

EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) EN CUATRO ZONAS PRODUCTORAS DE PAPA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

POR

**JUAN YECID DEL HIERRO TORRES
JAIR ALBERTO PAZ DELGADO**

**Presidente de Tesis
JAVIER GARCIA ALZATE I.A. M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) EN CUATRO ZONAS PRODUCTORAS DE PAPA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

**JUAN YECID DEL HIERRO TORRES
JAIR ALBERTO PAZ DELGADO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo**

**Presidente de Tesis
JAVIER GARCIA ALZATE I.A, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

Nota de aceptación

**JAVIER GARCIA ALZATE I.A, M.Sc.
PRESIDENTE**

**HERNANDO CRIOLLO I.A, M.Sc.
JURADO**

**JESUS CASTILLO I.A. M.Sc, Ph.D
JURADO**

**JORGE VELEZ I.AF, M.Sc.
JURADO**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son
responsabilidad exclusivas de sus autores”**

**“Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño”.**

DEDICATORIA

DEDICO A:

A mi Padre Luís, mi Madre Gloria Amparo y mis hermanos.
A mi Esposa Cristina y Mi hijo Juan Daniel.

JUAN YECID DEL HIERRO TORRES

DEDICO A:

Al Señor Jesucristo, por habernos permitido culminar con éxito este proyecto
A mi Padre Pablo Antonio, mi Madre Ruth y mis hermanos Jackeline y Pablo.

JAIR ALBERTO PAZ DELGADO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ingeniero Agrónomo M Sc. German Arteaga Meneses. Decano Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero agrónomo Javier García Alzate. M Sc. docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero Agrónomo M Sc. Hernando Criollo. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero Agrónomo M Sc, Ph.D Jesús Castillo. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero Agroforestal M Sc. Jorge Velez. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero Agrónomo, Benjamín Sañudo Sotelo Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Ingeniero Agrónomo M Sc. Hugo Ruiz. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño.

Ingeniero agrónomo José Luis Zapata Pareja M Sc. Investigador, CORPOICA Antioquia, Centro de Investigación la Selva.

Ingeniero agrónomo Luís Felipe Alvarado M Sc. Presidente Corporación de Productores de papa de Nariño, CORPANAR.

Corporación De Productores De Papa De Nariño, CORPANAR.

SEMILLAS NARIÑO, Productores De Semilla De Papa Certificada.

A los propietarios de los predios en donde se realizo esta investigación

Docente Ángel Zamora director de la planta piloto agroindustria de la Universidad de Nariño

A todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ANEXOS	xiii
GLOSARIO	xv
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
II MARCO TEORICO	14
2.1 Perspectivas del cultivo de papa.	14
2.2 Generalidades de la papa criolla.	15
2.3 Condiciones agroecológicas de la papa criolla-clon1 o yema de huevo	16
2.4 Características del cultivo	17
2.4.1.1 Preparación del terreno.	17
2.4.1.2 Siembra.	18
2.4.1.3 Aporque	18
2.4.1.4 Fertilización	19
2.4.1.5 Manejo fitosanitario	19
2.5 Requerimientos Nutricionales	19
2.5.1 Generalidades del Nitrógeno	20
2.5.1.1 Mineralización e inmovilización del Nitrógeno.	21
2.5.1.2 Nitrificación y desnitrificación	21
2.5.1.3 Estabilización del Nitrógeno en el suelo	22
2.5.1.4 Pérdidas de Nitrógeno	23
2.5.1.5 Fuentes de Nitrógeno	23
2.5.1.6 Importancia del Nitrógeno en el cultivo de papa	25
2.6 Dosis de fertilizantes	27
2.7 Industrialización de la papa.	27
2.7.2 Proceso de industrialización de la papa criolla.	29
2.7.2.1 Importancia de la Materia seca en la calidad de papa para la industrialización.	31
2.7.2.2 Proceso de escaldado y su relación con la textura de los tubérculos.	33
2.7.2.3 Madurez de periderma de los tubérculos en la cosecha	34
2.8.1 Municipio de Ipiales Corregimiento La Victoria	35
2.8.2 Municipio de Potosí, Vereda San Pedro	36
2.8.3 Municipio de Pasto, corregimiento Gualmatán	36

2.8.3 Municipio de Pasto, corregimiento El Encano.	37
III DISEÑO METODOLÓGICO	38
3.1 Localización	38
3.2 Manejo agronómico del cultivo	39
3.2.1 Preparación del terreno	39
3.2.2 Siembra	39
3.2.3 Fertilización	39
3.2.4 Control de plagas y enfermedades	40
3.2.5 Control de malezas	40
3.2.6 Cosecha	41
3.2.7 Poscosecha.	41
3.3 Diseño experimental	41
3.3.1 Área experimental	42
3.3.2 Análisis estadístico	43
3.4 Variables evaluadas	43
3.4.1 Rendimiento	43
3.4.2 Madurez del periderma.	44
3.4.3 Materia seca.	44
3.4.4 Porcentaje de rompimiento de piel durante el proceso de escaldado	44
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Variables de rendimiento.	46
4.1.1 Rendimiento de tubérculos.	46
4.1.2. Clasificación de tubérculos categoría riche	48
4.1.3. Clasificación de tubérculos categoría pequeña	49
4.1.4. Clasificación de tubérculos categoría mediana	50
4.1.5 Clasificación de tubérculos categoría grande	51
4.16 Porcentaje de rendimiento en tubérculos por categorías; riche, pequeña Mediana y grande	52
4.2 Variables de calidad	55
4.2.1 Madurez de periderma	55
4.2.1.1 Análisis de correlación para madurez de periderma	56
4.2.3 Contenido de materia seca	57
4.2.4 Resistencia al proceso de escaldado	59

4.2.4.1 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría pequeña	59
4.2.4.2 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría mediana	60
4.2.4.2.1 Análisis de correlación escaldado en tubérculos categoría mediana	62
4.2.3.3 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría grande.	62
VI RECOMENDACIONES	66
VII BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de promedios para la variable rendimiento de papa criolla (Solanum phureja)	45
Figura 2 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría riche	48
Figura 3 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría Pequeña	49
Figura 4 Comparación de promedios para la variable rendimiento tubérculos de papa criolla. (Solanum phureja) categoría mediana	50
Figura 5 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría grande	51
Figura 6 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de tubérculos categorías riche, pequeña, mediana y Grande	53
Figura 7 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos con falta de madurez de periderma y desprendimiento del mismo en papa criolla (Solanum phureja)	55
Figura 8 Análisis de correlación para las variables madurez de periderma y Dosis de fertilización nitrogenada	56
Figura 9 Comparación de promedios para la variable contenido materia seca en tubérculos de papa criolla (Solanum phureja)	58
Figura 10 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría pequeña	59
Figura 11 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría mediana	60
Figura 12 Análisis de correlación para las variables Escaldado tubérculos categoría mediana y Dosis de fertilización nitrogenada	
Figura 13 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría Grande	

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Fuentes de nitrógeno con sus respectivos contenidos de N y su efecto en las Condiciones básicas o ácidas del suelo	22
Cuadro 2 Características climáticas de las localidades Gualmatán, El Encano, La victoria y Potosí.	36
Cuadro 3. Dosis de Nitrógeno usada por tratamiento en la fertilización de (Solanum phureja) en las cuatro localidades de investigación.	40
Cuadro 4 Unidad experimental de la investigación; numero de plantas por parcela.	40
Cuadro 5. Tiempos de escaldado requerido según tamaño de la papa criolla	43
Cuadro 6. Rendimiento de tubérculos de papa criolla por categorías de clasificación en cuatro localidades.	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Plano de campo; distribución de tratamientos dosis de fertilización nitrogenada para cada localidad	71
Anexo 2 Relación entre gravedad específica y el contenido de materia seca en papa	72
Anexo 3 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de papa criolla (Solanum phureja) en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	72
Anexo 4 Análisis físico-químico del suelos de las localidades del Encano, Gualmatán, Potosí y la Victoria	73
Anexo 5 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría riche, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.	74
Anexo 6 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría Pequeña, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	74
Anexo 7 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría mediana, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	75
Anexo 8 Precipitación pluvial presentada durante la investigación, en las Localidades El encano, Gualmatán, Potosí y La victoria.	75
Anexo 9 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja) categoría grande, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	76
Anexo 10 Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos con falta madurez del periderma y desprendimiento del mismo en papa criolla (Solanum phureja), en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.	76
Anexo 11 Análisis de Varianza, para la variable Contenido de materia seca en tubérculos de papa criolla (Solanum phureja), en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.	77
Anexo 12 Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría pequeña, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	77

Anexo 13 Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría mediana, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.	78
Anexo 14 Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (Solanum phureja), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría grande, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada	78

GLOSARIO

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R^2): Mide la proporción o porcentaje de variabilidad en los datos experimentales que es explicada por el modelo considerado.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: Mide la intensidad de la relación lineal entre dos variables

ESCALDADO: Etapa del proceso de industrialización de la papa criolla que consiste en someter los tubérculos a un tratamiento térmico acompañado de presión que se utiliza para inactivar enzimas que causan pardeamiento, desarrollo de sabores desagradables y degradación de las sustancias colorantes (como carotenoides); pérdida de textura y disminución de la viscosidad.

GUACHO. Labor de cultivo que consiste en formar surcos con cespedones cortados y doblados.

MATERIA SECA: Es la cantidad de sólidos totales libres de agua, que contiene todos los minerales, vitaminas, proteínas etc.

PERIDERMA: Peri Significa “alrededor de”. Derma: Significa “piel”: Es la piel o primera capa que recubre el tubérculo, cuya función es protegerlo de los microorganismos y la deshidratación.

RICHE: Nombre que se da a una categoría de tamaño de tubérculos de papa que comprende diámetros entre 2.5 y 3.5 cm.

RECHAZO: Categoría no aceptada en el mercado e industria por presentar condiciones indeseables como olores desagradables, exceso de humedad, deshidratación, daños mecánicos y por plagas, hongos entre otros.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la influencia de cinco dosis de Nitrógeno sobre el rendimiento y algunos aspectos de calidad en papa criolla (**Solanum phureja**), se realizó la presente investigación en cuatro localidades del departamento de Nariño; Municipio de Pasto, Corregimiento El Encano y vereda Gualmatán; Municipio de Ipiales Corregimiento La Victoria y Municipio de Potosí. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco bloques, y cinco tratamientos correspondientes a los niveles de fertilización nitrogenada, en dosis de 0, 24, 48, 72 y 96 kg/ha. Las variables evaluadas fueron rendimiento total y rendimiento por categorías de tubérculos: Riche, pequeña, mediana y grande. De igual forma se determinaron componentes de calidad como madurez de periderma, materia seca y rompimiento de tubérculos durante el proceso de escaldado en sus diferentes categorías. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, las variables que presentaron diferencias estadísticas se sometieron a prueba de comparación de Tukey.

Los resultados mostraron que la aplicación de las diferentes dosis de N evaluadas para el cultivo de papa criolla, (**Solanum phureja**), en las cuatro localidades de estudio no afectaron estadísticamente los componentes de producción, y de los componentes de calidad únicamente la madurez del periderma fue influenciada por la fertilización Nitrogenada.

Se destaca el rendimiento de tubérculos obtenido en la localidad de el Encano con 23,68 ton/ha, dentro de la clasificación por categorías se encontró que los tubérculos grandes predominaron con 11,72 ton/ha. Para la variable madurez de periderma el porcentaje de tubérculos con daño en la piel, estuvo entre 5,9 y 10,4%; El contenido de materia seca en las cuatro localidades se estuvo en un promedio superior al 20%; El porcentaje de fractura de tubérculos durante el escaldado, categoría pequeña fue de 3,3 y 9,7% los tubérculos categoría mediana entre 3,3 y 8,7% y para tubérculos categoría grande los porcentajes estuvieron entre 1,84 y 11,7 encontrándose que este tipo de tubérculos no tienen un buen comportamiento para los procesos de industria y precocción.

Palabra clave: papa criolla, fertilización nitrogenada, escaldado, materia seca, periderma.

ABSTRACT

The aim is to determine the influence of five doses of nitrogen, on the performance and some aspects of the quality of yellow potato (**Solanum Phureja**), the present research was done in four towns in the Department of Nariño near the city of Pasto, the town of El Encano and the village of Gualmatán; Ipiales and the towns of La Victoria and Potosí, using a design of blocks made at hazard (DBCA), this was composed of five blocks with five treatments that correspond to the levels of nitrogen fertilization with doses of 0,24,48,72, and 96 kg/ha. The evaluated variables were totaled and the output of the tubers were: Small, big and medium and Riche. In the same way, the components of quality such as maturity of skin, dried matter and the breaking of the tubers during the process of scalding in their different categories were determined. The obtained data were subjugated to a variance the variables that showed statistical differences were subjugated to a tukey comparison test.

The results showed the application of the different N doses evaluated for the potato growth (**Solanum phureja**) In the four studied places the components of production were not affected statistically, and the only quality components, the maturity of the skin was influenced by the nitrogen fertilization.

The obtained performance of the tubers in El Encano were emphasized with 23/68 Ton/ha. into the classification per categories it was found that the big tubers predominated with 11,72 Ton/ha. For the maturity variable of skin the percentage of tubers with spoiled skin was between 5.9 and 10,4%; the content of dried matter in the four places was a 20% superior average The percentage of breakage of the tubers during the scalded small category was 3.3. and 9,7%. The medium category tubers between 3.3 and 8,7%, and for big category tubers the percentage was between 1,84 and 11,7 finding that this type of tubers do not have a good behavior for the process of industry and precook.

Key word: Creole potato, nitrogen fertilization, scalding, dried matter, and skin.

I. INTRODUCCIÓN

La fluctuación de la producción mundial de papa en los últimos 35 años ha sido aproximadamente de 265 a 294 millones de ton/año, con un aumento promedio de 0.5% anual, Colombia participa con el 1% de la producción en Latinoamérica.¹ De igual manera el cultivo de papa en Colombia es uno de los más importantes tanto en área sembrada con 166.000 ha/año, como en productividad con 3'320.187 ton/año, con rendimientos promedios de 16 ton/ha; las principales áreas del cultivo están ubicadas en las zonas frías de los departamentos de Nariño, Boyacá, Cundinamarca y Antioquia.²

Dentro de la producción de tubérculos de papa una de las especies mas promisorias es la amarilla, criolla o yema de huevo, (**Solanum phureja**) cuya área a nivel nacional dedicada a su producción es de aproximadamente 2900 has, distribuidas en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño, en este ultimo encontrándose su principal centro de diversidad.

Durante la apertura económica Colombiana, a partir de 1994, se inició la industrialización de este cultivo en las presentaciones de papa precocida y congelada, papa enlatada y papa envasada,³ mostrando ventajas para su industrialización como: su ciclo vegetativo corto, bajos costos de producción y menor pérdida de vitaminas durante su procesamiento⁴.

Es así que la papa criolla precocida, es considerada como el principal producto procesado de este cultivo y se caracteriza por conservar las características organolépticas de la papa en fresco⁵, es un producto apreciado por los consumidores locales y en especial para la exportación, por tanto es necesario adoptar un conjunto de acciones de desarrollo

1 ESTRADA R. N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP, IPGRI, PRACIPA, IBTA, PROINPA, COSUDE y el CID. editorial. Pág.

2 LORA, R. 2005. Efecto residual de la de la fertilización en la papa. En: TALLER NACIONAL SOBRE SUELOS, FISILOGÍA Y NUTRICIÓN VEGETAL EN EL CULTIVO DE LA PAPA. Presente y futuro de la investigación den la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. Memorias I Taller Nacional Sobre Suelos, Fisiología Y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa Colombia. Bogotá: CEVIPAPA Y CNP, 2005. p. 54-57.

3 PORRAS, P. 2000. Guía para Papa Criolla. Clon 1 FEDEPAPA. En: papas Colombianas 2000 con el Mejor Entorno Ambiental, 2 ed. Pág.44 – 47.

4 AGRICULTURA DE LAS AMERICAS, 1995. A fritar más papa. Edición No. 229. Año 25: 20-23. Colombia.

5 PINEDA, R. 1996. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de papa en Colombia. En: Revista papas Colombianas. No 13, FEDEPAPA. Pág. 6 y 8.

tecnológico y agronómico que generen un mejor rendimiento con altos estándares de calidad, que garanticen un producto rentable para los productores, comercializadores y consumidores.

Dentro del manejo agronómico del cultivo uno de los ítems mas relevantes es la fertilización, al respecto Ruiz⁶ resalta que en los últimos 10 años, el incremento del consumo de fertilizantes ha sido superior al incremento de la productividad, especialmente por su uso indiscriminado, debido a que en la gran mayoría de zonas productoras de este tubérculo, no se tienen en cuenta los requerimientos nutricionales ni las necesidades del cultivo, además de las practicas tradicionales y culturales de manejo en donde las aplicaciones de fertilizantes se fundamentan en recetas preestablecidas.

Con base en lo anterior y debido a la escasa investigación sobre la fertilización de la papa criolla (**Solanum phureja**), se planteo el presente trabajo bajo los siguientes objetivos.

OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia de cinco dosis de Nitrógeno sobre el rendimiento y calidad en papa criolla (**Solanum phureja**), en cuatro zonas productoras de papa en el departamento de Nariño, Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar el rendimiento de papa criolla (**Solanum phureja**) bajo cinco dosis de Nitrógeno, en los Municipios de Pasto; corregimientos El Encano y Gualmatán. Ipiales; Corregimiento La Victoria y Municipio Potosí; vereda San Pedro.
- Evaluar la influencia de la fertilización con diferentes dosis de Nitrógeno, sobre parámetros de calidad, como madurez de periderma, escaldado y materia seca en tubérculos de papa criolla.

6 RUIZ, H. 2005. Ineficiencia de la fertilización: TALLER NACIONAL SOBRE SUELOS, FISILOGÍA Y NUTRICIÓN VEGETAL EN EL CULTIVO DE LA PAPA. Presente y futuro de la investigación den la cadena agroalimentaria de la papa . En: Memorias I Taller Nacional Sobre Suelos, Fisiología Y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa Colombia. Bogotá: CEVIPAPA Y CNP, p. 59-60

II MARCO TEORICO

2.1 Perspectivas del cultivo de papa.

A nivel mundial para la papa (**solanum tuberosum**) el mercado de los tubérculos frescos se está diferenciando, hacia los productos procesados tales como papas fritas (hojuelas), papas prefritas (a la francesa) y papas congeladas y deshidratadas. El procesamiento de la papa es el sector de más rápido crecimiento dentro de la economía mundial.⁷ La tendencia reciente de su procesamiento se concentra en productos deshidratados (harinas, hojuelas, gránulos, conglomerados, tajadas secas y otros productos congelados derivados de la papa), papa pelada, almidón, alcohol y papa precocida.⁸

La papa criolla común en el mercado, se caracteriza por presentar una alta diversidad genética, que impide estandarizar algunos procesos industriales, la ausencia de periodo de reposo del tubérculo, hace indispensable ofrecerla en fresco o en distintos grados de elaboración.⁹ Otras desventajas que muestra la papa criolla es la escasa investigación a nivel agronómico y agroindustrial, así como también la susceptibilidad del cultivo a la gota (**Phytophthora infestans**) y al efecto negativo de las heladas.¹⁰

“Dentro de la importancia socio-económica en el departamento de Nariño, la papa muestra indicadores significativos destacándose su participación en el PIB con el 5%, en empleos indirectos de 350.000 jornales, 30.000 familias beneficiadas, 18.000 productores y una participación en la canasta familiar del 0.76%”¹¹. Contando en el 2004.”¹² Con una área sembrada de papa en Nariño de 11971.5 Has.”¹³

7 MORENO J.D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. En: papas colombianas 2000, con el mejor entorno ambiental, 2 ed. Pág. 44 – 47.

8 ESTRADA R. N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP, IPGRI, PRACIPA, IBTA, PROINPA, COSUDE y el CID.

9 DEL VALLE, A. 1994. Papa amarilla Yema de Huevo o papa criolla colombiana. Revista papa, No. 10. Bogotá.

10 SUAREZ, C. M. 2001. Evaluación de la Calidad Industrial de 50 accesiones de papa criolla (*Solanum phureja*) de la Colección Central de Colombiana. Tesis de grado, Facultada de ciencias técnicas de ingeniería de Alimentos; Universidad INCCA de Colombia, Bogotá.

11 URPA, 2000. citado por: ALVARADO, L. F. Acuerdo de competitividad de la papa en el Departamento de Nariño. Pasto: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2000. p. 20.

12 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2003. Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero. Bogotá: DANE, p. 19-20.

2.2 Generalidades de la papa criolla.

La papa criolla (**Solanum phureja**) es “Originaria de América tropical, su cultivo se extiende desde México hasta el norte de Chile. Taxonómicamente pertenece a la familia Solanácea, genero Solanum, Colombia es centro de origen de cuatro especies de ellas se destacan comercialmente (**Solanum tuberosum**) y la (**Solanum phureja**)¹⁴.

“La papa criolla (**Solanum phureja**) es una especie de papa diploide distribuida geográficamente desde el norte de Bolivia hasta el sur occidente venezolano, con mayor diversidad en Colombia”. Carrasco y Pineda (1993) citados por Zapata.¹⁵

Sobre esta especie Franco,¹⁶ asegura que (**Solanum phureja**), se caracteriza fundamentalmente por el carácter aperiódico (ausencia de reposo) de sus tubérculos, un ciclo vegetativo corto por lo que localmente se le conoce con el nombre de "Chaucha", encontrándose variaciones de phureja, de tipos redondos, largos, rojos o amarillos.

La papa criolla (**Solanum phureja**) representa uno de los recursos fitogenéticos Colombianos de mayor importancia, considerando su alto valor nutritivo, aceptación en el mercado, fácil preparación, economía y su alto potencial de exportación como producto exótico procesado con destinos como estados Unidos, Unión Europea y Japón entre otros¹⁷.

Actualmente la papa criolla que se cultiva en Colombia es conocida como “Yema de Huevo” ó “Clon 1” pero el nombre registrado ante el ICA es el de Criolla Colombia,¹⁸

13 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Encuesta nacional agropecuaria: resultados año 2002. Bogotá: DANE, 2003. p. 145.

14 ANGELFIRE. 2001. Documento papa criolla, Disponible en: www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm. p. 8. consultado el 25 may 2005.

15 CARRASCO, C. y PINEDA, L. 2005. Papa criolla “yema de huevo” una multivariada nativa. En: Revista FEDEPAPA. Vol. 7; 14 p. Citado por: ZAPATA, J. L. Evaluación agronómica del clon uno con fines de exportación. En: CEVIPAPA / Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa, p. 1.

16 FRANCO, J. A. 2002. El cultivo de la papa en Guatemala. En: ICTA / Instituto de ciencia y tecnología. Guatemala, p. 9.

17 *Ibid.*, p. 11

18 NOTICYT. 2005. Tres nuevas variedades de papa criolla gracias a los desarrollos en genética Disponible en: <http://www.portafolio.com.co> consultado el 12 febrero de 2006.

siendo el único genéticamente homogéneo, Las características que esta variedad de papa ofrece al público es su excelente calidad culinaria para consumo fresco del producto, y su aptitud para ser procesada en forma precocida y congelada. Sin embargo, su limitante es que no posee un periodo de reposo, por lo que después de cosechada la papa comienza a producir yemas de forma inmediata, por lo tanto carece de periodo de reposo que limita la venta del producto en fresco.¹⁹

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Phyllum: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Tubifloras

Familia: Solanácea

Genero: Solanum

Especie: **Solanum phureja**²⁰

2.3 Condiciones agroecológicas de la papa criolla-clon1 o yema de huevo

El cultivo de papa criolla se adapta entre los 1.800 y 3.200 m.s.n.m, siendo óptimas para su cultivo las alturas comprendidas entre los 2.300 y 2.800 m.s.n.m, bajo una temperatura media de 10° a 20° C y una precipitación pluvial media de 900 mm. Durante el ciclo del cultivo. “El mejor suelo para su cultivo es aquel que presenta una textura franca, suelta y profunda que evite la acumulación de humedad en la raíz, pH. Entre 5.2 y 5.9 y altos contenidos de materia orgánica. El cultivo de la papa criolla tiene un periodo vegetativo de comprendido entre 4 a 5 meses”²¹.

19 RODRIGUEZ, L.E. 2002. Evaluación del potencial de rendimiento y aptitud para procesamiento industrial en clones avanzados de papa criolla en tres localidades de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia - CEVIPAPA, Bogotá.

20 HAWKES, J. The potato. Evolution, Biodiversity and Genetic Resources, citado por FEDEPAPA Vademécum del Cultivo de la papa. Generalidades del cultivo de la papa en Colombia. Grafemas Ltda. 1996- 1997. p. 1-13.

21 Gobernación de Antioquia. 2000. Documento papa criolla Medellín (Col.). Disponible en: www.gobant.gov.co. p. 1. Consultado el día 15 octubre de 2005.

2.4 Características del cultivo

La especie (**Solanum phureja**) “Se caracteriza por ser precoz, los tubérculos son producidos en tres o cuatro meses; la emergencia ocurre entre la segunda y tercer semana después de la siembra y en la semana seis después de la fertilización, inicia la floración cuando tiene cerca de 30 centímetros de alto, manteniendo las flores hasta la cosecha”.²²

Gómez G. y Ramírez, F.²³, afirman que “la planta presenta varios tallos, delgados, verde claros, ramificados, foliolos primarios pequeños, verde claros, rugosos, el follaje es de porte bajo, verde claro, crecimiento rápido y de regular cobertura, floración abundante, flores color lila, frutos escasos. La tuberización es muy temprana, los tubérculos son de tamaño pequeño, forma redonda, color de piel amarillo, color de pulpa amarillo y ojos profundos”; el cultivo tiene un rendimiento de 16 ton /ha y es susceptible a la gota, Cano²⁴ menciona que “esta produce un gran número de tubérculos por planta, con un promedio de 40 tubérculos de pequeños a medianos...” y agrega; que en general (**Solanum phureja**) se adapta a pisos térmicos entre los 1.800 y los 3.200 m.s.n.m con temperaturas entre 10 à 20° C. Y es susceptible a las heladas durante el periodo vegetativo y a los vientos de velocidad media.

2.4.1 Generalidades sobre el manejo del cultivo de papa

2.4.1.1 Preparación del terreno.

Es una labor tendiente a preparar el suelo hasta una profundidad de 30 cm, se realiza generalmente con azadón, bueyes (tracción animal) o tractor. Cuando se utiliza tractor, generalmente se realiza con una arada, una rastrillada y una surcada. Es importante mencionar que la preparación del suelo en terrenos pendientes debe hacerse en curvas a

²² *Ibíd.*, p. 12.

²³ GÓMEZ L. y RAMÍREZ, J. 2001. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa: Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas No. 25. Convenio Sena - Reino Unido.

²⁴ CANO, citado por BENAVIDES, A, y ORTIZ, C. 1994. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y rendimiento de papa criolla (**Solanum phureja**) en Botana, Municipio de Pasto. 107p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

nivel o en surcos que corten la pendiente, con el fin de evitar problemas de erosión e insostenibilidad de las futuras producciones²⁵.

2.4.1.2 Siembra.

El cultivo de papa criolla se propaga por tubérculos. Siendo la semilla uno de los insumos más costosos en el proceso productivo de la papa, razón por la cual el agricultor suele utilizar semilla de sus propias plantaciones para posteriores siembras. El tubérculo ideal para sembrar es aquel que presenta la forma característica de la especie, esto es, tamaño mediano, ojos poco profundos, brotes cortos y vigorosos y ausencia de pulgones, gusano blanco, polillas y pudriciones. Un indicador indirecto del rendimiento del cultivo es la cantidad de semilla sembrada (cargas/ha.), así, para sembrar una hectárea con papa criolla se requieren entre 6 y 9 cargas de papa (0,7 y 1,1 ton respectivamente), de las cuales se espera obtener entre 7 y 12 toneladas de producto.²⁶

La papa requiere agua, especialmente en los primeros días después de la siembra y desde la aparición de las flores hasta cuando los tubérculos han adquirido buen tamaño y peso, es recomendable por lo anterior, que la siembra coincida con el inicio de la época de lluvias o que se haga durante la misma. El número de plantas a establecer depende de las condiciones ambientales particulares, en especial, de la fertilidad del suelo y de la humedad relativa; así, en terrenos de poca fertilidad se aconseja sembrar un tubérculo cada 20 cm. dejando una distancia de 1 m a 1,5 m. entre surcos, para un total de 50.000 plantas/ha. Y, en terrenos de mayor fertilidad, los tubérculos se siembran cada 30 cm. distanciados 1 m. a 1,5 m entre surcos para un total de 33.000 plantas/ha.

2.4.1.3 Aporque

Consiste en arrimar la tierra a lo largo del surco en la base de la planta para favorecer la formación de los tubérculos, protegerlos de la luz y de los daños de los insectos, conservar la humedad en las zonas de raíces, facilitar la aireación y el drenaje, incorporar nutrientes y controlar las arvenses. El aporque debe realizarse entre el primero y el

25 ANGELFIRE. 2001. Documento papa criolla, Disponible en: www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm. p. 8. Consultado el 25 may 2005.

26 Ibíd. 25

segundo mes después de que emergen las plántulas ya que, de lo contrario, se pueden afectar el sistema de raíces y los estolones.²⁷

2.4.1.4 Fertilización

La fertilización debe hacerse de acuerdo con los resultados del análisis de suelos se sugiere aplicar fertilizante comercial (75 y 150 kg/ha). Se recomienda fraccionarse en dos aplicaciones: una al sembrar y otra al momento de hacer el aporque. Es importante considerar el pH del suelo, ya que las plantas son exigentes en Calcio y Magnesio. Se pueden emplear enmiendas como roca fosfórica o cal dolomita que, además de corregir la acidez, aportan otros nutrientes esenciales para un buen desarrollo del cultivo.²⁸

2.4.1.5 Manejo fitosanitario

El cultivo de la papa criolla es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades que el de papa común, por lo que es preciso tomar todas las medidas preventivas que estén al alcance del productor a fin de evitar su aparición. Es preciso, además, realizar un monitoreo fitosanitario permanentemente en la plantación para adoptar a tiempo las medidas correctivas que permitan reducir y manejar de los problemas que se presenten, siendo el manejo fitosanitario un punto crítico del cultivo.²⁹

2.5 Requerimientos Nutricionales

Con respecto a la nutrición del cultivo de papa criolla (**Solanum phureja**), Ñustes asegura que de acuerdo con algunos trabajos de investigación la papa criolla requiere una cantidad menor de fertilizantes que las papas tetraploides. La razón es debida a que esta es una papa que no ha sido mejorada y por ser un cultivo nativo, se defiende muy bien (como planta) en su hábitat natural.

Trabajos realizados por FENALCE, FEDEPAPA, Universidad Nacional de Colombia e ICA en papa criolla, mostraron que no se debe fertilizar por encima de los 600 kg/ha de fertilizante compuesto de grado 1:3:1, cifra que representa la mitad de la recomendada

27 *Ibíd.* p. 17

28 *Ibíd.* p. 17

29 *Ibíd.* p. 17

para papas de año (tetraploide). Ya que cantidades mayores ocasionan un crecimiento vegetativo exuberante y reducción en la producción de tubérculos.³⁰

En estudios realizados por Muñoz y Wieczorek citados por García y Pantoja³¹ sobre fertilización de papas comunes en 22 sitios experimentales en suelos de Nariño, con pH entre 4.8 y 6.7; M.O. entre 3.9 y 17.5%; P₂O₅ entre 8.5 y 60.2 ppm; y K₂O entre 0.6 y 1.2 meq/100 g de suelo; obtuvieron producciones crecientes con la aplicación de Nitrógeno de 200 kg/ha, en presencia de 300 kg/ha de P₂O₅. Del mismo estudio, concluyeron que la relación más adecuada de N, P₂O₅ y K₂O, en la fertilización de papa es de 1:3:2 respectivamente³².

2.5.1 Generalidades del Nitrógeno

La mayor parte del N del suelo proviene de la atmósfera, aproximadamente el 80% del aire que respiramos es nitrógeno (N²). Las cantidades de este elemento se encuentran en el suelo, en las rocas y en los minerales de los cuales se formaron los suelos y su disponibilidad es baja. Cada hectárea de la superficie de la tierra está recubierta por aproximadamente 84000 toneladas de N².

El N en el suelo está presente en tres formas principales; **Nitrógeno orgánico** “parte de la materia orgánica del suelo, no disponible para las plantas en crecimiento”. **Amonio** “a menudo fijado en minerales arcillosos del suelo y disponible lentamente para las plantas” y **Nitrógeno inorgánico** “iones de amonio y nitrato y componentes solubles presentes en la solución (agua) del suelo, usado por las plantas”.

30 ÑUSTES. C., 2005 La papa criolla (*Solanum phureja*): Un cultivo para destacar en Colombia]. Disponible en: <http://www.redepapa.org/boletintreintacinco.html>. Redepapa, Bogotá (Colombia): Marzo 15, 2001 consultado el 1 dic, 2005.

31 MUÑOZ Y WIECZOREK. 1998. Fertilización de la papa en Andisoles del departamento de Nariño, Colombia citados por GARCÍA Y PANTOJA. Fertilización de la papa en Antioquia. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., p. 29

32 MUNÉVAR, F. 1991. Conceptos sobre la materia orgánica y el nitrógeno del suelo, relacionados con la interpretación de análisis químicos. En: Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego. SCCS. Bogotá. pp. 227-244.

2.5.1.1 Mineralización e inmovilización del Nitrógeno.

El suelo contiene una proporción relativamente alta de N orgánico (no disponible) y una pequeña proporción de N inorgánico (disponible), El N orgánico puede representar del 97 al 98 % del total de N en el suelo. El Nitrógeno inorgánico generalmente representa solo del 2 al 3 %.

El N puede también pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica. Este proceso se llama inmovilización y es el reverso de la mineralización. La inmovilización ocurre cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con contenido alto de C y bajo de N.

La mineralización y la inmovilización ocurren simultáneamente en el suelo. El cambio de un suelo a dominancia de formas orgánicas o inorgánicas de N está gobernado principalmente por la relación C/N de la materia orgánica que se está descomponiendo. Los materiales con una relación C/N amplia (mayor que 30:1) favorecen la inmovilización³³.

2.5.1.2 Nitrificación y desnitrificación

El primer producto resultante de la descomposición de la materia orgánica (mineralización) es el NH_4^+ , proveniente de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos. La conversión de sustancias más complejas a NH_4^+ se denomina amonificación. En condiciones favorables para el crecimiento de la planta, la mayor parte del NH_4^+ en el suelo se convierte en NO_3^- por medio de las bacterias nitrificantes. Este proceso se denomina nitrificación.

El NO_3^- es inmediatamente disponible para uso de las plantas y microorganismos del suelo. En condiciones de buena aireación los organismos también usan NH_4^+

33 OROZCO, F. H. 1999. Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 231 p.

El NO_3^- ; puede perderse por desnitrificación, proceso mediante el cual NO_3^- se reduce formas gaseosas como el óxido nitroso (N_2O) o N_2 que se pierden a la atmósfera.

El NO_3^- , es altamente móvil y se mueve libremente con el agua del suelo. Mucho del NO_3^- puede escurrirse por el perfil del suelo, esto sucede más en los suelos arenosos profundos que en los suelos de textura fina con un drenaje moderado. El manejo apropiado del N puede controlar la lixiviación a mantos freáticos e incrementar la productividad.

2.5.1.3 Estabilización del Nitrógeno en el suelo

Todos los fertilizantes nitrogenados producidos comercialmente son altamente solubles cuando se los aplica al suelo. Por otro lado, las fuentes orgánicas, tales como los estiércoles de animales, los residuos de cultivos y los cultivos de cobertura liberan N soluble únicamente a medida que se descomponen (mineralizan) en el suelo. Todo el N, ya sea que provenga de fuentes inorgánicas u orgánicas, se convierte eventualmente en NO_3^- . El N en la forma NO_3^- susceptible a perderse del suelo por lixiviación y desnitrificación³⁴.

El N en forma de NH_4^+ es estable en el suelo, siendo retenido en los sitios de intercambio de la CIC de las arcillas y materia orgánica. Existen buenas razones para mantener el N en esta forma, por lo menos hasta poco antes que el cultivo necesite el nutriente.

Así el N en forma de NH_4^+ no se pierde por lixiviación, por lo tanto el movimiento potencial de N hacia los mantos freáticos se minimiza o elimina cuando se mantiene el N como NH_4^+ ; el N del suelo no se pierde por desnitrificación cuando se encuentra en forma NH_4^+

34 MALAGÓN, D. 1977. Mineralogía de algunos suelos colombianos. Suelos Ecuatoriales 8 (1): 316-321.

2.5.1.4 Pérdidas de Nitrógeno

Los cultivos remueven abundante N del suelo. La cantidad depende del tipo de cultivo y cantidad de cosecha. A pesar de que la remoción de nutrientes en la cosecha no se considera como pérdida, en realidad lo es. El efecto neto de la remoción de N por los cultivos es que reduce los niveles de N en el suelo.

El N aplicado en forma de urea en la superficie del suelo se convierte rápidamente en NH_3 o NH_4^+ cuando existe humedad, temperatura apropiada y la presencia de la enzima ureasa. El NH_3 formado puede pasar a la atmósfera mediante volatilización. Las pérdidas de N de la urna pueden evitarse con la incorporación del fertilizante, con aplicación cuando las temperaturas son bajas y con el riego inmediato que permite que la urea se introduzca en el suelo³⁵.

2.5.1.5 Fuentes de Nitrógeno

La descomposición de la materia orgánica provee más del 90% del N nativo del suelo. Sin embargo, la mayoría de los suelos contienen poca materia orgánica, generalmente 2% o menos. La materia orgánica del suelo contiene aproximadamente 5% de N, pero solamente alrededor del 2% de la materia orgánica se descompone cada año y a menudo menos. Cada porcentaje de materia orgánica libera únicamente de 10 a 40 kg de N/ha/año, cantidad insuficiente para cubrir las necesidades de los cultivos. Además, las cantidades liberadas son afectadas por las prácticas de manejo, menor mineralización, resulta en suelos más fríos, donde los procesos de descomposición de la materia orgánica son más lentos y liberan menor cantidad de N.³⁶

35 GALEANO, F. 1991. Capacidad de intercambio catiónico y aniónico, bases de cambio y saturaciones. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. SCCS. Bogotá. pp. 164- 185

36 RODRIGUEZ, F. 2002 Fertilizantes: nutrición vegetal. AGT Ed., 53-57 p.

Cuadro 1 Fuentes de nitrógeno con sus respectivos contenidos de N y su efecto en las Condiciones básicas o ácidas del suelo

Fuente	Porcentaje de N
Amoniaco Anhidro	82
Agua Amoniacal	20-25
Nitrato de amonio	33.5-34
Nitrato-sulfato de amonio	26
Nitrato de amonio-cal	20.5
Sulfato de amonio	21
Solución urea-nitrato de amonio (UNA)	28-32
Cloruro de amonio	26
Urea	46
Fosfato monoamónico (MAP)	10-11
Fosfato diamónico (DAP)	18
Nitrato de sodio	16
Nitrato de potasio	13
Nitrato de calcio	15.5
Urea recubierta de azufre	39
Urea formaldehído	38

Fuente: OROZCO, F. 1999.

La urea en su forma original no contiene NH_4^+ . Sin embargo, la urea se hidroliza rápidamente en el suelo en presencia de la enzima ureasa y produce amonio y bicarbonato. Varios factores influyen en la rapidez con la cual ocurre la hidrólisis, incluyendo la cantidad de enzima presente y la temperatura del suelo. Mientras más frío esté el suelo más lento es el proceso.

Durante la hidrólisis, los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la proximidad del sitio de reacción de la urea, neutralizando de esta forma parte de la acidez producida luego mediante la nitrificación. Los iones NH_4^+ son adsorbidos por las arcillas y la materia orgánica del suelo, eventualmente nitrificados o

absorbidos directamente por las plantas. Una vez que la urea se ha convertido en NH_4^+ ésta se comporta como cualquier otro fertilizante nitrogenado siendo una excelente fuente de N. Sin embargo, existen varias condiciones en el comportamiento de la urea que deben ser previamente entendidos³⁷.

La urea normalmente se hidroliza en forma rápida. Se pierden cantidades apreciables de NH_3 por volatilización cuando se aplica urea, o soluciones que contienen urea, a la superficie de suelos desnudos que están evaporando agua rápidamente, o a suelos con una alta cantidad de residuos en la superficie. Se puede controlar este problema aplicando la urea a temperaturas bajas, incorporando el material al suelo o aplicándolo en banda.

2.5.1.6 Importancia del Nitrógeno en el cultivo de papa

Al respecto, Barrera,³⁸ "afirma que el Nitrógeno, hace parte de las proteínas, cuyo contenido está directamente relacionado con la concentración de N en los tejidos de la planta. Adicionalmente, el N es un componente de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos constituyentes de los cromosomas; el Nitrógeno es necesario para un crecimiento vegetativo vigoroso."

El mismo autor agrega que "La planta de papa presenta mayores tasas de crecimiento cuando hay mejor disponibilidad de nitratos; así también, ésta puede tomar tanto las formas nítricas NH_4^+ , como la amoniacal del Nitrógeno para su nutrición. La prevaencia de iones nitrato o de amonio NO_3 en el suelo depende del tipo de fertilizante aplicado y de la actividad microbiológica de este".

"La planta de papa necesita el nitrógeno para el crecimiento de los tallos, ramas, hojas y venas, el nitrógeno debe estar disponible continuamente para nutrir el desarrollo de los

37 OROZCO, F. H. 1999. Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 231 p.

38 BARRERA, L. 1998. Fertilización del cultivo de la papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. p. 70-71.

tubérculos”³⁹. Barrera, asegura que el requerimiento por el cultivo de la papa para una producción de 25 ton /ha es de 175 kg /ha. De Nitrógeno y que la respuesta del cultivo de la papa a la fertilización con Nitrógeno disminuye cuando se presentan deficiencias de potasio, Azufre, Fósforo, Magnesio ó Zinc. Así como condiciones ambientales adversas.

Barrera,⁴⁰ complementa sobre la importancia del N, diciendo que el desarrollo de las raíces no es muy estimulado por el Nitrógeno; y que por él contrario, un exceso de este elemento origina hojas grandes, con un color ocre; así mismo las células foliares son grandes, pero la resistencia mecánica disminuye y aumenta la susceptibilidad al ataque de enfermedades, especialmente de tipo fungoso. En caso de deficiencia de N, el desarrollo vegetativo es restringido; las hojas son poco desarrolladas y presentan un color verde pálido por la disminución en la concentración de clorofila; las hojas más viejas tienen tendencia a la senescencia (amarilla y seca) y pueden perderse prematuramente. La aparición de los síntomas de deficiencia en las hojas más viejas se debe a la gran movilidad del nitrógeno dentro de la planta. Así también su deficiencia causa reducción del crecimiento y clorosis.

Acerca de la movilidad del Nitrógeno en la planta Guerrero,⁴¹ afirma que el Nitrógeno es móvil en la planta y translocado a las partes en crecimiento; debido a su movimiento descendente, está sujeto a pérdidas por lixiviación y pérdidas en sentido ascendente por volatilización. Además de las altas demandas por el cultivo, puede también presentarse "un consumo de lujo". Se considera que es conveniente fraccionar este elemento, teniendo en cuenta la alta pluviosidad que se presenta en algunos períodos del desarrollo vegetativo, en los cuales hay bastante infiltración y en períodos temporales de condiciones anaeróbicas. Además, la alta solubilidad de las fuentes y su movilidad descendente, hace al N viable para ser considerado en los programas de fraccionamiento del fertilizante. De otra parte teniendo en cuenta que la papa común (**Solanum**

39 MUÑOZ, D .2000. Alternativa de nutrición para el cultivo de la papa: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: fedepapa 25 años. Vol.3, No. 1-2; p. 71

40 Ibíd., p. 19

41 GUERRERO RIASCOS, R., 1998. Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá. MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., 425p

tuberosum spp andígena) tiene periodos vegetativos superiores a cuatro meses, particularmente en las zonas de páramo, es más conveniente su fraccionamiento.

2.6 Dosis de fertilizantes

Con respecto a las dosis de fertilizantes García y Pantoja, afirman que la mayoría de las zonas productoras de papa en Colombia, no consideran el área a sembrar, ni los requerimientos nutricionales del cultivo, sino por la cantidad de semilla a sembrar, en este caso, no es posible aplicar dosis precisas, ya que depende del operario y cada planta recibe una dosis diferente.⁴²

Para (**Solanum phureja**), los fertilizantes no se fraccionan por el corto periodo del cultivo. Todos los fertilizantes se aplican al momento de la siembra, en el fondo del surco, en corona o en bandas laterales, a lado de la semilla.

2.7 Industrialización de la papa.

“La industrialización de la papa en Colombia ha presentado un incremento acelerado en los últimos años, el consumo de alimentos procesados y semiprocados tiene un gran porvenir; debido a los cambios en el hábito de consumo poblacional y el aumento de las industrias procesadoras.”⁴³ Al respecto, el consejo regional de la Cadena Agroalimentaria de la Papa de Antioquia⁴⁴ afirma que estas agroindustrias, en el interés de buscar productos susceptibles de ser envasados en hojalata y que tengan la posibilidad de ser comercializados en mercados internacionales, encontró que la papa criolla es un producto "exótico" muy apreciado en el mercado japonés y con poca competencia a escala mundial ya que sólo se cultiva comercialmente en Colombia y Ecuador, además se ha encontrado que este producto puede tener mercado en Estados Unidos y Holanda.

42 GARCIA, B., Y PANTOJA, C. 1993. Fertilización y manejo de suelos en el cultivo de la papa en el departamento de Nariño, Boletín Técnico N°. 222, Instituto Colombiano Agropecuario, Pasto.

43 ALARCON, N. 2000. Corpoica- Efecto del potasio en la calidad de la papa para industria, en Usme Cundinamarca: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: fedepapa 25 años. Vol.3, No. 1-2 (2000); p. 78

44 CONSEJO REGIONAL. 2001 Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Agroalimentaria de la Papa de Antioquia. Secretaría de agricultura de Antioquia, Medellín, En: http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/cadena_papa consultado el 15 enero 2006.

Más aun con la apertura comercial en Colombia y la oportunidad de mercados interesados el papa criolla, se ha observado que el tubérculo tiene alta aceptación como producto procesado y congelado en presentaciones que varían desde bolsa plástica hasta papa enlatada y envasada. No obstante, la papa con fines agroindustriales requiere el cumplimiento de ciertos requisitos; entre ellos Castro⁴⁵ citado por Lora, R., Ávila O. y Rodríguez D., menciona que “la materia seca y el contenido de azúcares reductores son parámetro tenidos en cuenta para el procesamiento industrial de los tubérculos. Contenidos promedios de 20% de materia seca y máximos de 0.2% de azúcares reductores son exigidos en la industria para obtener una buena calidad de los productos procesados a base de (**Solanum tuberosum**)”⁴⁶

De forma similar, como lo manifiesta Alarcón: “se ha encontrado que la estructura interna y la composición del tubérculo determinan la calidad nutricional; la cantidad de daño producido por el manejo, el color del producto cocinado, textura, color de la carne y piel del producto, determinan la calidad para la industria”⁴⁷.

Estudios realizados en la cadena de la papa, apuntan a optimizar la obtención de alta calidad en la agroindustrialización a través de investigaciones en base a la fertilización, es así como algunos resultados arrojan que:

“Aunque se conoce la importancia de la fertilización en el cultivo de la papa criolla, los resultados sobre los efectos en las características de calidad industrial de la papa, han sido poco concluyentes, debido a los múltiples factores que influyen sobre estas características (variedad, clima, suelo, prácticas de cultivo, condiciones de madurez)”⁴⁸.

45 CASTRO.2002. Respuesta de la papa criolla variedad yema de huevo a la aplicación de fuentes y dosis de boro en un suelo de Cundinamarca, citado por LORA, R.; ÁVILA O. Y RODRÍGUEZ, D. En: Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 32.; p. 23-28

46 Ibid. 40

47 Ibid., p. 22

48 RODRIGUEZ Y RODRÍGUEZ. 1998. Algunos aspectos de la industrialización de la papa en Colombia citados por CASTRO, H. y GUIO, V. Significado de la fertilización potásica en el rendimiento y calidad industrial del cultivo de la papa. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., p. 134.

Generalmente los industriales muestran preferencia por la papa (**Solanum phureja**), que llega de determinadas zonas de producción, zonas relativamente bajas (2600-2800 m.s.n.m) con suelos sueltos y alto contenido de materia orgánica, los cuales están en condiciones de ofrecer un tubérculo de buena calidad para la industria, principalmente por el alto contenido de materia seca y bajo contenido en azúcares reductores.⁴⁹

2.7.2 Proceso de industrialización de la papa criolla.

De acuerdo con Pino,⁵⁰ el proceso industrial de la papa criolla consta de varias etapas: adecuación (incluye clasificación, lavado y selección), congelación empaque y almacenamiento, por tanto cada uno de ellos se define:

- 1. Clasificación:** Es necesario determinar los parámetros de tamaño para estandarizar al producto físicamente, La papa criolla se clasifica en cuatro grupos: riche 2.5 á 3.2 cm. de diámetro, peso 9.8 á 20.2 g; pequeña 3.3 á 4. cm. de diámetro, peso 20.3g; mediana 4.1 á 4.9 cm. de diámetro, peso 34.7 á 50.1g y grande mayor que 5.0 cm. de diámetro, peso mayor que 50.g⁵¹
- 2. Lavado:** Con el fin de eliminar la tierra y algunas impurezas del tubérculo de papa criolla, se usa un lavador rotatorio de agua a presión. La eficiencia del lavado depende de distintos factores, tales como presión del agua, la distancia de la ducha al producto, la cantidad de este, su forma y el tiempo de contacto.
- 3. Selección:** La papa criolla limpia, se somete a una inspección visual en donde se eliminan aquellas que no posean las condiciones físicas adecuadas para el procesamiento. La selección se realiza manualmente y se hace después del lavado porque permite ver los defectos de la papa. En este momento desechan las que estén verdes, negruzcas o blancuzcas; igualmente las que no posean forma redonda.

49 *Ibíd.* p., 22

50 PINO, M. 1995 Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada. En: Revista papa: órgano informativo de la federación Colombiana de productores de papa. No. 13 (abr.1995); p. 20

51 *Ibíd.*, p. 22

4. **Congelación:** La congelación es un método que utiliza el descenso de la temperatura para la conservación de los alimentos. Esta temperatura se encuentra por debajo del punto de congelación del agua y la más empleada es de 18°C.
5. **Empaque:** Para empacar la papa criolla previamente procesada y congelada se utilizan bolsas de polietileno con el fin de que conserven sus vitaminas y las protejan de la luz directa sirva de barrera a la luz, gases, vapor de agua y absorción de agua entre otros.
6. **Almacenamiento:** La papa criolla, previamente precocidad, congelada y empacada, se almacena en congeladores a temperatura entre 18°C y 22°C.

2.7.2 Requisitos de calidad para papa criolla.

Los siguientes son condiciones y requisitos exigidos para papa criolla de consumo en fresco así mismo se podrían considerar que lo son para fines de procesamiento industrial.⁵²

1. **Frescura:** Tubérculos frescos, recién cosechados, sin humedad en la superficie. Con la epidermis entera, bien adherida, sin peladuras, sin señales de ojos brotados o nacidos.
2. **Sanidad vegetal:** Tubérculos sanos, enteros, libre de daños producidos por maltrato, cortaduras, roedores, golpes y fricción. Sin daños internos y externos causados por plagas, enfermedades y temperaturas por debajo de 0 °C. Libre de pudrición y daños fisiológicos. Sin perforaciones ni presencia de gusanos vivos y/o muertos. Libre de residuos tóxicos y fumigaciones.
3. **Limpieza:** Tubérculos limpios, bien lavados con agua limpia, sin tierra adherida o dentro de la bolsa, sin piedras, pastos u otras materias indeseables.
4. **Textura:** Tubérculos firmes y consistentes al tacto, sin señales de deshidratación por excesiva duración de la conservación o conservación en condiciones inadecuadas.

52 J GOMEZ, L. y RAMIREZ, J. 1999. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa. Armenia: Tudesco. p. 1-25.

5. **Color:** Típico de la variedad amarilla, sin coloración verde producida por el sol en el cultivo, o por la exposición a la luz durante el almacenamiento. Sin mezclas de otras variedades.
6. **Forma:** Típica de la variedad amarilla, libre de protuberancias y deformaciones.
7. **Desarrollo:** Tubérculos cosechados en su óptimo punto de desarrollo fisiológico. Sin ojos brotados.
8. **Apariencia:** Tubérculos bien presentados, a granel o empacados, en empaques adecuados, con su peso correspondiente completo.
9. **Olor, aroma y sabor:** Típicos de la especie y la variedad, sin olores y sabores extraños e indeseables. Sin alteraciones internas producidas por temperaturas inferiores a 0°C (congelación).

2.7.2.1 Importancia de la Materia seca en la calidad de los tubérculos de papa, para la industrialización.

El porcentaje de sólidos ó materia seca del tubérculo es una característica fundamental de la materia prima que ingresa en una planta industrial y determinante de su aceptación o rechazo. “El contenido de materia seca influye en el rendimiento, la absorción de aceite y la textura del producto final.”⁵³

“En la papa los contenidos de materia seca son una característica importante tomada en cuenta por los procesadores antes de comprar el producto, ya que influye en el rendimiento.”⁵⁴

“Para alcanzar el máximo contenido de materia seca y mayor rendimiento en el procesamiento, es necesario que el cultivo madure completamente. El contenido de

53 MONTI M, 2003. Calidad de la papa para consumo. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.; Oct-Dic; trimestral. Año 2, No 8; p. 1.

54 CASTRO, H. y GUIO, V., 1998. Significado de la fertilización potásica en el rendimiento y calidad industrial del cultivo de la papa. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. p. 135-136.

materia seca aumenta a medida que se desarrolla el cultivo. Sin embargo al hacer una recolección tardía, esta no se incrementa y empieza a perder peso.”⁵⁵

Los carbohidratos de la materia seca de papa incluyen almidones, azúcares, celulosa (paredes celulares) y pectinas (materiales de adherencia de las células). Todos estos compuestos son derivados de un azúcar simple que es la glucosa. Los almidones representan entre el 60 y 80% de la materia seca. Los azúcares son principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, con pequeñas cantidades de otros azúcares. La celulosa comprende cerca del 2% de materia seca. Las pectinas constituyen también cerca del 2% de materia seca y son ampliamente responsables de la textura de la papa.⁵⁶

Castro y Guio⁵⁷, dan a conocer algunos resultados de investigaciones referentes al contenido de materia seca: “aunque la materia seca depende de la madurez y de los factores climáticos, edáficos y agronómicos, está genéticamente controlada y en consecuencia, puede conservarse en las variedades preferidas por sus altos valores en esta característica”. Los mismos autores agregan que “se han reportado rendimientos desde 10,9 hasta 27,69% de materia seca en tubérculos. La variación del rendimiento en peso seco se debe a diferencias en la gravedad específica del material fresco, existiendo una alta correlación entre ésta y el rendimiento de materia seca”.

En un trabajo de investigación sobre medición de materia seca Castro, H. y Guio, V. ⁵⁸ anotan que en papa, “la materia seca se mide por el método de gravedad específica, peso del tubérculo en el aire / peso del tubérculo en el agua y se compara en la tabla de calibración establecida para gravedad específica para tubérculos del género **Solanum**, (Anexo 2), utilizado para la estimación del contenido de materia seca, y es recomendado cuando se van a evaluar un gran número de muestras.”

55 *Ibíd.* p., 24

56 *Ibíd.*, p. 10

57 *Ibíd.*, p. 26

58 *Ibíd.* p. 26

Existen ecuaciones matemáticas y tablas de conversión que relacionan con bastante claridad el porcentaje de almidón y materia seca con la gravedad específica. Generalmente, la gravedad específica en los tubérculos presenta valores en entre 1.040 ó 1.120; mientras que el contenido de materia seca puede estar entre 15 á 25%, que son valores muy variables y fuertemente influenciados por las condiciones ambientales y la carga genética, para la especie de papa (**Solanum phureja**) o criolla el contenido de materia la seca aproximada es del 22.8%.⁵⁹ “La materia seca representa el 20 % del peso total del tubérculo, dentro de ésta los almidones representan cerca del 90% de los carbohidratos y alrededor del 70% de la materia seca, son una mezcla de almidón y amilopectina en proporción de 1: 5”⁶⁰.

2.7.2.2 Proceso de escaldado y su relación con la textura de los tubérculos.

El escaldado: es un tratamiento térmico que se utiliza para inactivar enzimas que causan pardeamiento (perdida de color natural del tubérculo por efectos de la exposición de este a aire), desarrollo de sabores desagradables y degradación de las sustancias colorantes (como carotenoides); pérdida de textura y disminución de la viscosidad. Se aplica previamente a operaciones de conservación de tubérculos de papa criolla, tales como esterilización, congelación y deshidratación e impedir que el proceso de germinación de los tubérculos de esta especie que carece de periodo de reposo broten y cuyo principal objetivo es la obtención de un producto de buena calidad tras el procesamiento agroindustrial.

Así mismo esas enzimas, son compuestos químicos propios de los seres vivos, que cumplen múltiples funciones vitales y que se descontrolan al ser cosechado el vegetal. Debido a este descontrol, se hace necesario inactivarlos de alguna manera, para que no interfieran con los procesos, ni disminuyan la calidad de los productos. Para lograr este propósito, se utiliza el calor, ya que las enzimas se destruyen al calentarlas.

59 THOMPSON, A. 1998. Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas.: ed. Kinesis, Convenio Sena - Reino Unido, DFID Instituto de Recursos Naturales (NRI) del Reino Unido. Armenia, Colombia, 268 p.

60 PINEDA, R. 1995. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la papa en Colombia: Características de la papa industria. En: Revista papa. No 13 (Abril.); p. 9.

Los objetivos secundarios del escaldado son el expulsar el aire atrapado intermolecularmente, reducir la contaminación inicial y fijar el color. El tiempo de exposición y la temperatura de operación dependerán de la clase, tamaño y estado de la madurez del material que se va a procesar⁶¹.

La papa durante el escaldado sufre un deterioro físico, producto del reblandecimiento por efecto de la alta temperatura, por lo cual según Brennan et al ⁶² afirman que “es necesario que la materia prima resista a condiciones de procesado para dar un producto final de textura deseada.

Para determinar el porcentaje de fracturabilidad se toma en cuenta el número de papas que sufren un rompimiento de la cáscara frente al número de papas total, ya que durante el escaldado algunas papas presentan daños físicos, entre ellos el rompimiento de la cáscara.

Se obtiene un mayor rendimiento (menor % fracturabilidad) en las papas riche y pequeñas, porque en el escaldado y en el lavado presentan menos pérdidas. Las papas medianas y grandes se abren mas en el escaldado y en el lavado absorben menos agua⁶³

2.7.2.3 Madurez de periderma de los tubérculos en la cosecha

La madurez de los tubérculos en la cosecha (índice de madurez), está influenciado por las características que el consumidor objetivo exija, por tanto Gómez y Ramírez⁶⁴ “utilizan algunos índices de madurez para su determinación) El índice cronológico: por la precocidad frente a la papa común (150-240 días), la papa criolla fluctúa entre 120 y 135 días, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar en que se cultive. b) El índice fisiológico: identificado por el amarillamiento o secamiento del follaje. c) El índice con base

61 LOPEZ, A. 2003. Efecto del empleo de agua recirculada sobre la retención de vitamina c durante el escaldado en agua de patata, Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: www.cevipapa.com/Archivos/escaldado.html consultado el 15 de abril de 2005.

62 BRENNAN, B.; COWEL, N. y LILLY, A. 1980 Las operaciones de la Ingeniería de alimentos. Zaragoza (España): cribia., p. 4.

63 *Ibíd.* P., 28

64 *Ibíd.* P., 25

en el contenido de azúcares reductores: el menor contenido de azúcares se logra cuando el follaje está completamente muerto y semicuantitativamente se lo determina por el método de la glucocinta (cinta de prueba de glucosa), índice con base en el contenido de materia seca: siendo mayor cuando el cultivo llega a su desarrollo final) El índice de madurez física: cuando muestras aleatorias en campo, la papa presenta firmeza de la piel en todos los tubérculos”.

2.8 Características edafoclimáticas de las localidades de estudio

2.8.1 Municipio de Ipiales Corregimiento La Victoria

Esta unidad está constituida en un 90% por suelos Typic Dystrandept con pendientes 7–12% y 12–25%, se encuentra distribuido en toda la unidad, son suelos con profundidad efectiva moderadamente profunda a muy profunda, limitada por capas de arenas volcánicas; tienen buena retención de humedad y permeabilidad.

El material parental está constituido por cenizas depositadas sobre arenas volcánicas. Posee suelos bien drenados, profundos, de textura moderadamente gruesa a medianas, con buena retención de humedad y permeable, fertilidad baja, alto contenido de materia orgánica, baja saturación de bases y bajo contenido de fósforo.

El perfil del suelo tiene un horizonte A con espesor de 50 a 70 cm., color gris muy oscuro o negro y texturas francas o franco arenosas que descansa sobre capas de arena de diferente color tal como pardo amarillo claro o pardo. Subyacente a las capas de arena y a diferentes profundidades se pueden presentar horizontes “A” sepultados.

Características climáticas de regular intensidad de lluvia durante el año, generalmente se presentan en dos periodos húmedos y dos secos; periodos que presentan lluvias constantes con una precipitación promedio de 1300 mm/año. Temperaturas bajas de 0 a 9.5°C que determinan poca evapotranspiración, creando un ambiente con una humedad relativa promedio de 82%

2.8.2 Municipio de Potosí, Vereda San Pedro

Los suelos de esta localidad corresponden a la clasificación Entic Haplustoll, se localiza en pendientes suaves y moderadas. Posee suelos profundos, bien drenados, de texturas moderadamente gruesas sobre gruesas, originados cenizas volcánicas sobre arenas o tobas.

Presenta un horizonte A bastante grueso con mas de 1 metro de espesor y textura franco arenosa, que descansa sobre capaz de arenas, que tienen bandas negras, en las cuales son comunes las concreciones de hierro y manganeso, suelos de fertilidad baja, reacción ligeramente ácida, alta saturación de bases, pobres en carbón orgánico y con bajo contenido de fósforo disponible.

Presenta singulares características climáticas, debido principalmente a la acción de los vientos que vienen del sur continente, la distribución de las lluvias es dividida en dos periodos de verano e invierno, la precipitación en promedio para la zona de estudio es de 1050 mm/año y la humedad relativa del 65%.

2.8.3 Municipio de Pasto, corregimiento Gualmatán

Estos suelos se han desarrollado a partir de cenizas y tobas, localizados en un relieve plano a ligeramente plano y alturas comprendidas entre los 2600 y 2850 m.s.n.m. con pendientes de 1-3 y 3-7%, de texturas moderadamente finas y moderadamente gruesas, colores pardo grisáceos muy oscuro, pardo oscuro y muy oscuro en la superficie; negro pardo rojizo y pardo muy oscuro en las capas mas profundas. Estructuras en bloques subangulares bien desarrollados.

Suelos con alta capacidad de cambio, altas bases totales, muy alta de calcio, alta magnesio, muy alta en potasio, normal el contenido de carbón orgánico, muy pobre en fósforo asimilable, reacción casi neutra, fertilidad moderada.

Estas áreas tienen un clima frío seco, temperatura promedio durante el año 13.1°C, distribución de las lluvias es dividida en dos periodos de verano y invierno, la precipitación en promedio para la zona de estudio es de 765 mm/año, Humedad Relativa 77%.

2.8.3 Municipio de Pasto, corregimiento El Encano.

Se caracteriza por un relieve plano y micro relieve cóncavo, pendientes entre 0-3% y 3-7%, clima frío húmedo, son suelos orgánicos muy ácidos, con influencia de cenizas volcánicas superficiales, generalmente mal drenados y encharcables, de textura franco arenosa. La principal restricción son las pendientes pronunciadas fácilmente erosionables con inadecuadas prácticas de manejo. En algunas áreas, como es el caso de la zona ubicada en el Encano, otra limitante la constituye las condiciones climáticas debido a la alta precipitación.

Estas áreas tienen un clima frío húmedo: temperatura promedio durante el año 11.6 °C, distribución de las lluvias es dividida en dos periodos de verano e invierno, la precipitación en promedio para la zona de estudio es de 1328.4 mm/año, Humedad Relativa 87%

III DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Localización

La presente investigación se realizó, en cuatro localidades productoras de papa del departamento de Nariño, en los municipios de Pasto; vereda Gualmatán y corregimiento el Encano; Municipio de Ipiales; corregimiento La Victoria y Municipio de Potosí, vereda San Pedro, entre los meses de Febrero y Mayo de 2003.

Cuadro 2 Características climáticas de las localidades Gualmatán, El Encano, La victoria y Potosí.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm / año)	Humedad relativa
Municipio Pasto (Gualmatán)	2710	13.2	833	77%
Municipio Pasto (El Encano)	2830	11.8	1300	90%
Municipio Ipiales (La Victoria)	2950	9.5	1200	87%
Municipio Potosí (San Pedro)	2650	12	1000	65%

Fuente: Instituto de hidrológica, Metereología y Estudios ambientales (IDEAM). Pasto, 2003

Las localidades están situadas entre los 2600 y los 2950 m.s.n.m. con temperaturas que oscilan entre 9 y 13 grados centígrados, la precipitación mas baja se presentá en la localidad Gualmatán y la más alta en El Encano con 1300 mm, la cual presenta también la mayor humedad relativa 90 % (Cuadro 2).

3.2 Análisis de suelos

Se llevo a cabo la toma de muestras de suelo de cada lote en las cuatro localidades, con la técnica sugerida por el ICA, tomando diez submuestras de 0,5 kg aproximadamente, luego se mezclaron y de esta mezcla se envió un kilogramo para su análisis en los laboratorios de la Universidad de Nariño.

3.2 Manejo agronómico del cultivo

3.2.1 Preparación del terreno

La fase de campo de esta investigación se realizó en lotes descansados (usados anteriormente en pasturas naturales), la preparación de estos se realizó con el sistema de "Guachado" o surcado con azadón, "cortando el potrero en tres partes en cespedones de forma rectangular con un ancho de 40 centímetros, estos se doblan por la parte no cortada hacia dentro, de tal manera, que los cespedones cortados caen sobre el potrero y al unirse forman los surcos", la función principal es la conservación de los suelos, humedad y la incorporación de materia orgánica (en forma de abono verde "kikuyo").

3.2.2 Siembra

Una vez preparado el terreno se realizó la siembra en las localidades de estudio empleando para ello semilla certificada del "clon 1" ó "yema de huevo" de papa criolla (**Solanum phureja**), procedente de Semillas Nariño, la selección se realizó teniendo en cuenta que los tubérculos a sembrar pesaran entre 35 y 40 gramos.

Después de seleccionada la semilla y de haber preparado el terreno se procedió a la siembra a 0,20 metros entre plantas y 1,60 metros entre surcos, depositando una semilla por sitio, colocándola en el fondo de guacho y tapándola luego con suelo hasta una profundidad tres veces su tamaño.

3.2.3 Fertilización

Posterior a la siembra, diez días después, se realizó la fertilización, depositando en el centro del guacho, Nitrógeno en forma de Urea en las diferentes dosis sujetas a la investigación y como complemento en cada una de las unidades experimentales, Cloruro de Potasio, Superfosfato triple, en el centro del guacho y cubriendo estas fuentes de nutrientes, con una capa delgada de suelo entre tres y siete centímetros,

La cantidad de Nitrógeno aplicado para cumplir con los objetivos de la investigación fueron de acuerdo con el nivel correspondiente a cada tratamiento de 0, 24, 48, 72 y 96 kg de N/ha como fuente de Nitrógeno se utilizó urea del 46%.

Se complementó, la fertilización con Potasio, Fósforo y azufre; se utilizaron fuentes simples: 150 kg/ha de P₂O₅ utilizando como fuente Superfosfato triple; 37,5 kg/Ha de K₂O utilizando como fuente Cloruro de Potasio. Dosis que corresponden a la mitad de la dosis requerida para las papas comunes (**Solanum tuberosum**). Alvarado*

3.2.4 Control de plagas y enfermedades

En el transcurso del cultivo y en cada una de las unidades experimentales, se realizaron controles fitosanitarios necesarios para mantener la sanidad en el cultivo, principalmente se realizaron aplicaciones preventivas de Mancozeb (Manzate) en dosis de 2 kg/ha y aplicaciones curativas con Cymoxanil (Curzate) en dosis 2 kg /ha a intervalos de ocho días a partir de los 40 días después de siembra, hasta los tres meses, con el fin de manejar el tizón tardío de la papa (**Phytophthora infestans**).

Además se realizaron dos aplicaciones con carbofuran (Furadan), para el control de gusano blanco de la papa (**Premnotripes vorax**), la primera al momento de la emergencia de las plantas de papa, en una dosis de 3,3 Lt/Ha y la segunda al momento del aporque, adicionalmente se realizó una aplicación de clorpirifos (Lorsban) en dosis de 1Lt/Ha, para el control de plagas de follaje.

3.2.5 Control de malezas

Para el control de las malezas, se realizó una deshierba con azadón, alrededor de 50 días después de la siembra, labor que coincide con el aporque, y que permitió el manejo de las malezas, mas comunes, como Kikuyo (**Pennisetum clandestinum**), Guasca (**Galinsoga ciliata**), Lengua de vaca (**Rumex crispus**) y Nudillo (**Panicum sp**).

* Comunicación personal de Luis Alvarado, Ing Agr. Pasto, 12 de marzo del 2003

3.2.6 Cosecha

En las cuatro zonas de estudio, pasados 120 días de la siembra, se realizó la cosecha de tubérculos comenzando con los dos surcos centrales de la unidad experimental, que constituyen la parcela útil, los cuales fueron destinados para la toma de datos de campo; posteriormente se cosecharon los tubérculos de los dos surcos laterales y las plantas ubicadas al inicio y el final del los surcos centrales, descartando así el efecto de borde.

3.2.7 Poscosecha.

Realizada la cosecha, se clasificaron los tubérculos de papa, en las categorías: **riche** “tubérculos con diámetro menor a 2 cm.”, **pequeña** “tubérculos con diámetro entre 2 y 3.5 cm.”, **mediana** “tubérculos con diámetro entre 3.5 y 5. cm.” y **grandes** “tubérculos con diámetro superior a 5 cm.”⁶⁵

Para la selección por tamaños o categorías se utilizaron varias zarandas de madera con orificios para su clasificación de acuerdo al diámetro de cada categoría de tubérculo. Posteriormente realizada la selección por parcela, se pesó y se registró la producción total y por categoría.

3.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), el cual constó de cinco repeticiones correspondientes a los bloques y cinco tratamientos correspondientes a los niveles de fertilización nitrogenada (0, 24, 48,72, 96 kg de nitrógeno/ha.) (Cuadro 3).

⁶⁵ Ibid., p. 24

Cuadro 3. Dosis de Nitrógeno usada por tratamiento en la fertilización de (*Solanum phureja*) en las cuatro localidades de investigación.

Tratamiento	N kg / ha	Urea kg / ha	Urea g / parcela
T1	0	0	0
T2	24	52	167
T3	48	104	334
T4	72	157	501
T5	96	209	669

N: Nitrógeno kg: Kilogramos g: Gramos ha: hectárea

3.3.1 Área experimental

En cada localidad se utilizó un área 864 m² con dimensiones de 27 m de largo x 32 m de ancho, en los cuales se trazaron cinco bloques de 5.0 m de largo x 32 m de ancho con separación de 0.50 m entre ellos. En cada bloque se ubicaron cinco parcelas de 32 m² (Anexo1)

En cada parcela se establecieron cuatro surcos, sembrados en forma de guachos de 5 m de largo, la semilla se sembró a 0.20 m entre plantas por 1.60 m entre surcos, una por sitio, para un total de 25 tubérculos por surco, por parcela se sembraron 100 tubérculos; como parcela útil se tomo un área de 4.60 m de largo x 3.20 m de ancho. Siendo, los dos surcos centrales y descartando la primera y última planta de estos, existiendo 46 plantas en esta. (Cuadro 4)

Cuadro 4 Unidad experimental de la investigación; numero de plantas por parcela.

Área parcela	Área parcela útil	plantas por parcela	plantas por parcela útil
32 m.	14.7 m.	100	46

3.3.2 Análisis estadístico

Se realizó por medio del programa estadístico SAS. Los datos obtenidos para cada variable, se sometieron a un análisis de varianza por cada factor de acuerdo al diseño propuesto; posteriormente las variables que mostraron diferencias estadísticas se sometieron a la prueba de comparación de promedios de Tukey.

El modelo estadístico usado corresponde a;

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} Variable de respuesta del tratamiento i, bloque j

μ Media general del experimento

B_i Efecto del bloque j

T_j Efecto del tratamiento i

ε_{ij} Error experimental debido al bloque i, tratamiento j,

3.4 Variables evaluadas

Se evaluó la influencia de cinco dosis de fertilización nitrogenada, sobre las características de producción y calidad de los tubérculos cosechados en las unidades experimentales de cada una de las localidades.

3.4.1 Rendimiento

Se determinó el rendimiento de tubérculos en cada parcela para las cuatro localidades de estudio, tomando por parcela total un área de 32 m² y como parcela útil un área de 14.72 m² aplicando la formula:

$$\text{Rendimiento Ha} = \left[\frac{\text{Rendimiento parcela útil}}{\text{Área Cosechada}} \right] \times 10000$$

3.4.2 Madurez del periderma.

Realizada la cosecha, en cada parcela y por tratamiento se determinó el índice de madurez fisiológica a través de la firmeza de la piel de los tubérculos, tomando una muestra de 100 tubérculos al azar por cada parcela útil, que represento el 10% de la producción cosechada, se frotaron con la mano para verificar si había un desprendimiento del periderma, si la piel se removía con facilidad; era indicativo que el proceso de madurez fisiológica para cosecha aun está incompleto.⁶⁶

3.4.3 Materia seca.

Para determinar la materia seca se utilizó el método de correlación con gravedad específica; es decir se correlacionó el peso seco con la gravedad específica (G.E.); aplicando la formula, que consiste en dividir el peso del tubérculo en el aire sobre el peso del tubérculo en el agua. Luego comparándolo con la tabla de calibración (Anexo 2) y determinando así el valor de materia seca (Thompson).⁶⁷

3.4.4 Porcentaje de rompimiento de piel durante el proceso de escaldado

Para la determinación de la variable mencionada se tomo una muestra de 100 tubérculos escogidos al azar de cada parcela útil, que representa el 10% de la producción cosechada, estos fueron sometidos a vapor de agua, en el escaldador de la planta piloto de Agroindustria de la Universidad de Nariño, para registrar el número de tubérculos con agrietamiento ó rompimiento del periderma, El tiempo de escaldado por tamaño, la temperatura y presión se presentan en el cuadro 4

66 *Ibíd.* p .24

67 *Ibíd.* p.25.

Cuadro 5. Tiempos de escaldado requerido según tamaño de la papa criolla

Categoría de tubérculo	Tiempo de escaldado en minutos	Temperatura a de vapor de agua
Pequeña	3	98°C a 10 P S I
Mediana	3	98°C a 10 P S I
Grande	5	98°C a 10 P S I

Fuente: Pino, 1995.

Los tubérculos clasificados como riche, no fueron sometidos a prueba de escaldado puesto que este tipo de tubérculos están destinados principalmente a exportación en forma de encurtidos.

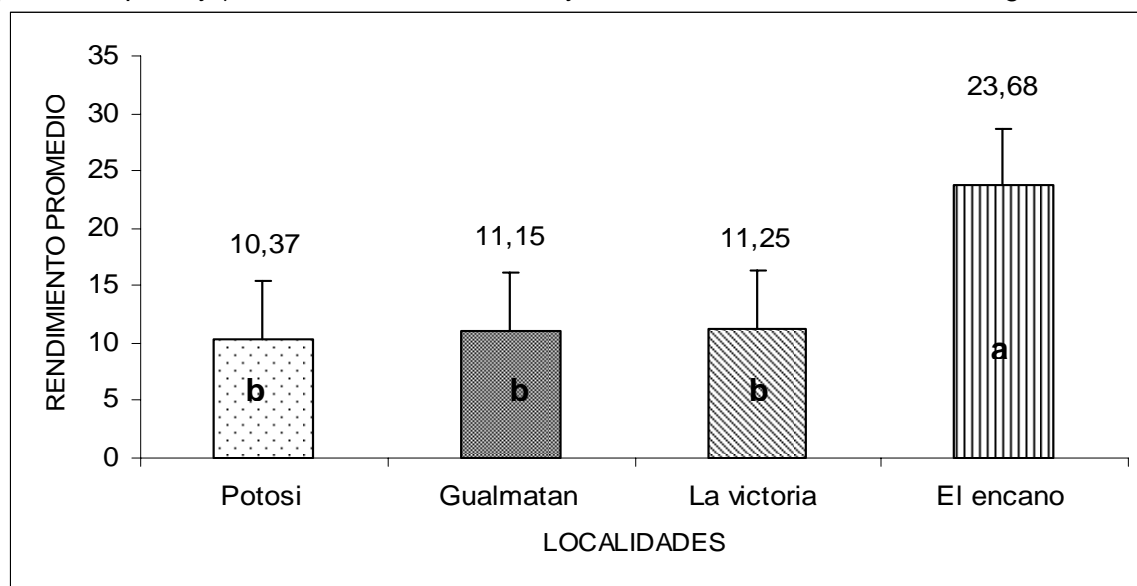
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de rendimiento.

4.1.1 Rendimiento de tubérculos.

Para el rendimiento total de papa criolla (**Solanum phureja**) se encontraron diferencias significativas entre las localidades (factor A). El encano, La victoria, Gualmatan y Potosí con rendimientos promedios de 23,68; 11,25; 11,15 y 10,37 Ton/ha, respectivamente (figura1), pero no diferencias entre las dosis de fertilización nitrogenada (factor B). Además, no hubo interacción entre localidades x dosis de fertilización nitrogenada. (Anexo 3)

Figura 1 Comparación de promedios para la variable rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*) en cuatro localidades, bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



Letras distintas indican diferencias significativas.

Esta investigación permitió establecer que la variable dosis de nitrógeno, se comporto de manera indiferente respecto al rendimiento total de papa criolla (**Solanum phureja**).

El comportamiento presentado es debido quizá a la buena disponibilidad de N, en las veredas Guamatán y los corregimientos El Encano y La victoria con valores entre 88 ppm y 112 ppm disponible (resultados del análisis físico químico de suelos), valores interpretados como medio y alto respectivamente en relación a los requerimientos de fertilización promedio de las **Solanum sp.** Así mismo el municipio de Potosí con un valor de 37 ppm, interpretado como baja disponibilidad y en donde se obtuvo la respuesta mas baja de rendimiento (Anexo 4).

Al respecto algunos autores mencionan que cada variedad de papa tiene una respuesta específica a la fertilización; esta respuesta varía según el tipo de suelo, ya que la concentración de elementos nutritivos en cada tipo de suelo es diferente. Además, La temperatura, el agua y el oxígeno, son los factores más importantes en la absorción del nitrógeno. El 50% del N aportado en la fertilización no se aprovecha porque: escapa al aire o es lixiviado, la sequía con su falta de agua impide la absorción, falta de fósforo y en menor escala otros nutrientes para su metabolización, o hay una elevada concentración de aluminio en el subsuelo, constituyendo una barrera química para el crecimiento radicular.^{68 69}

Así mismo la interpretación en el análisis de suelos indica que las cantidades de materia orgánica, fueron altas para las localidades; el Encano (11.2 %), La victoria (15.1%) y Guamatán (11%) y bajo para la localidad Potosí (3.5%) (Anexo 4). Teniendo en cuenta que las sustancias orgánicas en el suelo vivas o muertas, frescas o descompuestas hacen parte de la materia orgánica del suelo y que la mayoría de plantas obtienen el nitrógeno mediante intercambio iónico en la solución del suelo en forma de NO_3^- , o NH_4^+ enlazado al humus o a los minerales arcillosos^{70 71}. Se puede afirmar que la disponibilidad de este

68 PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. 5ª ed. Trad. del portugués por Silvia Larendegui. Buenos aires, el Ateneo, 1989. 499p

69 OROZCO, F. Biología del nitrógeno, Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo 1, Universidad Nacional, Medellín. Colombia. 1999. 231 p.

70 GLIESSMAN, S.R. 2002. Agroecología; Procesos ecológicos en agricultura sostenible. LITOCAT, Turrialba, Costa Rica 359 p.

71 AMEZQUITA, E.1991 propiedades físicas y manejo productivo de los suelos. XXI congreso anual y 1er simposio Nacional sobre fisiología de la nutrición mineral, Comalfé. Manizales

elemento es óptima e incidió significativamente como un factor local que determinó de forma positiva la producción de los tubérculos; en tres localidades con la excepción de la localidad Potosí.

Resultados diferentes a los obtenidos en esta investigación. Fueron encontrados en fertilización de papa (**Solanum tuberosum**) para 22 sitios experimentales en suelos de Nariño con producciones crecientes con la aplicación de Nitrógeno hasta 200 kg/ha, en presencia de 300 kg/ha de P_2O_5 .⁷²

García y Pantoja⁷³, anotan también que en general el cultivo de papa presenta respuesta al efecto simple en la fertilización nitrogenada, pero al aplicarse simultáneamente con el fósforo los rendimientos son mayores, es decir existe una marcada interacción entre estos elementos y que esto ya ha sido probado en varias investigaciones.

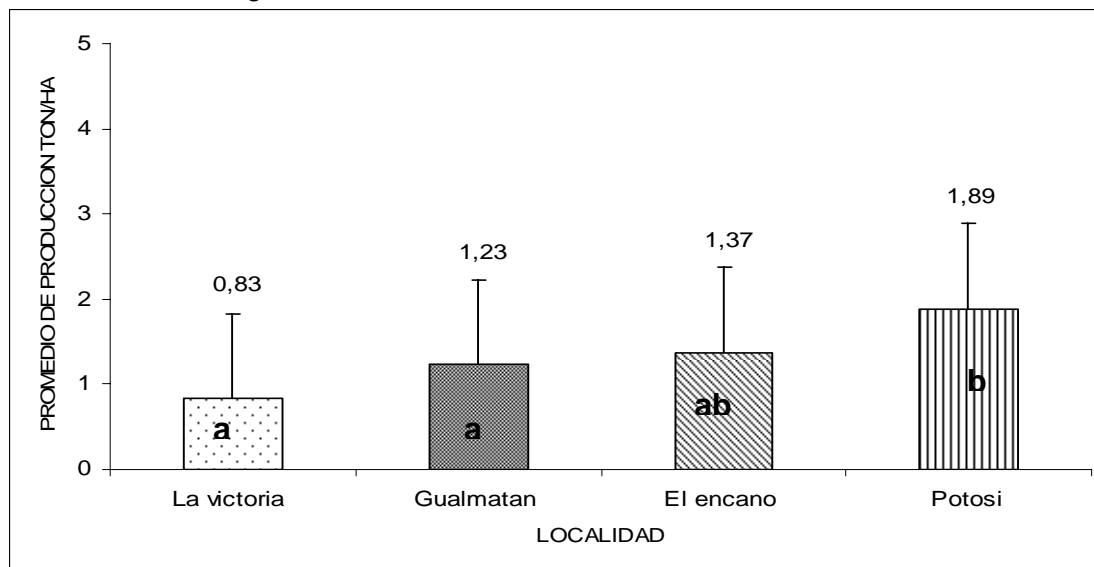
4.1.2. Clasificación de tubérculos categoría riche

Para el rendimiento de tubérculos categoría riche, la dosis de fertilización nitrogenada, se comportó de manera indiferente, no se encontraron diferencias bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada (factor B), sin embargo se encontraron diferencias estadísticas significativas entre localidades (factor A), Potosí, El encano, Gualmatan, La victoria con rendimientos de 1,89; 1,37; 1,23; 0,83 Ton/ha, respectivamente, (figura 2) de igual manera el análisis de varianza indica que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 5).

72 GARCÍA B. PANTOJA C. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. En Guerrero, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS Colombo Venezolanos S.A., 1998. p. 29-31

73 Ibíd. 68

Figura 2 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja*) categoría riche en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



Letras distintas indican diferencias significativas.

4.1.3. Clasificación de tubérculos categoría pequeña

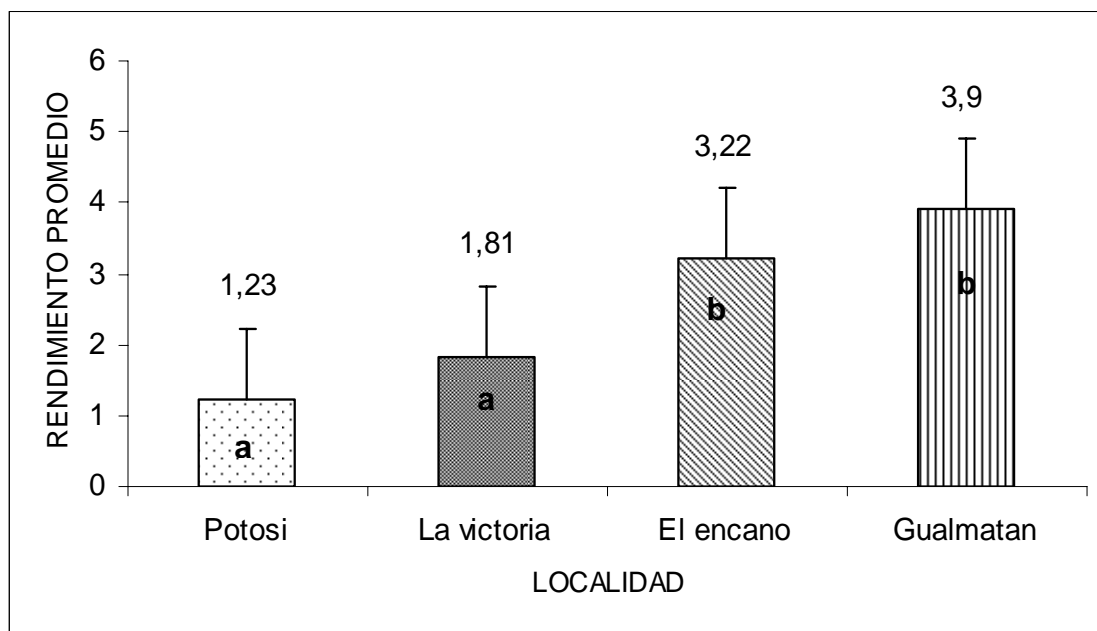
Para el rendimiento de papa (*Solanum phureja*) categoría pequeña, se encontró diferencias estadísticas significativas entre localidades (factor A), así Gualmatan, El encano, La victoria Potosí presentaron rendimientos de 3,9; 3,22; 1,81; 1,23 Ton/ha, correspondientemente, (figura 3) así también se encontró que las dosis de fertilización nitrogenada (factor B) no influyó en el rendimiento de tubérculos de esta categoría, el análisis de varianza muestra de la misma manera que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 6).

Teniendo en cuenta que los tubérculos pequeños son más deseados para su procesamiento industrial (precocida y congelada) con fines de exportación, porque se obtiene un mayor rendimiento y menos perdidas en el proceso de escaldado y en el lavado, contrario a lo que sucede en las papas medianas y grandes que se abren más (rompimiento de periderma) y consumen más agua en el lavado⁷⁴ se determina así que la

⁷⁴ Ibíd. p., 28

localidad con mayor promedio de rendimiento (Gualmatán) es la zona con mayor potencial para la producción con fines de este tubérculo.

Figura 3 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría pequeña en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

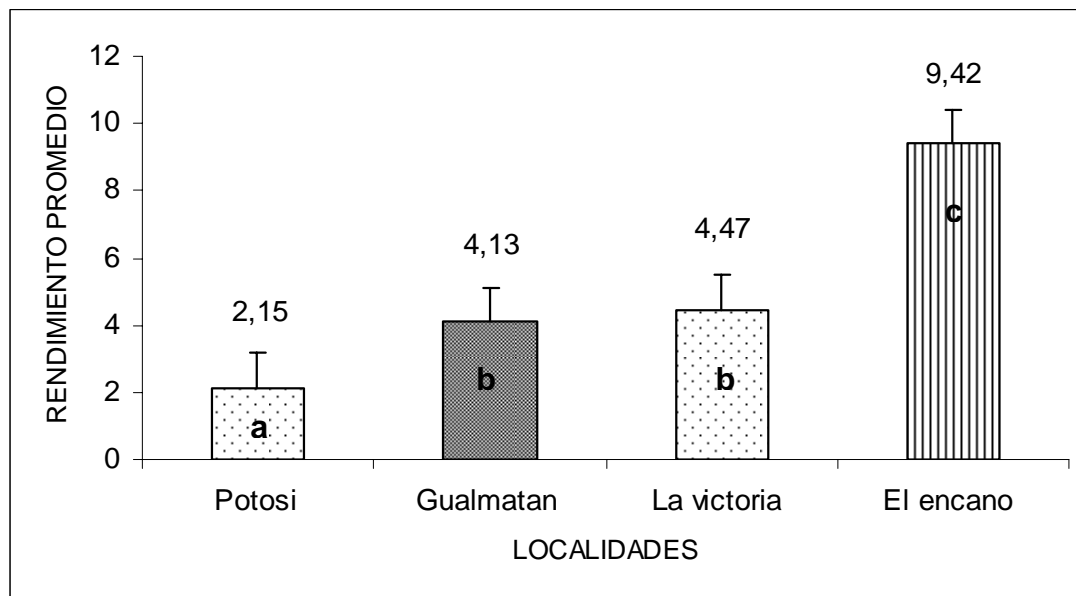


Letras distintas indican diferencias significativas

4.1.4. Clasificación de tubérculos categoría mediana

En la categoría mediana de papa (**Solanum phureja**), se encontró que los rendimientos entre localidades son significativamente diferentes (factor A), El encano, La victoria, Gualmatan, Potosí mostraron rendimientos de 9,42; 4,47; 4,13; 2,14 Ton/ha, respectivamente, (figura 4) de igual manera se encontró que las dosis de fertilización nitrogenada (factor B) no influyo en el rendimiento de papa de esta categoría, el análisis de varianza muestra además que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 7).

Figura 4 Comparación de promedios para la variable rendimiento tubérculos de papa criolla. (**Solanum phureja**) categoría mediana en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada



Letras distintas indican diferencias significativas

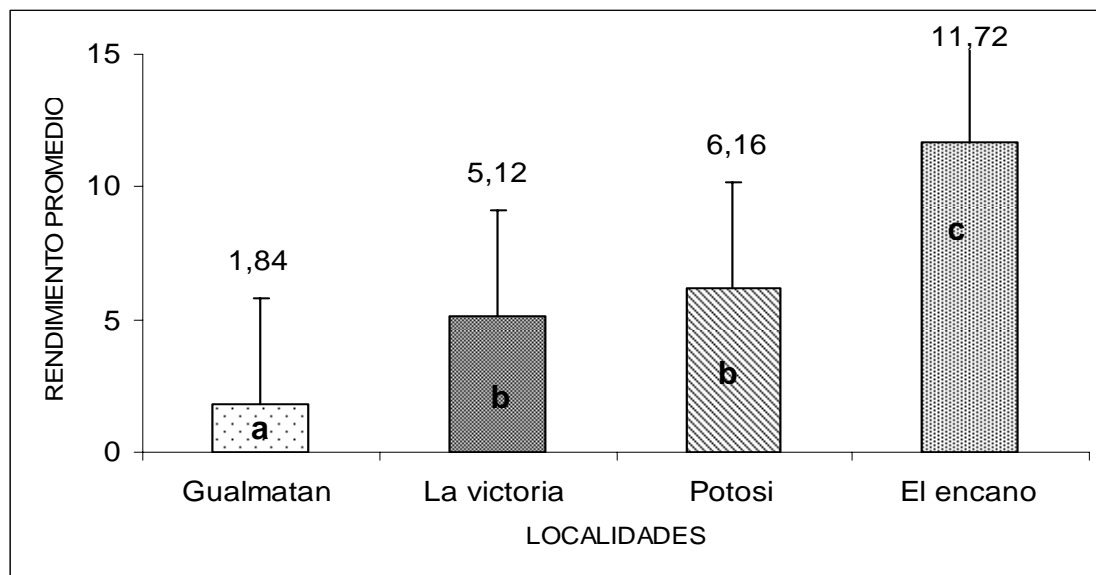
Uno de los factores que pudo favorecer el rendimiento de papa mediana en la localidad del Encano fue quizá la alta precipitación presentada durante el desarrollo de esta investigación; que permitió una mejor disponibilidad de nutrientes por constantes periodos de saturación de agua y dosis de nutrientes disponibles, obteniendo una mejor producción y calidad de papa criolla, caracterizada además por tubérculos de tamaño uniforme, color amarillo brillante, olor y sabor agradable; con buenas características industriales (Anexo 8)

4.1.5 Clasificación de tubérculos categoría grande

Para el rendimiento de papa (**Solanum phureja**) categoría grande, se encontró diferencias estadísticas significativas entre localidades (factor A), en el Encano, Potosí, La victoria y Gualmatan los rendimientos encontrados fueron de 11,72; 6,16; 5,12; 1,84 Ton/ha, respectivamente, (figura 5) del mismo modo no se hallaron diferencias en el rendimiento bajo las cinco dosis de fertilización nitrogenada (factor B), el análisis de

varianza muestra además que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 9).

Figura 5 Comparación de promedios para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría grande en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



Letras distintas indican diferencias significativas

4.16 Porcentaje de rendimiento en tubérculos por categorías; riche, pequeña Mediana y grande

En el cuadro numero seis, se puede apreciar que la tendencia en las cuatro localidades en la mayor producción de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría grande con valores entre 5,1 y 11,7 ton/ha. Con excepción de la localidad Gualmatán con 1,84 y en tubérculos categoría mediana entre valores 4,1 y 9,42 ton/ha, con excepción de la localidad Potosí con 2,1. Así mismo y teniendo en cuenta los requerimiento de la industria con destino a papa precocida y congelada, se puede deducir que las cuatro localidades en donde se realizo la investigación presentan buen potencial de rendimiento de papa criolla categoría pequeña, con valores entre 1 y 1,8 ton/ha.

Cuadro 6. Rendimiento de tubérculos de papa criolla por categorías de clasificación en cuatro localidades.

LOCALIDAD	CATEGORIA DE CLASIFICACION DE TUBERCULOS (Solanum phureja)								
	Total	Riche	%	Pequeña	%	Mediana	%	Grande	%
POTOSI	10,37	1,89	18,2	1,23	11,86	2,15	20,73	6,16	54,4
GUALMATAN	11,15	1,23	11	3,9	34,98	4,13	37,04	1,84	16,5
LA VICTORIA	11,25	0,83	7,38	1,81	16,09	4,47	39,73	5,12	45,5
EL ENCANO	23,68	1,37	5,79	3,22	13,60	9,42	39,78	11,72	49,4

Fuente: Esta Investigación

Los resultados obtenidos en cada una de las localidades, para el rendimiento de tubérculos pequeños, medianos y grandes dependen de forma general del potencial productivo de los suelos de cada localidad,⁷⁵ se consideran que los buenos indicadores del potencial de producción están relacionados con la profundidad de la capa arable y la capacidad de retención de humedad.

Además del análisis de las características edafoclimáticas de cada localidad y las diferencias en su potencial productivo, se debe tener en cuenta la función que cumple el nitrógeno en la producción; se sabe que este elemento hace parte de las proteínas y cuyo contenido está directamente relacionado con la concentración de Nitrógeno en los tejidos de la planta, el Nitrógeno es un componente de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos, por lo tanto este elemento es singularmente necesario para un crecimiento vegetativo vigoroso.

Los cultivos de papa presentan mayores tasas de crecimiento cuando hay mejor disponibilidad de nitratos, es así que la aplicación de nitrógeno en los suelos se traduce en el incremento del desarrollo vegetativo, en hojas bien desarrolladas y en la ramificación abundante. Es importante por lo tanto tener en cuenta que el desarrollo de las raíces y tubérculos no es muy estimulado por este elemento, y por el contrario un exceso de este

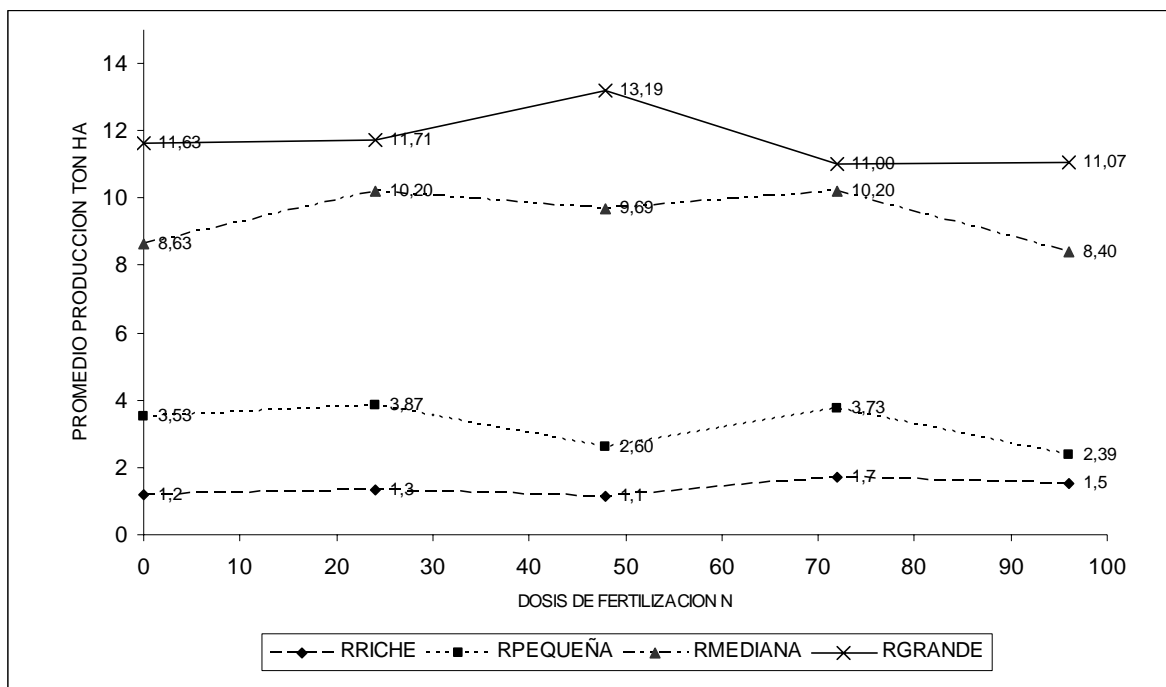
⁷⁵ Pantoja, C. Correa, R., et al, 1989. recomendaciones técnicas para las especies agrícolas y pecuarias prioritarias en el área del CRECED, altiplano de Nariño. cuarta aproximación. ICA. Pasto. 150 p. (mecanografiado).

origina un excesivo follaje que va en detrimento de la formación de tubérculos, por lo cual se obtienen producciones reducidas⁷⁶

Las características físico químicas de los suelos de las cuatro localidades permiten inferir que a mayores contenidos de materia orgánica, hay mayor disponibilidad de nitrógeno, que permite así mejores respuestas en el rendimiento de papa criolla.

4.1.7 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de producción de tubérculos de papa.

Figura 6 Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de tubérculos categorías riche, pequeña, mediana y Grande ton/ha de papa criolla. (*Solanum phureja*) en cuatro localidades



Fuente: Esta Investigación.

La figura seis, muestra que las dosis de nitrógeno en el rendimiento no influyo de manera significativa, sobre las variables de producción. Se observa que no hay incrementos que expliquen que los rendimientos aumentan proporcionalmente con el aumento de la dosis

76 Hooker, W. J. 1986. Compendio de las enfermedades de la papa CIP

de Nitrógeno aplicado. Es por ello que para realizar una fertilización nitrogenada bajo las condiciones edafoclimáticas presentes en las localidades donde se realizó el experimento, se recomienda la dosis de 35 kg/ha para el mantenimiento de procesos fisiológicos del cultivo.

4.2 Variables de calidad

Se analizaron variables de calidad determinantes para la industria y venta en fresco de los tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) como lo son; madurez del periderma, materia seca y resistencia del periderma del tubérculo al ser sometido a un proceso agroindustrial de escaldado, esto se realizó para los tamaños de papa pequeña, mediana y grande.

4.2.1 Madurez de periderma

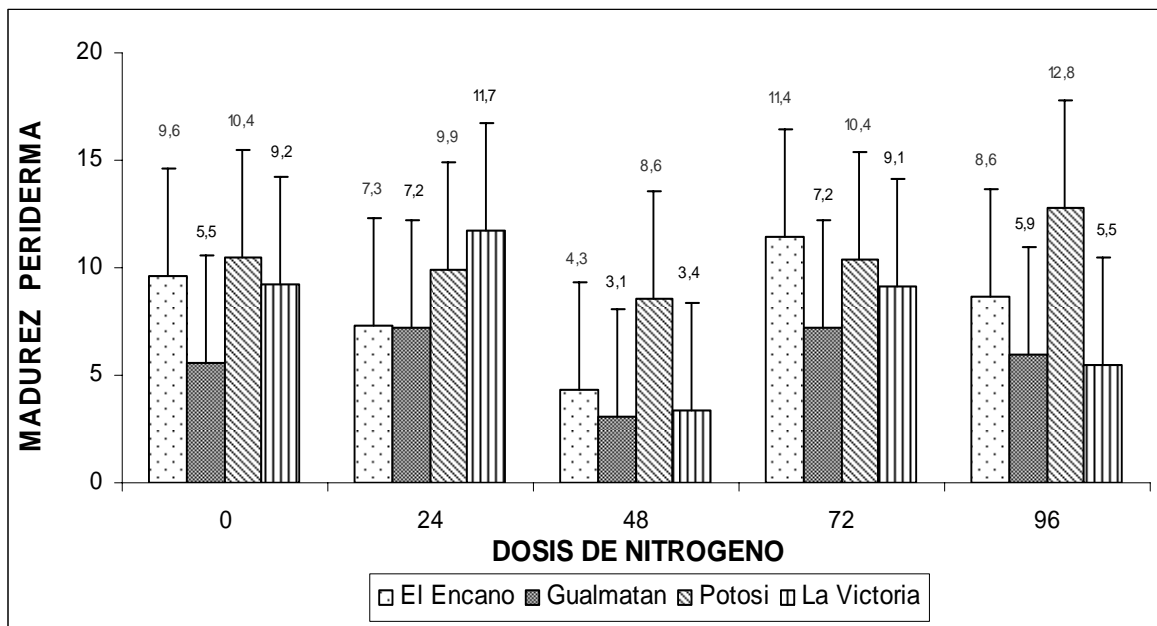
Para el caso de madurez de periderma, se encontró diferencias significativas aplicando las dosis de fertilización (factor B), así; sin la aplicación de fertilizante el mayor desprendimiento lo presentó el municipio de Potosí, y el menor el municipio de Gualmatan. Con la aplicación de 24 Kg/ha el municipio de la Victoria presentó el mayor desprendimiento de periderma y Gualmatan el menor, con 48 Kg./ha en general, se presentaron los menores desprendimientos 3.1% en Gualmatan; 3,4 en La Victoria, 4.3 en el Encano y 8,6 en la victoria. Con la aplicación de 72 y 96 Kg/ha se observó el mayor porcentaje de desprendimiento siendo más visible en los municipios de El Encano y Potosí. (Figura 7), además el análisis de varianza indica que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 10).

Los resultados obtenidos para esta variable sugieren que posiblemente la madurez del periderma además de ser una característica intrínseca del material vegetativo usado (variedad), está influenciado por la fertilización con Nitrógeno.

Para esta investigación la dosis de fertilización nitrogenada aplicada al suelo en el experimento influyó en la madurez del periderma, así también la respuesta obtenida para esta variable ha podido ser provocada por las condiciones ambientales que son el

producto de un conjunto de factores internos, los cuales están determinados y regulados por la fisiología de la planta⁷⁷.

Figura 7 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos con falta de madurez de periderma y desprendimiento del mismo en papa criolla (**Solanum phureja**), en cuatro localidades y cinco dosis de fertilización nitrogenada



Fuente: Esta investigación

4.2.1.1 Análisis de correlación para madurez de periderma

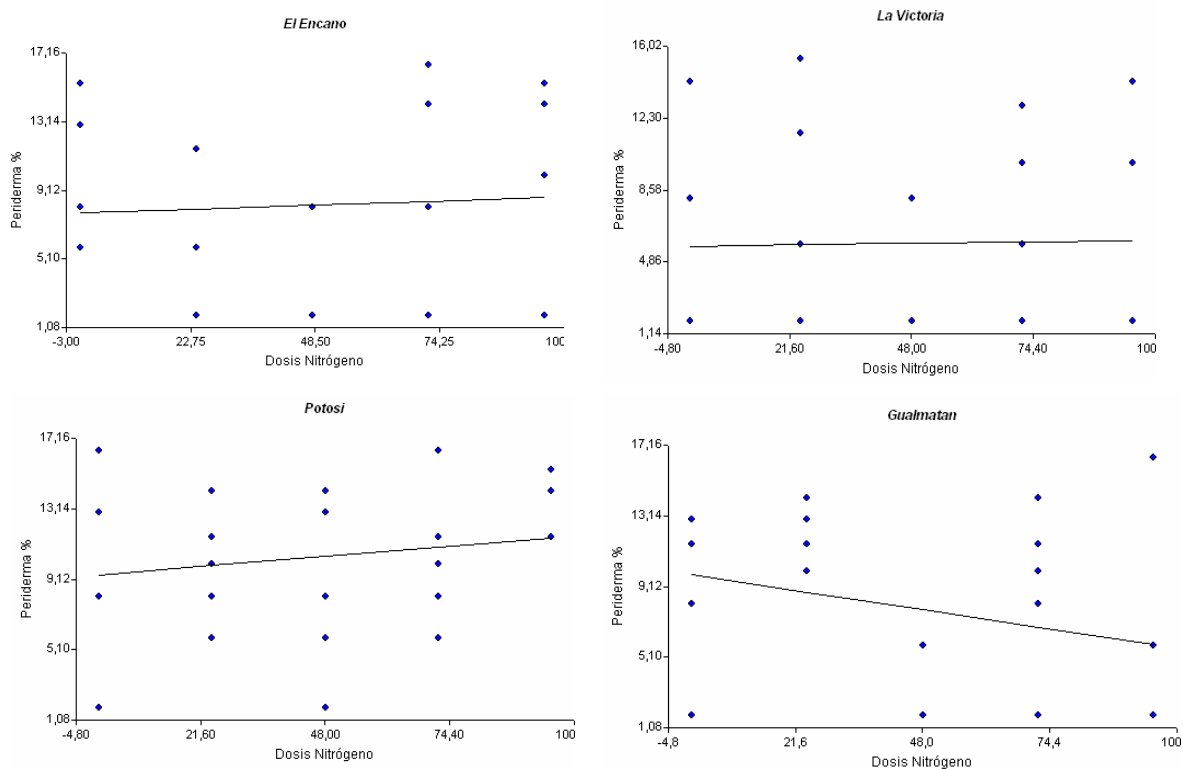
El coeficiente de correlación lineal (r) (Figura 8) maestra entre La dosis de fertilización y Madurez de periderma es de 0.003721 para El Encano; 0.00047 para la Victoria; 0,034 para Potosí y 0,085 para Gualmatán; lo que permite determinar que existe estadísticamente una baja correlación. Es decir la fertilización nitrogenada influye sobre esta variable pero no de manera significativa.

La calidad es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo agropecuario y el nivel que se logre conseguir de la misma, determinará la mayor o menor demanda que tenga en el mercado el producto ofertado. La presentación de tubérculos requeridos por la industria y el consumo en fresco de papa, exige que se cumpla con un

⁷⁷ Ibíd. p., 20

manejo agronómico técnico que se inicia con la selección del lote para la siembra y los suelos que lo caracterizan, a demás de la cantidad de fertilizante requerido.

Figura 8 Análisis de correlación para las variables madurez de periderma y Dosis de fertilización nitrogenada



Fuente: Esta Investigación

Los datos obtenidos en la Localidad Potosí, permiten establecer que teniendo en cuenta el grado de madurez de periderma los tubérculos producidos en esta zona pueden presentar una cáscara débil, con tendencia a producir peladuras, limitando actividades de transporte, presentación del producto y generalmente poco aptos para fritura por el menor contenido de materia seca y mayor de azúcares, contrario a la localidad Gualmatán.

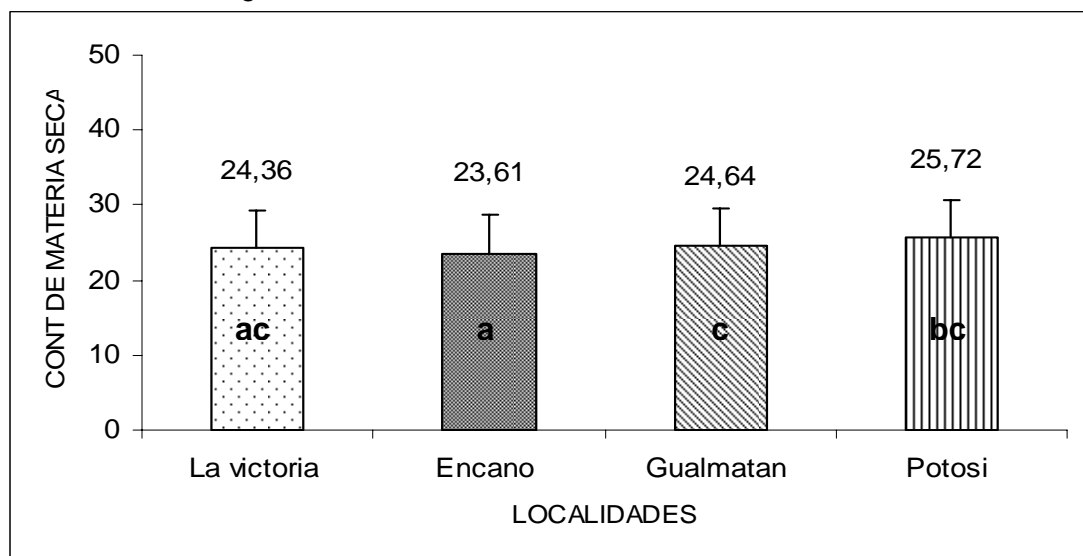
4.2.3 Contenido de materia seca

Para el caso de materia seca no se encontró diferencias significativas entre las dosis de fertilización (factor B), 0; 24; 48; 72; 96 Kg de Nitrógeno y el contenido de materia seca; siendo de 25,72%; 24,64%; 23,61%; 24,36% para Potosí, Gualmatán, el Encano, La

victoria respectivamente, (factor A). (Figura 9), además el análisis de varianza indica que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 11).

Los resultados obtenidos para esta variable sugiere que posiblemente el contenido de materia seca además de ser una característica intrínseca del material vegetativo (variedad).

Figura 9 Comparación de promedios para la variable contenido materia seca en tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



Letras distintas indican diferencias significativas

La papa criolla es un cultivo alimenticio típico de las tierras altas de los Andes, cuya calidad depende del microclima, altura, radiación solar y luminosidad de los ecosistemas donde se produce⁷⁸.

Las características de calidad de un producto se basan en los criterios sobre los cuales las juzga el consumidor, estas pueden ser externa: forma, tamaño, apariencia. e interna o intrínseca: contenido de materia seca, azúcares, sabor y aptitudes culinarias. Todas estas

78 FANO, H. CARMONA, G. ORDINOLA, M. y SCOTT, G. 1998. Experiencias de exportación de la papa amarilla peruana

características vienen determinadas por la variedad o tipo y las circunstancias de manejo del cultivo y otros factores ambientales.⁷⁹

Considerando la aptitud de uso en variedades de papa común, la cual depende en gran medida del contenido de materia seca (15 a 25% aprox.) y azúcares reductores (glucosa, fructosa) así mismo que la materia seca determina la textura o harinosidad después de cocido. Altos valores condicionan mayor harