosis respectivas, se distribuyó el fertilizante a chorro continuo en el fondo del surco, posterior a lo mencionado y con la finalidad de evitar contacto entre el fertilizante y la semilla, se colocó una capa de tierra sobre la misma, para que haga de barrera separadora.

3.8.7. Siembra

Se realizó el 24, 25 y 26 de junio del 2014 en Guachaquisin, Gramaloma y Chañag; respectivamente. Se colocó un tubérculo (semilla registrada por el INIAP) por sitio de siembra (cada 35 cm) con las yemas hacia arriba para favorecer la brotación; posterior a esto, se cubrió con tierra la semilla (considerando su tamaño).

3.8.8. Rascadillo

El rascadillo se realizó a los cuarenta (Guachaquisin) y cuarenta y uno (Gramaloma y Chañag) días después de la siembra usando un azadón, esto con la finalidad de controlar hierbas no deseadas en el cultivo y permitir la aireación del suelo. Adicional a esta actividad, en esta etapa también se realizó la segunda fertilización, según los tratamientos evaluados y nutrientes utilizados.

3.8.9. Medio aporque

Esta actividad se realizó a los cincuenta y cinco días después de la siembra (Guachaquisin, Gramaloma y Chañag), utilizando un azadón. Se removió y volteó la capa superior del suelo, para incorporar los fertilizantes de la aplicación complementaria que se realizó también en esta etapa y a la vez cubrir con tierra de manera parcial a la planta.

3.8.10. Aporque y riego

Se realizó a los setenta y uno (Gramaloma y Chañag) y setenta y dos (Guachaquisin) días después de la siembra, utilizando un azadón para remover el suelo, incorporar la segunda fertilización complementaria y cubrir de manera total a los tallos principales de la planta, permitiendo airear el suelo, mantener la humedad y crear un soporte para la planta.

A los 86 días después de la siembra, en la localidad de Guachaquisin se realizó un riego por aspersión, durante 6 h, debido a que en esta localidad se presentó déficit hídrico, que podría afectar al rendimiento, al ocurrir cercano a la floración.

3.8.11. Control fitosanitario

Los controles fitosanitarios se realizaron de forma preventiva, en cada una de las etapas mencionadas anteriormente, ya que la zona presentó clima variable (lluvioso – semi soleado), lo que provoca problemas por lancha (*Phytophthora infestans*). El control de insectos plaga, también se realizó bajo el mismo principio (preventivo).

3.8.12. Cosecha

Cuando las plantas presentaron signos de madurez fisiológica (amarillamiento y/o acame), se realizó la cosecha utilizando azadones para remover los tubérculos de la tierra y se los categorizó de acuerdo a la escala correspondiente. Utilizando una balanza colgante graduada en kilogramos, se tomaron los respectivos pesos de las categorías. Adicional a lo mencionado, se recolectaron las plantas de cada tratamiento, que sirvieron para obtener materia húmeda y seca.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Localidad 1: Guachaquisin.

4.1.1. Altura de planta

En esta variable se observaron diferencias estadísticas significativas al aporque y floración, y altamente significativas a la madurez fisiológica como se muestra en el Anexo 4. El tratamiento más limitante resultó ser la omisión de P (43,3 cm), que resultó estadísticamente igual a los restantes tratamientos, con quienes comparten el mismo rango con excepción del tratamiento de omisión de B, que con 60,3 cm de altura, resultó estadísticamente diferente con el tratamiento de omisión de P.

Durante la floración se obtuvo la mayor altura con el tratamiento fertilización completa (77,7 cm), que resultó estadísticamente igual a los de omisión de nutrientes, pero diferente al tratamiento testigo absoluto que presentó 59,1 cm. A madurez fisiológica los tratamientos fertilización completa, -K, -Ca, -Mg, -S y -B presentaron las mayores alturas, mientras que los tratamientos -N, -P y testigo absoluto mostraron las menores, lo que indica que esos dos elementos son importantes para el crecimiento de las plantas (Tabla 4.1).

Tabla 4. 1. Altura de planta en las etapas de aporque, floración y madurez fisiológica influenciadas por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Aporque	Floración cm	Madurez fisiológica
F. completa	58,8 AB	77,7 A	104,0 A
- N	45,8 AB	67,0 AB	83,0 B
- P	43,3 B	63,0 AB	84,0 B
- K	54,8 AB	72,4 AB	106,0 A
- Ca	56,7 AB	74,9 AB	112,0 A
- Mg	57,2 AB	71,3 AB	110,0 A
- S	54,1 AB	72,1 AB	105,3 A
- B	60,3 A	77,4 A	110,3 A
T. absoluto	46,5 AB	59,1 B	82,0 B
F. agricultor	49,1 AB	74,1 AB	102,7 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

Las alturas más bajas obtenidas por efecto de la omisión de nutrientes en las etapas de aporque y floración se dieron con la omisión de P y para madurez fisiológica con la omisión de N. Este efecto a la madurez fisiológica, también fue observado en la provincia de Carchi por Arroyo (2015), quien menciona que las alturas más bajas en plantas de papa se presentaron con la omisión de N. Valverde et al. (2010), también obtuvieron las menores alturas (54,81 y 49,66 cm) y (65,88 y 64,56 cm) en las localidades de Samana y San Jorge, respectivamente, usando dosis bajas de compost y gallinaza (5 t ha⁻¹) que aportaron la menor cantidad de N y P. en comparación con otras dosis evaluadas (10 y 15 t ha⁻¹).

4.1.2. Días a la floración

En esta variable no se observaron diferencias estadísticas significativas como se muestra en el Anexo 5.

4.1.3. Días a la madurez fisiológica

Esta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas como se observa en el Anexo 6. Comparado con el tratamiento de fertilización completa, la omisión de N disminuyó significativamente en 13 días el tiempo a la cosecha, que corresponde al 8,7%; mientras que con la omisión de P, siendo estadísticamente igual al de F. completa, presenta lo contrario elevando en 8,4 días (5,6%); respecto al de omisión de N, este tratamiento eleva en 21,4 días, correspondiendo al 15,70% (Tabla 4.2).

Tabla 4. 2. Número de días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Días a la madurez fisiológica (dds) [*]
F. completa	149,3 ABC
- N	136,3 C
- P	157,7 A
- K	152,3 AB
- Ca	151,0 ABC
- Mg	149,0 ABC
- S	150,0 ABC
- B	150,3 ABC
T. absoluto	140,3 BC
F. agricultor	151,7 AB

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$), *= días después de la siembra.

El efecto de la omisión de N presentado, se corrobora con lo expresado por Arroyo (2015), quien encontró que la omisión de N acorta mayormente el ciclo del cultivo de papa en tres localidades de la provincia de Carchi; este efecto es debido a que en plantas con déficit de N, este elemento es retranslocado desde las hojas hacia los tubérculos, provocando senescencia prematura de la parte aérea, hecho que es confirmado por Kleinkopf et al. (1981) citado por Giletto, Echeverría y Sadras (2003).

4.1.4. Rendimiento total y por categorías

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas en la categoría primera y altamente significativas en la categoría comercial y en producción total (Anexo 7). En la categoría comercial el tratamiento testigo absoluto y omisión de N obtuvieron los más bajos rendimientos (11 626,5 y 12 255,4 kg ha⁻¹), que resultaron estadísticamente diferentes a los tratamientos de fertilización completa, sin fósforo y fertilización del agricultor. Entre tanto, para la categoría primera, el tratamiento testigo absoluto con rendimientos de 6 664,9 kg ha⁻¹ obtuvo la menor producción, aunque estadísticamente igual a los demás tratamientos, excepto con la omisión de B y K (18 177,8 y 17 330,5 kg ha⁻¹, respectivamente). En el rendimiento total los tratamientos que más limitaron fueron el testigo absoluto y omisión de N con 33 219,8 y 36 067,7 kg ha⁻¹, respectivamente, que estadísticamente fueron diferentes a las omisiones de K, Ca, Mg, S, B y de F. completa, cuyos rendimientos superaron los 57 200 kg ha⁻¹ (Tabla 4.3).

Las omisiones de N, P y B reducen el rendimiento, principalmente el primero que presenta 21 165,3 kg ha⁻¹, correspondiendo al 37%, respecto al obtenido en F. completa; sin embargo, con la omisión de K, Ca y Mg, se llega a superar con más de 1,0 t ha⁻¹ el rendimiento de papa. Basado en lo anterior, la prioridad de fertilización en esta localidad por efecto de la omisión de nutrientes resulta en N>>P>B>S≈Mg≈K≈Ca.

Tabla 4. 3. Rendimiento total y en las categorías comercial y primera; influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Comercial	Primera	Total
	kg ha ⁻¹		
F. completa	27157,6 A	13679,3 AB	57232,7 A
- N	12255,4 B	9451,4 AB	36067,4 BC
- P	25270,8 A	10527,6 AB	49372,8 AB
- K	24109,0 AB	17330,5 A	58577,9 A
- Ca	24109,0 AB	15906,7 AB	58621,6 A
- Mg	22134,9 AB	15321,4 AB	58315,9 A
- S	23017,1 AB	16020,3 AB	57416,2 A
- B	20466,5 AB	18177,8 A	56088,4 A
T. absoluto	11626,5 B	6664,9 B	33219,8 C
F. agricultor	17514,0 A	13591,9 AB	51476,2 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

El efecto de la omisión de N obtenidos en las categorías evaluadas, concuerdan con lo obtenido por Arroyo (2015) quien menciona que la omisión de N y el testigo absoluto presentaron los rendimientos más bajos en el cultivo de papa en Carchi; así mismo, Shutian, Jiyun, Yu, Zhanquan, Tianwen, Youhong, y Yan'an (2009) en el Noroeste de China, igualmente obtuvieron los menores rendimientos (22,2 t ha⁻¹), en tres selecciones de papa con la parcela de omisión de N, en comparación con las parcelas de omisión de P y K (22,4 y 31,5 t ha⁻¹). De igual manera, Zebarth, Tai, Tarn, De Jong, y Milburn, (2003) evaluando veinte cultivares de papa en New Brunswick – Canadá, encontraron que el rendimiento con la omisión de N fue de 35,2 y 28,3 t ha⁻¹ en los años 1.999 y 2.000, respectivamente, menores a los obtenidos en esos mismos años (38,7 y 39,8 t ha⁻¹) en los tratamientos con N, P y K.

Estos efectos de la omisión de N sobre el rendimiento, se deben a que este nutriente presenta una relación directa con la fotosíntesis y el desarrollo vegetativo de la planta, como lo indicado por Yin et al. (2003) citado por Luz, Queiroz, y Oliveira, (2013). Los

rendimientos alcanzados en esta localidad, en los tratamientos de omisión, superan al tratamiento con fertilización completa debido a que las reservas naturales de estos suelos, son suficientes para alcanzar altos rendimientos.

4.1.5. Gravedad específica

En esta variable, no se observaron diferencias estadísticas significativas, como se observa en el Anexo 8.

4.1.6. Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)

En esta variable no se observaron diferencias estadísticas significativas, como se observa en el Anexo 9.

4.1.7. Índice de color y clorofila

El índice de color presentó diferencias estadísticas altamente significativas en la etapa de aporque (Anexo 10). Los tratamientos fertilización del agricultor y omisión de B, presentaron los mayores valores con 3,5 cada uno, que resultaron estadísticamente diferentes a los registrados en los tratamientos testigo absoluto y omisión de N, donde se encontraron los valores más bajos con 3,0 cada uno; en tanto que con F. completa, se observó un valor de 3,2 (Tabla 4.4).

Para el índice de clorofila se presentaron diferencias estadísticas en la etapa de aporque (Anexo 11). En cuanto al efecto de la omisión de nutrientes, se observó que el tratamiento de omisión de N presentó el menor valor (29,89), que resultó estadísticamente igual al resto de tratamientos, excepto al de omisión de B y fertilización del agricultor; que con valores mayores a 42,0 fueron estadísticamente diferentes (Tabla 4.5).

Tabla 4. 4. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Aporque
F. completa	3,2 AB
- N	3,0 B
- P	3,1 B
- K	3,2 AB
- Ca	3,1 B
- Mg	3,3 AB
- S	3,2 AB
- B	3,5 A
T. absoluto	3,0 B
F. agricultor	3,5 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fosforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. 5. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Aporque
F. completa	36,30 AB
- N	29,89 B
- P	33,19 AB
- K	35,27 AB
- Ca	34,06 AB
- Mg	39,09 AB
- S	37,29 AB
- B	43,23 A
T. absoluto	33,51 AB
F. agricultor	42,60 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fosforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Los resultados más bajos obtenidos en esta localidad se corroboran con lo obtenido por Arroyo (2015), quien encontró que el índice de color y clorofila de los tratamientos testigo absoluto y omisión de N presentan los valores más bajos en el cultivo de papa en el Carchi. Los valores más bajos obtenidos (-N) se pueden entender, por ser este elemento constituyente de la clorofila y estar involucrado en el proceso de la fotosíntesis Pumisacho y Sherwood (2002), además, tiene influencia sobre los principales procesos del desarrollo de la planta y formación de proteínas (FAO & IFA, 2002) y (Valverde y Alvarado, 2009).

4.1.8. Materia seca de planta y tubérculos

En esta variable se observaron diferencias estadísticas significativas para raíz con follaje y altamente significativas en el tubérculo y planta total (Anexo 12). En la Tabla 4.6, se encuentra que la omisión de N, afecta negativamente la producción de materia seca en sus diferentes componentes, especialmente en el tubérculo y total, donde existieron diferencias estadísticas significativas. Este efecto se tradujo en disminución de 395,5 kg ha⁻¹ (17,4%); 4 602,2 kg ha⁻¹ (34,4%) y 4 997,8 kg ha⁻¹ (32,0%), respectivamente, para raíz con follaje, tubérculo y total. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, la omisión de P elevó en 601,4 kg ha⁻¹ (26,4%) la materia seca de raíz con follaje; mientras que, en la producción de materia seca del tubérculo y total, fue mayor con la omisión de Mg, donde se registraron incrementos de 891,8 kg ha⁻¹ (6,7%) y 1 285,1 kg ha⁻¹ (8,2%), respectivamente.

Tabla 4. 6. Producción de materia seca influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Guachaquisin

Tratamiento [§]	Raíz + follaje	Tubérculo	Total
	kg ha ⁻¹		
F. completa	2275,3 AB	13361,5 A	15636,8 C
- N	1879,8 AB	8759,3 BC	10639,0 AB
- P	2876,7 A	12077,0 AB	14953,7 BC
- K	2555,6 AB	13714,3 A	16269,9 C
- Ca	2323,0 AB	14229,2 A	16552,3 C
- Mg	2668,6 AB	14253,3 A	16921,9 C
- S	1876,0 AB	13561,8 A	15437,8 C
- B	2766,5 AB	13463,3 A	16229,8 C
T. absoluto	1354,1 B	8002,1 C	9356,2 A
F. agricultor	2686,1 AB	12010,0 AB	14696,1 BC

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fosforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

Los resultados de materia seca presentados, concuerdan con los rendimientos, en donde los tratamientos con menor producción de materia seca (testigo absoluto y -N) presentaron los menores rendimientos, mas no así con el mayor contenido de materia seca en tubérculos que se obtuvo con la omisión de Mg y el mayor rendimiento total se encontró con la omisión de Ca. Sin embargo, los porcentajes de materia seca obtenidos están por encima del 20%, superando el porcentaje mínimo (18%) requerido por la industria de chips y

bastones (Caldiz y Gaspari, 1997 citados por Suárez, Giletto, Rattín, Echeverría y Caldiz, (2006) y por Giletto et al. (2003).

4.1.9. Eficiencia agronómica

El único elemento que afecta negativamente la eficiencia agronómica de todos los elementos es el N, con cuya omisión se reduce la eficiencia en 70,6 kg kg⁻¹ (269,5%); 107,8 kg kg⁻¹ (1 562,3%); 352,7 kg kg⁻¹ (1 520,2%); 352,7 kg kg⁻¹ (1 948,6%); 705,5 kg kg⁻¹ (11 565,6%) y 8 466,1 kg kg⁻¹ (1 849,7%), para P, K, Ca, Mg, S y B, respectivamente. También fueron observadas disminuciones menores con la omisión de P y B. Por otro lado, la eficiencia agronómica de todos los elementos se vieron favorecidos con las omisiones de K, Ca, Mg y S, donde fueron registrados incrementos respecto al tratamiento F. completa (Tabla 4.7).

Tabla 4. 7. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Guachaquisin

Tratamientos [§]	Eficiencia Agronómica						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B
	kg tubérculo adicional kg ⁻¹ nutriente aplicado						
F. completa	105,8	26,2	-6,9	-23,2	-18,1	-6,1	457,7
- N		-44,4	-114,7	-375,9	-370,8	-711,6	-8008,4
- P	66,5		-46,9	-154,2	-149,1	-268,1	-2686,2
- K	112,6	30,7		-0,7	4,4	38,7	995,8
- Ca	112,8	30,8	0,2		5,1	40,2	1013,3
- Mg	111,2	29,8	-1,3	-5,1		29,9	890,9
- S	106,7	26,8	-5,9	-20,1	-15,0		531,1
- B	100,1	22,4	-12,7	-42,2	-37,1	-44,3	
T. absoluto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. agricultor	114,1	5,6	-31,6	0,0	0,0	0,0	0,0

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor.

La afectación negativa por parte de la omisión de N en la eficiencia agronómica de los diferentes nutrientes en estudio, concuerda con lo obtenido por Arroyo (2015) quien menciona que en el Carchi, la omisión de N reduce la eficiencia de los nutrientes P, K, Ca, Mg, S y B. No se presentaron similitudes, respecto a los incrementos observados por las omisiones de K, Ca, Mg y S, esto indica que los contenidos naturales de estos elementos en el suelo son elevados.

Las eficiencias de P encontradas en este trabajo, resultan cercanas a las presentadas por Shutian et al. (2009) cuyo valor para papa, es de 32,4 kg kg⁻¹ P₂O₅; más no, las eficiencias agronómicas de N y K (34,6 kg kg⁻¹ y 42,6 kg kg⁻¹), respectivamente, presentados por estos mismos autores son inferiores para N y superiores para K, encontradas en esta localidad.

4.1.10. Coeficientes de correlación

Se encontró una correlación de 0,37 y significativa en la etapa de aporque para el índice de clorofila y el rendimiento total de papa; en tanto que para las restantes etapas del cultivo y categorías de papa, los coeficientes fueron menores de 0,2 y no significativos.

Esta correlación positiva, a la etapa de aporque será de ayuda para poder realizar correcciones en la última fertilización edáfica que se da justamente en esta etapa (Tabla 4.8).

Tabla 4. 8. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Guachaquisin

Correlaciones	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Índice de clorofila vs Rendimiento en la categoría comercial	0,06 ns	-0,10 ns	0,15 ns	0,21 ns
Índice de clorofila vs Rendimiento total	0,01 ns	-0,03 ns	0,37 *	0,06 ns

Coefficiente de correlación de Pearson ($p \leq 0.05$), ns= no significativo, *= significativo.

4.2. Localidad 2: Gramaloma

4.2.1. Altura de planta

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para cada una de las etapas como se observa en el Anexo 13. El tratamiento testigo absoluto presentó en todas las etapas la menor altura con 12,8; 23,2; 35,3; 91,5 y 95,0 cm, respectivamente. En la etapa de rascadillo, sin presentar diferencias estadísticas entre ellos, el nutriente más limitante fue el N (13,9 cm), menor al registrado con omisión de S (19,5 cm) que obtuvo la mayor altura de planta, que a su vez superó con 3,8 cm al tratamiento F. completa. En las etapas de medio aporque, aporque y floración, la omisión de P afectó mayormente esta variable, presentando alturas de 25,0; 37,6 y 94,9 cm; en tanto que la omisión de S, que se sitúa en el rango más alto, favoreciendo la altura de planta e incrementando en 6,0 y 3,8 cm

respecto al tratamiento F. completa en las etapas de medio aporque y floración respectivamente.

Para la etapa de madurez fisiológica la mayor altura de planta se consiguió con la omisión de B (138,0 cm), que resultó estadísticamente igual a los restantes tratamientos excepto al de omisión de N donde con altura de 99,4 cm, resultó menor en 25,3 cm que fue estadísticamente diferente (Tabla 4.9).

Tabla 4. 9. Alturas de planta influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
	cm				
F. completa	15,7 AB	34,4 A	56,5 AB	105,9 ABC	124,7 ABC
- N	13,9 B	31,8 ABC	44,7 BCD	100,2 ABC	99,4 BC
- P	14,5 AB	25,0 BC	37,6 CD	94,9 BC	125,3 ABC
- K	14,9 AB	33,1 AB	58,3 AB	107,0 AB	132,3 AB
- Ca	17,7 AB	36,7 A	55,9 AB	107,2 AB	133,3 AB
- Mg	15,8 AB	33,5 AB	53,9 ABC	102,5 ABC	127,3 ABC
- S	19,5 A	40,4 A	55,9 AB	109,7 A	127,0 ABC
- B	18,1 AB	35,3 A	54,9 ABC	105,3 ABC	138,0 A
T. absoluto	12,8 B	23,2 C	35,3 D	91,5 C	95,0 C
F. agricultor	15,8 AB	39,7 A	63,7 A	110,2 A	137,3 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

El efecto de la omisión de nutrientes sobre la altura de planta varía en esta localidad, igual a lo observado en Guachaquisin, sobresaliendo que en Gramaloma las etapas aporque, floración y madurez fisiológica, estas fueron superiores.

Los nutrientes que más limitaron la altura de las plantas en todas las etapas fueron P y N, concordando con lo obtenido por Arroyo (2015) en Carchi; Alvarado et al. (2010) en Tungurahua y Cotopaxi; FAO & IFA (2002) y Valverde y Alvarado (2009), quienes mencionan que dentro del grupo de los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, el N y P considerados macronutrientes, cumplen roles vitales en la formación de proteínas, fotosíntesis y demás procesos químico – fisiológicos; volviéndose indispensables para la diferenciación de células y el desarrollo de tejidos, que conforman y fortalecen los puntos de crecimiento de las plantas.

4.2.2. Días a la floración

Esta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas como se observa en el Anexo 14. El menor número de días a la floración se presentó con la omisión de N (95,0 días) y testigo absoluto (97,0 días), que resultaron estadísticamente diferentes a los restantes tratamientos, especialmente al de omisión de K (106,7 días) que resultó el más tardío (Tabla 4.10). El efecto de la omisión de N, que estadísticamente se presenta igual al T. absoluto, acortó este tiempo en 9 días con respecto a la F. completa, mientras que la omisión de K, aun que estadísticamente igual a la omisión de P, Ca, Mg, S y B; alargó el periodo en 2,7 días, respecto al mismo tratamiento F. completa.

Tabla 4. 10. Días a la floración influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Días a la floración
F. completa	104,0 A
- N	95,0 B
- P	104,3 A
- K	106,7 A
- Ca	104,7 A
- Mg	106,0 A
- S	104,7 A
- B	104,3 A
T. absoluto	97,0 B
F. agricultor	106,3 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Los días a la floración obtenidos en esta localidad fueron mayores a los encontrados en Guachaquisin (82 días promedio), donde no presentaron diferencias estadísticas significativas, al igual que los promedios obtenidos por Arroyo (2015) en Carchi (83, 68 y 90 días); más el efecto observado por la omisión de N, responde a lo mencionado por Kleinkopf et al. (1981) citado por Giletto et al. (2003) quienes indican que el menor valor obtenido por la omisión de N, se debe a que el déficit del nutriente promueve la aceleración en el ciclo vegetativo del cultivo.

4.2.3. Días a la madurez fisiológica

Esta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas (Anexo 15), presentando la misma tendencia estadística observada en los días a la floración. Se volvió a

encontrar que la omisión de N acertó significativamente los días a la madurez fisiológica en 9,7 días, respecto a la F. completa. En cuanto a la omisión de P, aunque fue estadísticamente igual a la omisión de K, Ca, Mg, S y B; fue la que más atrasó la madurez (un día) respecto al mismo tratamiento (Tabla 4.11).

Tabla 4. 11. Días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Días a la madurez fisiológica (dds)*
F. completa	170,7 A
- N	161,0 B
- P	171,7 A
- K	169,3 A
- Ca	171,3 A
- Mg	170,7 A
- S	168,0 A
- B	170,7 A
T. absoluto	161,7 B
F. agricultor	169,7 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$), *= días después de la siembra.

El efecto de la omisión de nutrientes en esta localidad resultó similar al observado en la localidad Guachaquisin y encontrado por Arroyo (2015) en Carchi.

4.2.4. Rendimiento total y por categoría

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas para la categoría primera y tercera, y altamente significativas para la producción total (Anexo 16).

En la categoría primera, el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento testigo absoluto ($12\ 360,2\ \text{kg ha}^{-1}$) que resultó estadísticamente diferente al más alto, encontrado con la omisión de Ca ($20\ 152,0\ \text{kg ha}^{-1}$). El rendimiento de la parcela de omisión de N aunque no presentó diferencias estadísticas significativas con el F. completa, se observó menor en $3\ 179,7\ \text{kg ha}^{-1}$ que representa el 17,8%. En la categoría tercera todos los tratamientos de omisión resultaron estadísticamente iguales al tratamiento F. completa, incluso este último fue el más bajo ($5\ 083,8\ \text{kg ha}^{-1}$). Con la omisión de S se consiguió el mayor peso de papa de esta categoría, $9\ 451,5\ \text{kg ha}^{-1}$.

El testigo absoluto y la omisión de N con 40 740,8 y 47 475,6 kg ha⁻¹ presentaron las producciones totales más bajas, estadísticamente iguales al de F. completa (56 892,1 kg ha⁻¹); más, diferentes al de omisión de Ca y B que con 63 845,2 y 60 857,8 kg ha⁻¹, en su orden, fueron las de mayor producción total (Tabla 4.12).

Las omisiones de N y P reducen la producción total en 16,5 % y 1,7 %, respetivamente, en comparación con lo obtenido en la F. completa, mientras que las omisiones de K, Ca, Mg, S y B; elevan la producción total de papa en más de 2,4 t ha⁻¹ (4,3%). Con base en lo mencionado, la prioridad de fertilización por efecto de la omisión de nutrientes en esta localidad fue N>>P≈Mg≈S≈K>Ca≈B.

Tabla 4. 12. Rendimientos total y en las categorías primera y tercera, influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Primera	Tercera	Total
	kg ha ⁻¹		
F. completa	17854,7 AB	5083,8 AB	56892,1 AB
- N	14675,0 AB	7783,0 AB	47475,6 BC
- P	18029,4 AB	5118,8 AB	55931,2 AB
- K	18736,9 AB	6848,4 AB	60613,2 AB
- Ca	20152,0 A	5730,3 AB	63845,2 A
- Mg	18116,7 AB	8228,5 AB	59346,6 AB
- S	18981,5 AB	9451,5 A	60403,6 AB
- B	19689,0 A	7005,6 AB	60857,8 A
T. absoluto	12360,2 B	3022,4 B	40740,8 C
F. agricultor	19619,1 A	9110,8 A	59599,9 AB

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

Las producciones totales más altas, obtenidas en esta localidad con la omisión de Ca y B, superan a las obtenidas en Carchi por Arroyo (2015), en Canadá por Zebarth et al. (2003), en el Noroeste de China por Shutian et al. (2009) y en Cotopaxi y Tungurahua por Valverde et al. (2010). Esta respuesta encontrada, indica que estos suelos presentan contenidos naturales de Ca, K y B, suficientes para alcanzar altos rendimientos.

4.2.5. Gravedad específica

En esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los tratamientos estudiados, como se observa en el Anexo 17.

4.2.6. Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)

En esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas como consecuencia de los tratamientos evaluados (Anexo 18).

4.2.7. Índice de color y clorofila

Para el índice de color y clorofila se observaron diferencias estadísticas altamente significativas en la etapa de floración, como se muestran en los Anexos 19 y 20, respectivamente. El menor valor de índice de color se presentó con la omisión de N (2,90) y el mayor valor con la omisión de K (3,43). Las omisiones de N y P provocaron diferencias estadísticas en el índice de color respecto a los encontrados con F. completa, en tanto que las restantes omisiones no mostraron diferencias estadísticas (Tabla 4.13).

La omisión de N, P y el testigo absoluto obtuvieron los menores valores de índice de clorofila (26,41, 31,83 y 27,35, respectivamente); que se muestran diferentes estadísticamente y menores al obtenido en la F. completa (40,87), que fue el mayor valor registrado (Tabla 4.14).

Tabla 4. 13. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Floración
F. completa	3,40 AB
- N	2,90 D
- P	3,03 CD
- K	3,43 A
- Ca	3,23 ABC
- Mg	3,23 ABC
- S	3,13 ABCD
- B	3,10 BCD
T. absoluto	2,93 CD
F. agricultor	3,07 CD

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

Tabla 4. 14. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Floración
F. completa	40,87 A
- N	26,41 D
- P	31,83 CD
- K	40,50 AB
- Ca	38,03 ABC
- Mg	39,32 ABC
- S	36,92 ABC
- B	35,42 ABC
T. absoluto	27,35 D
F. agricultor	32,77 BCD

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

El efecto de la omisión de nutrientes sobre los índices observados en ésta localidad fueron también observados en Guachaquisin, pero en diferentes etapas, siendo también encontrado por Arroyo (2015) en Carchi. Los valores más bajos registrados con la omisión de N, responden a lo mencionado por la FAO & IFA (2002) y Valverde y Alvarado (2009), quienes indican que el N es indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas por intervenir en la formación de proteínas y en el proceso de la fotosíntesis, entre otros.

4.2.8. Materia seca de planta y tubérculos

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para raíz con follaje, tubérculo y planta total (Anexo 21). Aunque con diferencias estadísticas no significativas, al omitir N se redujo la producción de materia seca de raíz con follaje en 28,6% con respecto a lo obtenido en la F. completa ($1\ 865,9\ \text{kg ha}^{-1}$), mientras que al omitir P, la producción de materia seca fue incrementada en 34,1%, respecto al mismo tratamiento.

En la producción de materia seca de tubérculo se obtuvo $11\ 592,8\ \text{kg ha}^{-1}$; con la omisión de P, que se reduce en $1\ 369,0\ \text{kg ha}^{-1}$ (10,6%) respecto al tratamiento de F. completa, mientras que con la omisión de Ca ($15\ 135,0\ \text{kg ha}^{-1}$), que resulta estadísticamente diferente a -P, incrementando la producción en 14,4% respecto al tratamiento de F. completa. En la producción de materia seca total se obtuvo por efecto de la omisión de nutrientes el menor valor con -N ($12\ 960,4\ \text{kg ha}^{-1}$), que reduce la producción en $1\ 867,3$

kg ha⁻¹ (12,6%) con respecto al obtenido en F. completa; mientras que con la omisión de Ca la producción (17 345,7 kg ha⁻¹), se incrementó en 14,5%, respecto al de F completa y estadísticamente diferente al tratamiento -N (Tabla 4.15).

Tabla 4. 15. Producción de materia seca influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Gramaloma

Tratamiento [§]	Raíz + follaje		Tubérculo		Total
	kg ha ⁻¹				
F. completa	1865,9	ABC	12961,8	ABC	14827,7 ABC
- N	1331,8	C	11628,7	BC	12960,4 AB
- P	2831,6	A	11592,8	BC	14424,4 ABC
- K	2823,0	A	13023,8	AB	15846,9 BC
- Ca	2210,8	ABC	15135,0	A	17345,7 C
- Mg	2174,1	ABC	13409,7	AB	15583,8 BC
- S	1936,0	ABC	14079,0	AB	16015,0 BC
- B	2581,2	AB	13564,0	AB	16145,3 BC
T. absoluto	1911,9	ABC	9888,9	C	11800,8 A
F. agricultor	1578,7	BC	12689,1	ABC	14267,7 ABC

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

En esta localidad se presentaron diferencias estadísticas para esta variable, similar a lo encontrado en Guachaquisin. Los porcentajes de materia seca obtenidos están por encima del 20%, valor que supera el 18% mínimo requerido por la industria de chips y bastones, según Caldiz y Gaspari (1997) citados por Suárez et al. (2006) y Giletto et al. (2003). Los resultados más altos obtenidos son debidos al aporte nativo del suelo de los nutrientes faltantes y según Gardner et al. (1985), citados por Santos, Segura y Núñez (2010), también debido a la eficiencia del follaje en la intercepción y utilización de la radiación solar, durante el ciclo del cultivo.

4.2.9. Eficiencia agronómica

La eficiencia agronómica en esta localidad para cada uno de los nutrientes fue afectada positivamente por la omisión de Ca, que incrementó la eficiencia de los nutrientes, para N en 34,8 kg kg⁻¹ (42,5%), P en 23,2 kg kg⁻¹ (87,9%), K en 35,4 kg kg⁻¹ (214,5%), Mg en 115,8 kg kg⁻¹ (154,6%), S en 231,8 kg kg⁻¹ (202,1%) y B en 2781,2 kg kg⁻¹ (232,8%). Por otro lado, la omisión de N redujo la eficiencia de P, K, Ca, Mg, S y B en porcentajes mayores al 70,4%, como el caso del B (Tabla 4.16).

Tabla 4. 16. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Gramaloma

Tratamientos [§]	Eficiencia Agronómica						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B
	kg tubérculo adicional kg ⁻¹ nutriente aplicado						
F. completa	47,1	3,2	-18,9	-115,9	-40,9	-117,1	-1586,3
- N		-28,2	-66,9	-272,8	-197,9	-430,9	-5352,9
- P	42,3		-23,9	-131,9	-56,9	-149,1	-1970,7
- K	65,7	15,6		-53,9	21,1	6,9	-97,8
- Ca	81,9	26,4	16,5		74,9	114,7	1194,9
- Mg	59,4	11,4	-6,5	-74,9		-35,2	-604,5
- S	64,6	14,9	-1,1	-57,4	17,6		-181,7
- B	66,9	16,4	1,3	-49,8	25,2	15,1	
T. absoluto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. agricultor	89,8	9,8	-4,5	0,0	0,0	0,0	0,0

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor.

El efecto negativo de la omisión de N sobre la eficiencia agronómica de los diferentes nutrientes, también fue observado en Guachaquisin en este trabajo y por Arroyo (2015) en Carchi. Los valores promedio de EA obtenidos por Shutian et al. (2009) para N, P y K (34,6; 32,4 y 42,6 kg kg⁻¹, respectivamente) son menores a los encontrados para N y mayores a los de P y K.

4.2.10. Coeficientes de correlación

Para esta localidad, se encontraron correlaciones positivas altamente significativas con coeficientes de correlación de 0,61 y 0,71, entre el índice de clorofila a la floración con el rendimiento en la categoría comercial y total; en tanto que, para el resto de las etapas no hubo significancia con coeficientes menores a 0,34 (Tabla 4.17).

Las correlaciones positivas obtenidas en la época de floración, podrían servir como base para realizar correcciones nutricionales mediante aplicaciones foliares y evitar efectos en el rendimiento.

Tabla 4. 17. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Gramaloma

Correlaciones	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Índice de clorofila vs Rendimiento en la categoría comercial	0,05 ns	0,20 ns	0,11 ns	0,61 **
Índice de clorofila vs Rendimiento total	-0,33 ns	0,18 ns	0,34 ns	0,71 **

Coefficiente de correlación de Pearson ($p \leq 0.05$), ns= no significativo, **= altamente significativo.

4.3. Localidad 3: Chañag

4.3.1. Altura de planta

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para cada una de las etapas evaluadas (Anexo 22). Los tratamientos de omisión de Ca y B, en todas las etapas evaluadas presentaron las mayores alturas, y en la etapa de rascadillo fueron estadísticamente iguales al resto de parcelas de omisión y F. completa. Sin embargo a partir del medio aporque hasta la madurez fisiológica, presentaron diferencias estadísticas con los tratamientos de omisión de N y P, que al final llegaron con alturas de 59,3 y 56,0 cm, respectivamente.

Por efecto de la omisión de N y P, ubicados en el rango más bajo, comparado con el tratamiento F. completa, se encontraron reducciones de altura de planta a la maduración en el orden de 34,7 cm (36,9%) y 38,0 cm (40,4%), respectivamente; en tanto que, la altura fue incrementada en más de 4,5 cm (4,8%) con las omisiones de Ca y B; que se ubican en el rango más alto (Tabla 4.18).

Tabla 4. 18. Altura de planta influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
	cm				
F. completa	14,6 A	28,6 AB	57,6 A	92,6 A	94,0 AB
- N	10,4 AB	21,8 B	32,1 B	51,9 B	59,3 CD
- P	9,3 AB	13,7 C	20,1 C	42,4 B	56,0 D
- K	13,5 AB	26,5 AB	51,5 A	86,5 A	93,0 ABC
- Ca	14,9 A	30,6 A	60,4 A	85,0 A	102,0 A
- Mg	14,2 A	28,4 AB	53,7 A	83,9 A	88,5 ABCD
- S	12,7 AB	27,9 AB	52,7 A	79,9 A	91,3 ABC
- B	14,8 A	29,9 A	55,6 A	93,3 A	98,7 A
T. absoluto	8,3 B	13,4 C	24,9 BC	43,4 B	63,3 BCD
F. agricultor	14,0 A	26,1 AB	58,5 A	91,2 A	92,3 ABC

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las diferencias estadísticas observadas en esta localidad también se presentaron para todas las etapas en Gramaloma, a diferencia de Guachquisin donde se presentó solo al aporque, floración y madurez fisiológica. Las alturas encontradas en esta localidad resultan menores a las obtenidas en Guachquisin (probablemente debido al riego suministrado durante el desarrollo) y mayores a las de Gramaloma. Este efecto siguió la tendencia mencionada por Cabalceta et al. (2005), quienes indicaron que a mayor altura sobre el nivel del mar hay menor temperatura y luminosidad, que provocan disminución en la velocidad de desarrollo de las plantas.

La menor altura encontrada en todas las etapas con la omisión de P responde a que este elemento interviene en todos los procesos de metabolismo y crecimiento, y se vuelve indispensable para la diferenciación de las células, desarrollo de los tejidos y formación de puntos de crecimiento de la planta, según indicado por la FAO & IFA (2002) y Valverde y Alvarado (2009).

4.3.2. Días a la floración

En esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los tratamientos (Anexo 23).

4.3.3. Días a la madurez fisiológica

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (Anexo 23), principalmente entre los tratamientos de omisión de Mg, B y F. completa (más de 157 días) con respecto a los de omisión de N y P, que retardaron la maduración fisiológica en más de 184 días (Tabla 4.19).

Tabla 4. 19. Días a la madurez fisiológica influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Días a la madurez fisiológica (dds)*
F. completa	158,3 CD
- N	184,3 B
- P	195,0 A
- K	158,0 CD
- Ca	160,7 CD
- Mg	157,0 DE
- S	159,0 CD
- B	157,0 DE
T. absoluto	164,3 C
F. agricultor	150,0 E

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$), *= días después de la siembra.

El mayor número de días a la madurez fisiológica observado en el tratamiento de omisión de N, resulta contrario a lo encontrado en Guachaquisin y Gramaloma dentro de esta investigación y a lo reportado por Arroyo (2015) en Carchi.

El incremento de los días a la madurez fisiológica por efecto de la omisión de P es debido a la acción del P en los procesos metabólicos y de desarrollo de la planta, según indicado por la FAO & IFA (2002) y Valverde y Alvarado (2009); este resultado también fue observado en las anteriores localidades.

4.3.4. Rendimiento total y por categorías

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas para la categoría tercera y altamente significativas para las categorías primera, segunda y rendimiento total (Anexo 25).

En la Tabla 4.20, se observa que las omisiones de N y P, presentan diferencias estadísticas en las categorías primera y total, respecto al tratamiento F. completa, con reducciones de 12 907,1 kg ha⁻¹ (70,3%) y 13 819,0 kg ha⁻¹ (77,2%), para la primera categoría y con 26 048,2 kg ha⁻¹ (52,9%) y 28 354,3 kg ha⁻¹ (57,6%) en la total, en su orden. Contrario a esto, con las omisiones de Ca y B, se consiguieron rendimientos totales de papa superiores y estadísticamente iguales a los del tratamiento F. completa.

Para la categoría segunda, la omisión de P y N mostraron diferencias estadísticas respecto al rendimiento obtenido en el tratamiento de F. completa; en tanto que, para la categoría tercera, no hubo efectos estadísticos significativos por omisión de nutrientes (Tabla 4.20).

Por lo antes mencionado, resulta que la prioridad de fertilización en esta localidad siguió la secuencia de P>N>>Mg≈S≈K>B≈Ca.

Tabla 4. 20. Rendimientos total y en las categorías primera, segunda, y tercera; influenciados por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Primera	Segunda	Tercera	Total
	kg ha ⁻¹			
F. completa	17907,1 A	14238,3 AB	10456,0 AB	49248,8 A
- N	5319,7 BC	6761,0 BC	7783,0 AB	23200,6 B
- P	4088,1 C	4472,4 C	7258,9 AB	20894,5 B
- K	15985,3 AB	17059,8 A	10036,7 AB	48287,9 A
- Ca	15312,7 AB	17645,0 A	14972,0 A	52341,0 A
- Mg	11416,9 ABC	16722,5 A	11254,4 AB	47486,0 A
- S	15810,6 AB	16492,0 A	9783,4 AB	47877,4 A
- B	14823,6 ABC	16378,4 A	12054,5 AB	52227,5 A
T. absoluto	6446,5 BC	5162,5 BC	3991,9 B	21051,7 B
F. agricultor	8953,6 ABC	16308,5 A	17164,6 A	47056,2 A

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

El efecto de la omisión de P en esta localidad, que presentó el menor rendimiento, resultó diferente al observado en Guachaquisin y Gramaloma y también al obtenido en Carchi por Arroyo (2015), donde el elemento más limitante para el rendimiento resultó el N. Este efecto es debido a que el P es también un elemento indispensable para la tuberización al inicio del ciclo vegetativo y el desarrollo de la planta, según manifestado por Valverde y Alvarado (2009).

Los altos rendimientos observados en las parcelas de omisión de Ca y B, son indicativos de que las reservas nativas del suelo son suficientes para cubrir la demanda del cultivo y que aplicaciones adicionales provocarían efectos tóxicos. Para el Ca este efecto fue comprensible, basándose en los resultados de los análisis de suelos, que indicaron que este elemento se encontraba en cantidades elevadas y el pH estuvo cercano a la neutralidad; no así para el B, que en los análisis de suelos presentaron cantidades calificadas como deficientes y no hay respuesta al suplemento (Anexo 42).

Algo a considerar es que en esta localidad el rendimiento en la categoría comercial promedia $4,6 \text{ t ha}^{-1}$, que resulta inferior a lo obtenido en Guachaquisin y Gramaloma en esta misma categoría ($20,7$ y $19,0 \text{ t ha}^{-1}$), respectivamente.

4.3.5. Gravedad específica

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (Anexo 26), donde el valor más bajo obtenido fue con el tratamiento de omisión de P, que presenta un rango C (1,10), disímil del de omisión de N, K y Ca con rango A (1,11) (Tabla 4.21).

Tabla 4. 21. Gravedad específica influenciada por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento ^s	Gravedad específica
F. completa	1,10 ABC
- N	1,11 A
- P	1,10 C
- K	1,11 AB
- Ca	1,11 AB
- Mg	1,11 ABC
- S	1,10 ABC
- B	1,11 ABC
T. absoluto	1,11 ABC
F. agricultor	1,10 BC

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

A diferencia de Guachaquisin y Gramaloma, en esta localidad se presentaron diferencias estadísticas para esta variable, aunque numéricamente fueron pequeñas. El mayor valor en gravedad específica obtenido, supera a los valores encontrados en Carchi por Arroyo (2015); aunque la omisión de N concordó con lo observado en la localidad de La Libertad, Carchi, por el mismo autor, mas no así con lo encontrado con la omisión de P.

Al igual que en las anteriores localidades, todos los valores obtenidos superaron al mínimo de 1,08 requerido por la industria (CIP, 2010b).

4.3.6. Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)

En esta variable no se presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los tratamientos evaluados (Anexo 27).

4.3.7. Índice de color y clorofila

Para el índice de color se observaron diferencias estadísticas altamente significativas en la etapa de floración como se muestra en el Anexo 28. El valor más bajo fue obtenido por la omisión de N (2,63), mientras que los más altos y estadísticamente diferentes se obtuvieron con las omisiones de K y B con 3,50 y 3,43, respectivamente (Tabla 4.22).

El índice de clorofila, se presentó con diferencias estadísticas significativas en la etapa de aporque y medio aporque; y altamente significativas en las etapas de rascadillo y floración (Anexo 29). Para la etapa de rascadillo y medio aporque, la omisión de P difirió estadísticamente de la de N y S; sin embargo, son iguales a las encontradas en el tratamiento de F. completa. Igual efecto se encontró en la etapa de aporque, donde los índices de clorofila con las omisiones de K, Mg y B, fueron superiores estadísticamente a los encontrados con omisión de N, más iguales estadísticamente con el de F. completa.

A la etapa de floración se observa que la omisión de N con 21,28, provoca diferencias estadísticas con el tratamiento de F. completa que mostró un índice de 36,39, así como también con los de omisión de K, Mg y B, cuyos índices fueron mayores a 39 y estadísticamente iguales entre sí (Tabla 4.23).

Tabla 4. 22. Índice de color influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Floración
F. completa	3,10 ABC
- N	2,63 C
- P	3,10 ABC
- K	3,50 A
- Ca	3,03 ABC
- Mg	3,33 AB
- S	2,87 ABC
- B	3,43 A
T. absoluto	2,73 BC
F. agricultor	2,70 BC

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. 23. Índice de clorofila influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
F. completa	26,95 AB	30,00 AB	37,45 AB	36,39 ABC
- N	24,30 B	25,83 B	28,13 B	21,28 D
- P	35,91 A	34,33 A	37,09 AB	33,11 ABCD
- K	30,50 AB	29,19 AB	38,65 A	42,11 A
- Ca	29,07 AB	28,34 AB	36,07 AB	34,17 ABCD
- Mg	26,07 B	28,74 AB	37,79 A	39,45 AB
- S	25,78 B	25,93 B	31,60 AB	26,34 BCD
- B	24,79 B	27,58 AB	37,99 A	40,11 AB
T. absoluto	26,69 AB	29,85 AB	34,23 AB	22,89 CD
F. agricultor	25,19 B	27,71 AB	34,70 AB	23,03 CD

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las etapas en que se presentan diferencias estadísticas en el índice de color en esta localidad, concuerdan con las de Gramaloma, pero difieren de Guachquisin; sin embargo el efecto por la omisión de N es igual en las tres localidades.

El índice de clorofila, solo en esta localidad se mostró con diferencias estadísticas en todas las etapas, a diferencia de Guachquisin y Gramaloma donde se observaron en las etapas de aporque y floración, respectivamente.

El efecto de la omisión de N en todas las etapas mostrando los valores más bajos, resultan similares a los encontrados por Arroyo (2015) en Carchi; debido a que este elemento forma parte de la clorofila e interviene en la fotosíntesis como indicado por la FAO & IFA, (2002), Valverde y Alvarado (2009) y Pumisacho y Sherwood (2002).

4.3.8. Materia seca de planta y tubérculos

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas para el contenido de materia seca de raíz con follaje y altamente significativas para el contenido en tubérculo y total (Anexo 30).

El valor más bajo ($1\ 073,3\ \text{kg ha}^{-1}$) de materia seca de raíz con follaje se encontró con la omisión de N, que resultó estadísticamente igual a lo obtenido en el tratamiento de F. completa, con reducción de 31,6%; mientras que con la omisión de K se obtuvo el valor más alto ($2\ 128,4\ \text{kg ha}^{-1}$), mostrándose diferente estadísticamente al tratamiento testigo absoluto que presentó $904,2\ \text{kg ha}^{-1}$.

La producción de materia seca de tubérculo se redujo significativamente en $6\ 484,5\ \text{kg ha}^{-1}$ (51,5%) y $7\ 757\ \text{kg ha}^{-1}$ (61,6%) al omitir N y P, respectivamente, en comparación con el tratamiento de F. completa que rindió $12\ 593\ \text{kg ha}^{-1}$. Contrario a esto, aunque con diferencias no significativas, la omisión de Ca, elevó la producción de materia seca en el tubérculo en $636,7\ \text{kg ha}^{-1}$, que corresponde al 5,1%.

El contenido total de materia seca se vio limitado por la omisión de N y P donde hubo reducciones estadísticamente significativas mayores de $6\ 900\ \text{kg ha}^{-1}$ (49,3%), respecto al de F. completa. Los restantes tratamientos de omisión fueron estadísticamente iguales, resaltando el de omisión de Ca, donde se incrementó $1\ 047,5\ \text{kg ha}^{-1}$, que corresponde al 7,4% (Tabla 4.24).

Tabla 4. 24. Contenido de materia seca influenciado por la omisión de nutrientes en la localidad Chañag

Tratamiento [§]	Raíz + follaje		Tubérculo		Total
	kg ha ⁻¹				
F. completa	1569,7	AB	12593,8	A	14163,4 B
- N	1073,3	AB	6109,3	B	7182,7 A
- P	1188,4	AB	4836,8	B	6025,3 A
- K	2128,4	A	11944,3	A	14072,6 B
- Ca	1980,4	AB	13230,5	A	15210,9 B
- Mg	1693,4	AB	12006,5	A	13699,9 B
- S	1796,0	AB	11459,9	A	13255,8 B
- B	1967,5	AB	12833,6	A	14801,0 B
T. absoluto	904,2	B	4996,9	B	5901,2 A
F. agricultor	1656,5	AB	11293,8	A	12950,3 B

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (p≤0,05).

En esta localidad al igual que en Guachquisin y Gramaloma, también se presentan diferencias estadísticas para todas las partes evaluadas de la planta.

Los porcentajes de materia seca obtenidos en esta localidad, al igual que en las anteriores, se encuentran por encima del 20%, lo que supera el 18% indicado como mínimo requerido por la industria de chips y bastones Caldiz y Gaspari (1997) citados por Suárez, et al., 2006 y Giletto et al., 2003.

4.3.9. Eficiencia agronómica

La omisión de Ca seguida muy de cerca por el B, fue la que mayormente incrementó la eficiencia agronómica de los nutrientes evaluados, respecto a la de F. completa, registrando para N 15,5 kg kg⁻¹ (10,6%), P 10,3 kg kg⁻¹ (9,8%), K 15,8 kg kg⁻¹ (76,3%), Mg 51,5 kg kg⁻¹ (63,7%), S 103,1 kg kg⁻¹ (69,3%) y B 1 236,9 kg kg⁻¹ (2 724,4%). Por otro lado, la omisión de N y en mayor proporción la de P, reducen la eficiencia de cada uno de los nutrientes aplicados, destacando que el P, reduce la EA de B en 11 341,7 kg kg⁻¹ (90,5%), como se observa en la Tabla 4.25.

Tabla 4. 25. Eficiencia agronómica de cada nutriente afectada por la omisión de N, P, K, Ca, Mg, S y B; en la localidad Chañag

Tratamientos [§]	Eficiencia Agronómica						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B
	kg tubérculo adicional kg ⁻¹ nutriente aplicado						
F. completa	130,2	94,5	4,9	-51,5	29,4	45,7	-1191,5
- N		7,7	-127,9	-485,7	-404,8	-822,6	-11610,8
- P	-11,5		-139,6	-524,1	-443,2	-899,4	-12533,2
- K	125,4	91,3		-67,6	13,4	13,7	-1575,8
- Ca	145,7	104,8	20,7		80,9	148,8	45,4
- Mg	121,4	88,6	-4,1	-80,9		-13,0	-1896,6
- S	123,4	89,9	-2,1	-74,4	6,5		-1740,0
- B	145,1	104,4	20,1	-1,9	79,0	145,0	
T. absoluto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. agricultor	176,7	69,8	-5,5	0,0	0,0	0,0	0,0

[§] F. completa= fertilización completa; -N= sin nitrógeno; -P= sin fósforo; -K= sin potasio; -Ca= sin calcio; -Mg= sin magnesio; -S= sin azufre; -B= sin boro; T. absoluto= testigo absoluto y F. agricultor= fertilización del agricultor.

La eficiencia agronómica en esta localidad se vio afectada positivamente al igual que en Guachaquisin y Gramaloma por la omisión de Ca, pero difiere la mayor reducción provocada por la omisión de P con lo observado por Arroyo (2015) en Carchi donde el elemento que mayor limitación presentó fue el N.

Comparados estos valores de EA con los obtenidos por Shutian et al. (2009) resultan mayores para N y P, en tanto que para K, fueron menores; sin embargo, son superiores a los obtenidos en Guachaquisin y menores a los obtenidos en Gramaloma.

4.3.10. Coeficientes de correlación

Se obtuvo correlaciones negativas significativas con coeficientes de 0,38 y 0,46 en la etapa de medio aporque entre el índice de clorofila con el rendimiento en la categoría comercial y total, respectivamente (Tabla 4. 26), indicando que mientras menor sea el índice registrado, mayor será el rendimiento esperado. A la etapa de floración, se observa un coeficiente de correlación positivo y significativo de 0,46, contrario al anterior, solamente para el índice de clorofila y el rendimiento total, indicando que a manera que se eleve el índice de clorofila, se esperarían mayores rendimientos.

Los índices registrados en las etapas de medio aporque y floración, serán de utilidad para realizar correcciones de fertilización edáfica en esta etapa (medio aporque) y foliares a la floración, con la finalidad de obtener mejores producciones de tubérculo.

Tabla 4. 26. Coeficientes de correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento en la categoría comercial y total en la localidad Chañag

Correlaciones	Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Índice de clorofila vs Rendimiento en la categoría comercial	-0,14 ns	-0,38 *	-0,02 ns	0,23 ns
Índice de clorofila vs Rendimiento total	-0,24 ns	-0,46 **	0,21 ns	0,46 *

Coeficiente de correlación de Pearson ($p \leq 0.05$), ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

4.4. Análisis combinado entre localidades: Guachaquisin, Gramaloma y Chañag

En este numeral se presentan los efectos de localidades, que se traducen especialmente en variaciones por efecto del clima y fertilidad natural del suelo (objetivo del estudio), sobre las diferentes variables evaluadas. Las variaciones presentadas por efecto de tratamientos e interacción (tratamientos x localidades), son opacadas por las condiciones naturales de los lugares en estudio, pudiendo dar lugar a confusión; por tal razón no son presentadas, tampoco discutidas en este trabajo.

4.4.1. Altura de planta

En esta variable, a excepción de la etapa de aporque, en todas las restantes presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para localidades (Anexo 31), indicando que hay efectos de ambiente. En las etapas de rascadillo y medio aporque, las alturas más bajas con 12,7 y 24,7 cm respectivamente, fueron registradas en la localidad de Chañag y son estadísticamente diferentes a las otras localidades. En la etapa de floración hubo mayor crecimiento en Gramaloma (104,3 cm) y a madurez fisiológica en Gramaloma y Guachaquisin se obtuvieron las mayores alturas (124,0 y 99,9 cm, respectivamente) (Tabla 4.27).

Tabla 4. 27. Altura de planta influenciada por el efecto de las localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Rascadillo	Medio aporque	Floración	Madurez fisiológica
	cm			
Guachaquisin	17,3 A	31,5 A	70,9 B	99,9 AB
Gramaloma	15,9 A	33,3 A	103,4 A	124,0 A
Chañag	12,7 B	24,7 B	75,0 B	83,9 B

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las diferencias presentadas responden a las características del suelo y principalmente a la altitud de las localidades como mencionado por Cabalceta et al. (2005) quienes indican que a mayor altitud la tasa de crecimiento de la planta disminuye debido a las variaciones en luminosidad, temperatura y consecuentemente la velocidad de desarrollo. De esta forma, se esperaba que la mayor altura de planta sea en la localidad de Guachaquisin (menor altura sobre el nivel del mar); sin embargo, esto no sucedió, probablemente debido a la deficiencia hídrica presentada en esta localidad, al inicio de la etapa de floración.

4.4.2. Días a la floración

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre localidades como se muestra en el Anexo 32. El efecto de localidades se mostró con el menor número de días a la floración en Guachaquisin (83,4 cm), que resultó estadísticamente diferente a lo obtenido en Gramaloma (103,3 cm) y Chañag (116,7 cm), como se observa en la Tabla 4.28.

Tabla 4. 28. Días a la floración influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Días a la floración
Guachaquisin	83,4 C
Gramaloma	103,3 B
Chañag	116,7 A

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las diferencias presentadas responden a las características climáticas principalmente, como lo mencionado por Cabalceta et al. (2005) en que a mayor altitud la velocidad de desarrollo de las plantas disminuye.

4.4.3. Días a la madurez fisiológica

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre localidades (Anexo 33), siendo que el menor número de días a la madurez fisiológica se obtuvo en Guachaquisin (148,8), mientras que fue retardado en Gramaloma con 168,5 días y estadísticamente igual a lo obtenido en Chañag con 164,4 días (Tabla 4.29).

Tabla 4. 29. Días a la madurez fisiológica influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Días a la madurez fisiológica
Guachaquisin	148,8 B
Gramaloma	168,5 A
Chañag	164,4 A

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Al igual que en la variable anterior, las diferencias presentadas responden principalmente a las características climáticas, observando que el ciclo vegetativo duró más en Gramaloma que en Chañag (4 días) y que las dos localidades superaron a Guachaquisin; efecto corroborado por Cabalceta et al. (2005).

4.4.4. Rendimiento total y por categorías

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas para la categoría primera y altamente significativas para las categorías comercial y tercera como se muestra en el Anexo 34.

El efecto de las localidades fue variable según las categorías, observando que la mayor producción de la categoría comercial fue en Guachaquisin ($20\ 766,1\ \text{kg ha}^{-1}$), lo que resultó estadísticamente diferente a lo obtenido en Chañag ($4\ 699,9\ \text{kg ha}^{-1}$), pero igual a lo obtenido en Gramaloma ($19\ 065,3\ \text{kg ha}^{-1}$). En la categoría primera la menor producción se registró en Chañag ($11\ 606,4\ \text{kg ha}^{-1}$), siendo diferente estadísticamente a la producción de Gramaloma ($17\ 821,5\ \text{kg ha}^{-1}$), que se ubica en el rango más alto. Para la tercera categoría, la mayor producción se consiguió en Chañag ($10\ 475,5\ \text{kg ha}^{-1}$) que resultó estadísticamente diferente a las otras dos localidades, que comparten el mismo rango y cuyos rendimientos fueron menores a $6\ 800\ \text{kg ha}^{-1}$ (Tabla 4.30)

Tabla 4. 30. Rendimientos en las categorías comercial, primera y tercera; influenciados por el efecto de las localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Comercial	Primera	Tercera
	kg ha ⁻¹		
Guachquisin	20766,1 A	13667,2 AB	6443,9 B
Gramaloma	19065,3 A	17821,5 A	6738,3 B
Chañag	4699,9 B	11606,4 B	10475,5 A

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

El efecto del suelo y del clima se presentan notorios en esta variable, en la categoría comercial se destaca que a medida que aumenta la altitud, disminuye la producción; mientras que en la categoría tercera se presenta el efecto contrario, a medida que aumenta la altitud, aumenta la producción.

4.4.5. Gravedad específica

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas entre localidades como se muestra en el Anexo 35. El valor más bajo se obtuvo en Gramaloma (1,10), mismo que resultó diferente estadísticamente a los obtenidos en Guachquisin y Chañag, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre ellos (1,11) (Tabla 4.31).

Tabla 4. 31. Gravedad específica influenciada por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Gravedad específica
Guachquisin	1,11 A
Gramaloma	1,10 B
Chañag	1,11 A

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las diferencias presentadas se atribuyen a las características climáticas y edáficas de las localidades; sin embargo los valores obtenidos superan el valor requerido por la industria (1,08) (CIP, 2010b).

4.4.6. Porcentaje de hojuelas buenas (aptas para la industria)

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para el porcentaje de hojuelas aptas y no aptas para la industria como se muestra en el Anexo 36.

El menor porcentaje de hojuelas aptas se registró en Gramaloma (76,52%), mismo que resultó estadísticamente semejante al obtenido en Chañag, pero sí diferente al de Guachquisin (92,42%); por otro lado, el menor porcentaje de hojuelas no aptas para la industria se obtuvo en Guachquisin (7,57%), y el valor más alto en Gramaloma (23,50%), resultando valores estadísticamente diferentes entre sí y al obtenido en Chañag, como se observa en la Tabla 4.32.

Tabla 4. 32. Porcentajes de hojuelas aptas y no aptas para la industria influenciados por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Aptas	No aptas
Guachquisin	92,42 A	7,57 C
Gramaloma	76,52 B	23,50 A
Chañag	81,47 B	18,13 B

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Las diferencias presentadas se atribuyen a las características del clima y suelo de cada localidad, destacando que en Guachquisin se presenta el mayor y menor valor de hojuelas aptas y no aptas para la industria (fritura), respectivamente.

4.4.7. Índice de color y clorofila

En el índice de color y clorofila se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para las etapas de rascadillo, medio aporque y floración, como se muestran en el Anexo 37 y Anexo 38, respectivamente.

El efecto de localidades en el índice de color se observa en la Tabla 4.33, encontrando que en la localidad de Guachquisin se presentaron los mayores índices, siendo estadísticamente diferentes a los registrados en las otras localidades en las etapas de rascadillo y floración, pero en la etapa de medio aporque, fue similar al de Chañag. Los índices más bajos se registraron en las etapas de rascadillo y medio aporque en Gramaloma, y a la floración en Chañag; siendo que en este último resultó estadísticamente igual al obtenido en Gramaloma.

Para el índice clorofila, en las etapas de rascadillo y medio aporque, los índices de 31,8 y 31,4 registrados en la localidad de Guachaquisin, fueron superiores a las restantes localidades; más a la etapa de floración, cada localidad ocupa un rango estadístico diferente, siendo Guachaquisin el más alto con 39,4 que supera a Gramaloma y Chañag, que mostraron índices de 34,9 y 31,9, respectivamente (Tabla 4.34).

Tabla 4. 33. Índice de color influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Rascadillo	Medio aporque	Floración
Guachaquisin	3,03 A	2,98 A	3,30 A
Gramaloma	2,79 C	2,79 B	3,15 B
Chañag	2,88 B	2,93 A	3,04 B

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. 34. Índice de clorofila influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Rascadillo	Medio aporque	Floración
Guachaquisin	31,8 A	31,4 A	39,4 A
Gramaloma	24,3 C	23,8 B	34,9 B
Chañag	27,5 B	28,8 A	31,9 C

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

4.4.8. Materia seca de planta y tubérculos

En esta variable se presentaron diferencias estadísticas significativas únicamente para el contenido de materia seca de raíz con follaje como se muestra en el Anexo 39. El efecto de localidades se mostró con el mayor contenido de materia seca en Guachaquisin (2 326,2 kg ha⁻¹), que resultó diferente estadísticamente al contenido de materia seca obtenido en Chañag (1 595,8 kg ha⁻¹); más comparte el mismo rango con lo obtenido en Gramaloma (2 124,5 kg ha⁻¹), como se observa en la Tabla 4.35.

Tabla 4. 35. Contenido de materia seca de raíz con follaje influenciado por el efecto de localidades en Quimiag – Chimborazo

Localidades	Raíz + follaje (kg ha ⁻¹)
Guachaquisin	2326,2 A
Gramaloma	2124,5 AB
Chañag	1595,8 B

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0,05$).

La tendencia presentada en el contenido de materia seca, concuerda con el rendimiento total obtenido en las localidades evaluadas y se debe a los efectos provocados por la altitud, luminosidad y temperatura (Cabalceta et al. 2005).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la investigación realizada se concluye que:

Las prioridades de fertilización para el cultivo de papa, variedad Superchola, son en Guachaquisin $N \gg P > B \approx Mg \approx K \approx Ca$, en Gramaloma $N \gg P \approx Mg \approx S \approx K > Ca \approx B$ y en Chañag $P > N \gg Mg \approx S \approx K > B \approx Ca$.

El rendimiento potencial alcanzado en Gramaloma, supera al obtenido en Chañag y Guachaquisin.

Las omisiones de N y P, afectaron negativamente el desarrollo del cultivo en las tres localidades; en tanto que las omisiones que favorecieron el desarrollo, fueron diferentes para cada localidad.

El porcentaje de hojuelas aptas para la industria no fue afectado por la omisión de los nutrientes, en ninguna de las tres localidades.

La eficiencia agronómica disminuyó por la omisión de P y N principalmente, mientras que con la omisión de Ca, aumentó en las tres localidades.

Existió una alta correlación entre el índice de clorofila y el rendimiento total, en las etapas de aporque y floración, en Gramaloma y Guachaquisin, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

Analizar independientemente las variables índice de color e índice de clorofila.

Utilizar el clorofilómetro para medir la actividad de clorofila en hojas de ramas y zonas de las plantas previamente definidas.

Determinar el efecto ocasionado por condiciones climáticas adversas (sequías), sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de papa.

Calibrar el método de análisis de B en el suelo o los rangos de interpretación, para encontrar correlación con los rendimientos del cultivo.

Evaluar los efectos de la omisión de nutrientes, sobre la susceptibilidad o tolerancia del cultivo a presencia de plagas y enfermedades.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, A. (2015). *Identificación de las prioridades de fertilización en papa (Solanum tuberosum L.), variedad Superchola, en Andisoles de la Sierra Norte Ecuatoriana*. Tesis de maestría no publicada, UTE, Santo Domingo, Ecuador.
- Cabalчета, G., Saldias, M. y Alvarado, A. (2005). Absorción de nutrimentos en el cultivar de papa MNF-80. *Agronomía Costarricense*, 29 (3), 107-123.
- Carrillo, M., Cedeño, J., Aldean, A. y Davila, S. (2010). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz en Santo Domingo de los Colorados y Patricia Pilar*. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- CIP. (2010a). *Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa*. Centro Internacional de la Papa.
- CIP. (2010b). *Datos y cifras sobre la papa*. Centro Internacional de la Papa.
- Coraspe-León, H., Muraoka, T., Franzini, V., De Stefano, S. y Granja, N. (2009). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia*, 34 (1), 57-63.
- Davenport, J. (2001). *El Potasio y la Gravedad Específica de la Papa*. IPOFOS, Informaciones Agronómicas.
- Dobermann, A. y Fairhurst, T. (2000). *Arroz: Desordenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes*. IPNI.
- Espinosa, J y Mite, F. (2008). *Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en el banano*. IPNI, Informaciones Agronómicas.
- FAO & IFA. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes.

- García, J. y Espinosa, J. (2009). *Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz*. IPNI, Informaciones Agronómicas.
- Giletto, C.M., Echeverría, H.E. y Sadras, V. (2003). *Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (Solanum tuberosum) en el Sudeste Bonaerense*. *Ciencia del Suelo*, 21 (2), 44-51.
- Hernández, P., Hernández, P., Vargas, H., Zamora, Y. y Dopico, Y. (2006). Determinación de normas de fertilización diferenciada para el cultivo de la papa empleando técnicas de agricultura de precisión. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15 (1), 43-46.
- INEC (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC-2012*. Recuperado el 09 de Septiembre del 2014, de www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria/
- INIAP/PNRT – PAPA. (1998). *Variedades de papa cultivadas en el Ecuador*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos – Papa.
- INIAP/PNTR – PAPA. (2008). *Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos – Papa.
- Leiva, F. (2003). *La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista*. VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos.
- Luz, J., Queiroz, A. y Oliveira, R. (2013). Teor crítico foliar de nitrogênio na batata ‘Asterix’ em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, 32, 225-229.
- MAGAP (2013). *El cultivo de papa en Ecuador y planes de mejora*. Recuperado el 20 de Julio del 2015, de http://192.156.137.121:8080/cipotato/region-quito/congresos/v-congreso-ecuadoriano-de-la-papa/carol_chehab.pdf

- Ortega, R y Flores, L. (1999). *Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico*. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. CRI Quilamapu INIA.
- Pumisacho, M y Sherwood, S. (2002). *El Cultivo de la Papa en Ecuador*. Quito, Ecuador: Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood Editores.
- Rios, J., Jaramillo, S., González, L. y Cotes, J. (2010). Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum ssp. Andigena*) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia., 63 (1), 5225-5237.
- Rodríguez, J., González, A., Leiva, F. y Guerrero, L. (2008). Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 26 (2), 308-321.
- Salazar, S., Santillán, G., Hernández, E., Medina, R., Ibarra, M. y Gómez, R. (2014). Efecto a corto plazo de la fertilización de sitio específico en mangos ‘Kent’ y ‘Tommy Atkins’ cultivados sin riego. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5 (4), 645-659.
- Santos, M., Segura, M. y Núñez, C. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 631 (1), 5253-5266.
- Shutian, L., Jiyun, J., Yu, D., Zhanquan, Ch., Tianwen, G., Youhong, L. y Yan'an, T. (2009). *Agronomic evaluation of nutrient management for potato in Northwest China*. XVI International Plant Nutrition Colloquium.
- Sifuentes, E., Ojeda, W., Mendoza, C., Macías, J., Rúelas, J. y Inzunza, M. (2013). Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) considerando variabilidad climática en el “Valle del Fuerte” Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (4), 585-597.

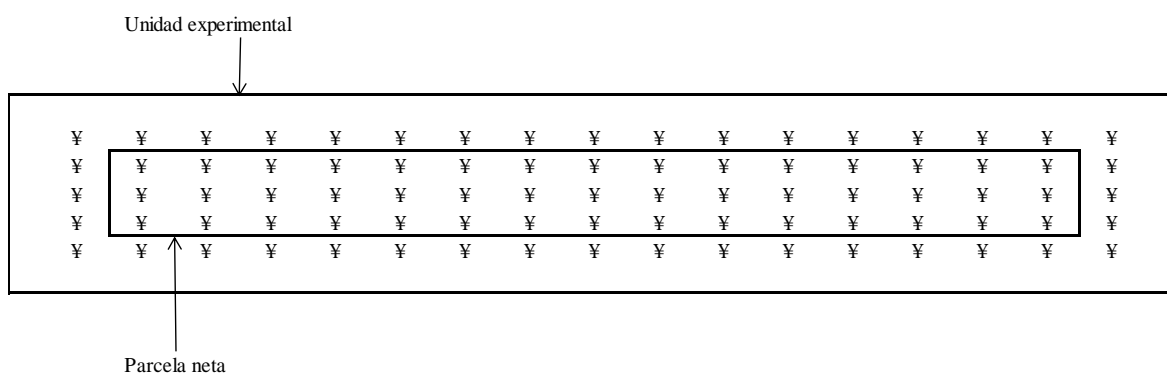
- Suárez, L., Giletto, C., Rattín, J., Echeverría, H. y Caldiz, D. (2006). *Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de tubérculos en papa para industria*. XX Congreso argentino de la Ciencia del Suelo.
- Valverde, F. y Alvarado, S. (2009). *Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de la papa: experiencias del DMSA*. Ecuador. INIAP – CIP.
- Valverde, F., Torres, C., Rivadeneira, J., Parra, F., Cartagena, Y. y Alvarado, S. (2010). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la productividad de papa (Solanum tuberosum L.) variedad INIAP-FRIPAPA en Cotopaxi y Tungurahua*. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Villamil, H. (2005). *Fisiología de la nutrición en papa*. I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa.
- Zebarth, B., Tai, G., Tarn, R., de Jong, H. y Milburn, P. (2003). *Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars*. Potato Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada.

ANEXOS

Anexo 1. Escala de color de hojuelas de papa



Anexo 2. Diagrama de las unidades experimentales y parcelas netas, en cada localidad



Anexo 3. Diagrama de la distribución de los tratamientos y repeticiones, en cada una de las localidades en donde se implementaron los ensayos

R I	T7 (-S)	T6 (-Mg)	T5 (-Ca)	T8 (-B)	T2 (-N)
	T3 (-P)	T9 (Testigo absoluto)	T1 (Completo)	T10 (Agricultor)	T4 (-K)
R II	T6 (-Mg)	T4 (-K)	T7 (-S)	T5 (-Ca)	T3 (-P)
	T2 (-N)	T8 (-B)	T9 (Testigo absoluto)	T1 (Completo)	T10 (Agricultor)
R III	T4 (-K)	T1 (Completo)	T2 (-N)	T10 (Agricultor)	T6 (-Mg)
	T5 (-Ca)	T3 (-P)	T7 (-S)	T9 (Testigo absoluto)	T8 (-B)

Anexo 4. ADEVAS de la altura de planta evaluada al rascadillo, medio aporque, aporque, floración y madurez fisiológica en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
Total	29					
Repetición	2	28,57 **	38,81 ns	88,26 ns	2,21 ns	43,33 ns
Tratamiento	9	5,95 ns	32,63 ns	108,35 *	111,93 *	435,76 **
Error exper.	18	3,74	15,59	31,50	34,32	16,19
Coefficiente de variación		11,20	12,53	10,66	8,26	4,03

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 5. ADEVA para días a la floración en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	9,43 ns
Tratamiento	9	2,63 ns
Error exper.	18	4,47
Coefficiente de variación		2,54

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 6. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	54,30 ns
Tratamiento	9	111,79 **
Error exper.	18	26,11
Coefficiente de variación		3,43

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 7. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Comercial	Primera	Segundada	Tercera	Cuchi	Total
Total	29						
Repetición	2	49398770,5 ns	13773729,1 ns	6007028,4 ns	4580527,0 ns	64301,4 ns	131146059,4 *
Tratamiento	9	85688215,6 **	41240642,0 *	10655223,5 ns	3069512,8 ns	460059,4 ns	270950681,8 **
Error exper.	18	19676287,3	12343813,8	5992493,9	12237242,5	519836,7	24825682,9
Coefficiente de variación		21,4	25,7	26,2	54,3	51,0	9,7

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 8. ADEVA de la gravedad específica de tubérculos en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	0,00004 ns
Tratamiento	9	0,00009 ns
Error exper.	18	0,00004
Coefficiente de variación		0,58

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 9. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Aptas	No aptas
Total	29		
Repetición	2	35,02 ns	34,20 ns
Tratamiento	9	57,67 ns	57,27 ns
Error exper.	18	36,50	36,40
Coefficiente de variación		6,54	79,70

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 10. ADEVA del índice de color en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	0,00 ns	0,00033 ns	0,07 *	0,01 ns
Tratamiento	9	0,01 ns	0,0017 ns	0,11 **	0,06 ns
Error exper.	18	0,02	0,0014	0,02	0,04
Coefficiente de variación		4,26	1,27	4,16	5,75

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 11. ADEVA del índice de clorofila en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	1,76 ns	8,52 ns	10,10 ns	3,85 ns
Tratamiento	9	7,86 ns	8,15 ns	53,66 **	12,27 ns
Error exper.	18	10,76	10,86	12,20	10,72
Coefficiente de variación		10,33	10,49	9,58	8,32

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 12. ADEVAS de la materia seca de planta y tubérculos, en la localidad Guachaquisin

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Raíz + follaje	Tubérculo	Total
Total	29			
Repetición	2	11589,51 ns	5260033,35 ns	4979918,83 ns
Tratamiento	9	715255,48 *	14911163,05 **	19898871,22 **
Error exper.	18	235343,71	1863502,76	2252629,10
Coefficiente de variación		20,86	11,06	10,23

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 13. ADEVAS de altura de planta al rascadillo, medio aporque, aporque y floración en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
Total	29					
Repetición	2	0,92 ns	8,63 ns	76,92 ns	27,37 ns	36,00 ns
Tratamiento	9	12,50 **	93,78 **	259,12 **	116,23 **	666,27 **
Error exper.	18	3,36	10,12	36,40	24,85	147,99
Coefficiente de variación		11,56	9,55	11,68	4,82	9,81

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 14. ADEVA para días a la floración en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	3,10 ns
Tratamiento	9	47,59 **
Error exper.	18	2,77
Coefficiente de variación		1,61

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 15. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	0,13 ns
Tratamiento	9	45,79 **
Error exper.	18	3,28
Coefficiente de variación		1,08

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 16. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Cuchi	Total
Total	29						
Repetición	2	4555245,3 ns	4471442,4 ns	7831487,5 ns	4505447,8 ns	742748,9 ns	312466,8 ns
Tratamiento	9	37859689,3 ns	18063609,5 *	8161039,2 ns	12189953,8 *	533460,4 ns	151010923,4 **
Error exper.	18	19033858,6	5564197,3	5681748,1	3930231,6	942218,3	20396322,2
Coefficiente de variación		22,3	13,2	20,9	29,4	63,0	7,9

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 17. ADEVA de la gravedad específica de tubérculos en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	0,00004 ns
Tratamiento	9	0,000085 ns
Error exper.	18	0,000084
Coefficiente de variación		0,58

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 18. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Aptas	No aptas
Total	29		
Repetición	2	28,89 ns	28,94 ns
Tratamiento	9	30,07 ns	30,41 ns
Error exper.	18	55,37	55,25
Coefficiente de variación		9,72	31,63

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 19. ADEVA del índice de color en la localidad de Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	0,003 ns	0,06 ns	0,03 ns	0,02 ns
Tratamiento	9	0,01 ns	0,01 ns	0,03 ns	0,10 **
Error exper.	18	0,02	0,02	0,04	0,01
Coefficiente de variación		4,88	4,83	6,11	3,40

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 20. ADEVA del índice de clorofila en la localidad de Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	0,39 ns	7,67 ns	19,22 ns	8,24 ns
Tratamiento	9	3,69 ns	1,50 ns	16,08 ns	81,23 **
Error exper.	18	6,34	4,47	14,01	7,24
Coefficiente de variación		10,37	8,88	9,97	7,70

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 21. ADEVAS de materia seca de planta y tubérculos, en la localidad Gramaloma

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Raíz + follaje	Tubérculo	Total
Total	29			
Repetición	2	54885,96 ns	352678,13 ns	133870,69 ns
Tratamiento	9	760124,72 **	6478491,89 **	8044351,80 **
Error exper.	18	136871,63	1124412,81	1347170,07
Coefficiente de variación		17,41	8,29	7,78

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 22. ADEVAS de altura de planta al rascadillo, medio aporque, aporque, floración y madurez fisiológica en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
Total	29					
Repetición	2	13,28 *	48,38 **	159,31 **	936,62 **	3035,07 **
Tratamiento	9	17,97 **	121,08 **	677,54 **	1278,93 **	894,2 **
Error exper.	18	3,73	7,37	15,51	28,77	132,41
Coefficiente de variación		15,23	11,00	8,43	7,15	13,72

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 23. ADEVA para días a la floración en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	4,93 ns
Tratamiento	9	0,36 ns
Error exper.	18	2,27
Coefficiente de variación		1,29

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 24. ADEVA para días a la madurez fisiológica en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	27,23 *
Tratamiento	9	590,48 **
Error exper.	18	6,01
Coefficiente de variación		1,49

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 25. ADEVAS de los rendimientos por categorías y total, en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Cuchi	Total
Total	29						
Repetición	2	360135648,6 **	139034473,5 **	90943441,9 **	24935192,9 ns	1225029,8 *	1210576332,2 **
Tratamiento	9	8545813,9 ns	76793805,4 **	86973175,2 **	42788994,4 *	389683,7 ns	540283617,2 **
Error exper.	18	4764391,8	14318856,1	9933069,5	12188103,5	254729,6	22533877,1
Coefficiente de variación		46,4	32,6	24,0	33,3	47,6	11,59

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 26. ADEVA de la gravedad específica en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	29	
Repetición	2	0,00034 **
Tratamiento	9	0,000083 **
Error exper.	18	0,000018
Coefficiente de variación		0,38

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 27. ADEVA del porcentaje de hojuelas aptas para la industria en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Aptas	No aptas
Total	29		
Repetición	2	55,88 ns	65,26 ns
Tratamiento	9	33,45 ns	39,24 ns
Error exper.	18	46,02	46,90
Coefficiente de variación		8,33	37,78

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 28. ADEVAS del índice de color en las etapas rascadillo, medio aporque, aporque y floración, en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	0,02 ns	0,02 ns	0,02 ns	0,03 ns
Tratamiento	9	0,03 ns	0,01 ns	0,03 ns	0,29 **
Error exper.	18	0,02	0,01	0,01	0,05
Coefficiente de variación		5,37	3,29	2,95	7,26

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 29. ADEVAS del índice de clorofila al rascadillo, medio aporque, aporque y floración, en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	29				
Repetición	2	3,17 ns	37,62 **	2,49 ns	19,17 ns
Tratamiento	9	37,02 **	17,74 *	33,19 *	186,32 **
Error exper.	18	10,03	5,82	10,16	23,48
Coefficiente de variación		11,50	8,39	9,01	15,20

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 30. ADEVAS del contenido de materia seca en la localidad Chañag

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Raíz + follaje	Tubérculo	Total
Total	29			
Repetición	2	1912100,37 **	43046664,38 **	63061799,68 **
Tratamiento	9	513618,11 *	34486844,32 **	42617252,18 **
Error exper.	18	156480,99	1881774,96	2972646,73
Coeficiente de variación		24,79	13,54	14,70

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 31. ADEVAS de altura de planta del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración	Madurez fisiológica
Total	89					
Localidades (L)	2	166,56 **	622,71 **	304,63 ns	9416,79 **	12234,26 **
Repeticiones dentro de localidades	6	14,26	31,94	108,16	322,07	1038,13
Tratamientos (T)	9	23,70 **	210,23 **	839,26 **	1034,93 **	1752,44 **
Localidad x tratam.	18	6,36 ns	18,63 ns	102,88 **	236,08 **	121,90 ns
Error experimental	54	3,61	11,03	27,81	29,31	98,86
Coeficiente de variación		12,44	11,13	10,48	6,51	9,69

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 32. ADEVA para días a la floración del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	89	
Localidades (L)	2	8455,63 **
Repeticiones dentro de localidades	6	5,82
Tratamientos (T)	9	21,30 **
Localidad x tratamiento	18	14,63 **
Error experimental	54	3,17
Coeficiente de variación		1,76

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 33. ADEVA para días a la madurez fisiológica del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	89	
Localidades (L)	2	3229,54 **
Repeticiones dentro de localidades	6	27,22
Tratamientos (T)	9	248,83 **
Localidad x tratamiento	18	249,62 **
Error experimental	54	11,80
Coefficiente de variación		2,14

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 34. ADEVAS de los rendimientos total y por categorías, del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Cuchi	Total
Total	89						
Localidades (L)	2	2336912335,4 **	300657268,9 *	107204203,7 ns	151537796,4 **	1845497,1 ns	1908373062,4 ns
Repeticiones dentro de localidades	6	138029888,2	52426548,3	34927319,3	11340389,3	677360,0	447344952,8
Tratamientos (T)	9	83514678,2 **	105630811,7 **	68692850,4 **	34286600,2 **	902243,7 ns	829326904,8 **
Localidad x tratam.	18	24289520,4 ns	15233622,6 ns	18548293,7 **	11880930,4 ns	240479,9 ns	66459158,8 **
Error experimental	54	14491512,6	10742289,1	7202437,2	9451859,2	572261,6	22585294,1
Coefficiente de variación		25,7	22,8	23,8	38,9	56,5	9,6

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 35. ADEVA de la gravedad específica del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	89	
Localidades (L)	2	0,0012 *
Repeticiones dentro de localidades	6	0,00014
Tratamientos (T)	9	0,00015 **
Localidad x tratamiento	18	0,000056 ns
Error experimental	54	0,000048
Coefficiente de variación		0,63

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 36. ADEVAS del porcentaje de hojuelas aptas y no aptas para la industria del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Aptas	No aptas
Total	89		
Localidades (L)	2	1985,66 **	1969,89 **
Repeticiones dentro de localidades	6	39,93	42,80
Tratamientos (T)	9	63,24 ns	63,26 ns
Localidad x tratamiento	18	28,97 ns	31,83 ns
Error experimental	54	45,96	46,18
Coefficiente de variación		8,12	41,44

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 37. ADEVAS del índice de color del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	89				
Localidades (L)	2	0,44 **	0,30 **	0,07 ns	0,05 **
Repeticiones dentro de localidades	6	0,01	0,03	0,04	0,02
Tratamientos (T)	9	0,02 ns	0,01 ns	0,10 **	0,25 **
Localidad x tratam.	18	0,02 ns	0,01 ns	0,03 ns	0,01 **
Error experimental	54	0,02	0,01	0,02	0,03
Coefficiente de variación		4,48	3,38	4,62	5,66

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 38. ADEVAS del índice de clorofila del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rascadillo	Medio aporque	Aporque	Floración
Total	89				
Localidades (L)	2	421,54 **	447,32 **	34,93 ns	425,74 **
Repeticiones dentro de localidades	6	1,77	17,94	10,60	10,42
Tratamientos (T)	9	16,65 ns	11,47 ns	69,93 **	170,51 **
Localidad x tratam.	18	15,96 ns	7,97 ns	16,50 ns	54,66 **
Error experimental	54	9,04	7,05	12,12	13,81
Coeficiente de variación		10,80	9,48	9,55	10,50

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 39. ADEVAS del contenido de materia seca del análisis combinado entre localidades en Chimborazo

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Raíz + follaje	Tubérculo	Total
Total	89			
Localidades (L)	2	4268226,95 *	61067690,71 ns	94679762,27 ns
Repeticiones dentro de localidades	6	659525,28	16219791,95	22725251,83
Tratamientos (T)	9	1318699,65 **	45582608,31 **	57196358,63 **
Localidad x tratam.	18	335149,33 *	5146945,47 **	6681991,68 **
Error experimental	54	176232,11	1623230,18	2190824,99
Coeficiente de variación		20,83	10,48	10,75

ns= no significativo, *= significativo, **= altamente significativo.

Anexo 40. Análisis de suelos de la localidad Guachaquisin.

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

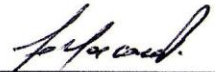
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : JORGE LLIQUIN Dirección : RIOBAMBA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : GUACHAQUISIN Provincia : CHIMBORAZO Cantón : RIOBAMBA Parroquia : QUIMIAG Ubicación : PROYECTO INIAP-IEE	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : PAPA Fecha de Muestreo : 09/04/2014 Fecha de Ingreso : 25/04/2014 Fecha de Salida : 06/05/2014
---	---	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
01474	R1 - 0-15	7,05 PN	29,00 B	10,00 M	3,90 B	0,70 A	21,50 A	3,80 A	0,5 B	13,8 A	104,0 A	3,7 B	0,70 B
01475	R1 - 15-30	7,18 PN	35,00 M	12,00 M	3,60 B	0,63 A	21,00 A	3,80 A	0,4 B	13,5 A	99,0 A	4,1 B	0,90 B
01476	R2 - 0-15	7,15 PN	23,00 B	11,00 M	4,30 B	0,70 A	19,70 A	3,50 A	0,4 B	13,0 A	93,0 A	3,6 B	1,10 M
01477	R2 - 15-30	7,24 PN	35,00 M	8,90 B	3,20 B	0,60 A	22,40 A	3,90 A	0,3 B	13,5 A	88,0 A	3,0 B	0,80 B
01478	R3 - 0-15	7,06 PN	25,00 B	16,00 M	4,80 B	0,74 A	21,30 A	3,50 A	0,4 B	13,6 A	107,0 A	3,9 B	1,00 M
01479	R3 - 15-30	7,22 PN	26,00 B	9,50 B	4,20 B	0,56 A	22,90 A	3,70 A	0,3 B	13,8 A	92,0 A	3,3 B	0,80 B

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac	= Acido	N = Neutro
LAc	= Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino
PN	= Prac. Neutro	Al = Alcalino
	RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)
		B = Bajo
		M = Medio
		A = Alto

METODOLOGIA USADA		
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
		B = Curcumina


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : JORGE LLIQUIN Dirección : RIOBAMBA Ciudad : Teléfono : Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : GUACHAQUISIN Provincia : CHIMBORAZO Cantón : RIOBAMBA Parroquia : QUIMIAG Ubicación : PROYECTO INIAP-IEE	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> Cultivo Actual : PAPA Fecha de Muestreo : 09/04/2014 Fecha de Ingreso : 25/04/2014 Fecha de Salida : 06/05/2014
--	--	---

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na									Arena	Limo	Arcilla	
				C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl				
01474					3,10 M	5,66	5,43	36,14	26,00			37	43	20	Franco
01475					2,60 B	5,53	6,03	39,37	25,43			37	43	20	Franco
01476					3,10 M	5,63	5,00	33,14	23,90			37	43	20	Franco
01477					2,60 B	5,74	6,50	43,83	26,90			37	43	20	Franco
01478					3,00 M	6,09	4,73	33,51	25,54			37	43	20	Franco
01479					2,70 B	6,19	6,61	47,50	27,16			37	43	20	Franco

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH



RESPONSABLE LABORATORIO



LABORATORISTA

Anexo 41. Análisis de suelos de la localidad Gramaloma

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : OLMEDO CAMUANA Dirección : RIOBAMBA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : GRAMALOMA Provincia : CHIMBORAZO Cantón : RIOBAMBA Parroquia : QUIMIAG Ubicación : PROYECTO INIAP-IEE	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : PAPA Fecha de Muestreo : 08/04/2014 Fecha de Ingreso : 25/04/2014 Fecha de Salida : 06/05/2014
--	--	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
01468	R1 0-15	6,57 PN	53,00 M	26,00 A	6,10 B	0,61 A	20,40 A	4,50 A	2,2 M	10,1 A	500,0 A	3,8 B	0,80 B
01469	R1 15-30	6,57 PN	44,00 M	14,00 M	6,40 B	0,55 A	22,80 A	4,80 A	2,7 M	11,0 A	443,0 A	3,6 B	0,70 B
01470	R2 0-15	6,41LAc	45,00 M	11,00 M	7,80 B	0,54 A	20,90 A	4,60 A	2,5 M	10,6 A	513,0 A	4,2 B	0,80 B
01471	R2 15-30	6,44LAc	44,00 M	11,00 M	5,80 B	0,35 M	20,70 A	4,80 A	2,0 M	10,7 A	515,0 A	3,3 B	0,80 B
01472	R3 0-15	6,38LAc	44,00 M	16,00 M	7,40 B	0,59 A	20,90 A	4,60 A	2,2 M	11,3 A	547,0 A	4,3 B	0,80 B
01473	R3 15-30	6,38LAc	45,00 M	8,30 B	7,90 B	0,29 M	21,10 A	4,80 A	2,0 M	11,5 A	509,0 A	3,8 B	0,70 B

INTERPRETACION			
pH		Elementos	
Ac	= Acido	N	= Neutro
LAc	= Liger. Acido	LAI	= Lige. Alcalino
PN	= Prac. Neutro	AI	= Alcalino
	RC = Requieren Cal	B	= Bajo
		M	= Medio
		A	= Alto
		T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA			
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA


ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340

Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre	:	OLMEDO CAMUANA	Nombre	:	GRAMALOMA	Cultivo Actual	:	PAPA
Dirección	:	RIOBAMBA	Provincia	:	CHIMBORAZO	Fecha de Muestreo	:	08/04/2014
Ciudad	:		Cantón	:	RIOBAMBA	Fecha de Ingreso	:	25/04/2014
Teléfono	:		Parroquia	:	QUIMIAG	Fecha de Salida	:	08/05/2014
Fax	:		Ubicación	:	PROYECTO INIAP-IEE			

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo		Arcilla
01468						7,30 A	4,53	7,38	40,82	25,51			35	45	20	Franco
01469						7,20 A	4,75	8,73	50,18	28,15			35	45	20	Franco
01470						7,40 A	4,54	8,52	47,22	26,04			37	45	18	Franco
01471						6,20 A	4,31	13,71	72,86	25,85			37	43	20	Franco
01472						7,20 A	4,54	7,80	43,22	26,09			37	43	20	Franco
01473						7,40 A	4,40	16,55	89,31	26,19			31	45	24	Franco

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

Anexo 42. Análisis de suelos de la localidad Chañag

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : FRANCISCO DÁVALOS Dirección : RIOBAMBA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : CHAÑAG Provincia : CHIMBORAZO Cantón : RIOBAMBA Parroquia : QUIMIAG Ubicación : PROYECTO INIAP-IEE	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : PAPA Fecha de Muestreo : 10/04/2014 Fecha de Ingreso : 25/04/2014 Fecha de Salida : 06/05/2014
--	--	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
01480	R1 -0-15	6,75 PN	32,00 M	7,10 B	4,70 B	0,12 B	27,40 A	1,70 M	2,4 M	5,4 A	285,0 A	2,6 B	0,70 B
01481	R1 -15-30	6,94 PN	56,00 M	6,30 B	4,10 B	0,03 B	29,00 A	1,70 M	2,2 M	5,6 A	239,0 A	2,0 B	0,70 B
01482	R2 -0-15	6,74 PN	44,00 M	9,00 B	6,60 B	0,11 B	28,50 A	1,80 M	2,4 M	5,5 A	256,0 A	2,5 B	0,70 B
01483	R2 -15-30	7,03 PN	64,00 A	8,60 B	3,50 B	0,03 B	29,40 A	1,70 M	2,1 M	5,7 A	228,0 A	2,1 B	0,70 B
01484	R3 -0-15	6,77 PN	41,00 M	11,00 M	8,00 B	0,19 B	28,70 A	1,80 M	2,6 M	5,2 A	222,0 A	2,4 B	0,80 B
01485	R3 -15-30	6,94 PN	46,00 M	7,10 B	5,80 B	0,07 B	29,60 A	1,60 M	2,6 M	5,6 A	190,0 A	2,1 B	0,80 B

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA	
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
	B = Curcumina


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA


ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340

Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: FRANCISCO DÁVALOS
Dirección	: RIOBAMBA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: CHAÑAG
Provincia	: CHIMBORAZO
Cantón	: RIOBAMBA
Parroquia	: QUIMIAG
Ubicación	: PROYECTO INIAP-IEE

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	: PAPA
Fecha de Muestreo	: 10/04/2014
Fecha de Ingreso	: 25/04/2014
Fecha de Salida	: 06/05/2014

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
01480					9,50 A	16,12	14,17	242,50	29,22			47	41	12	Franco
01481					8,20 A	17,06	56,67	023,33	30,73			47	39	14	Franco
01482					9,40 A	15,83	16,36	275,45	30,41			47	39	14	Franco
01483					7,40 A	17,29	56,67	036,67	31,13			47	37	16	Franco
01484					10,00 A	15,94	9,47	160,53	30,69			47	39	14	Franco
01485					8,80 A	18,50	22,86	445,71	31,27			47	37	16	Franco

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA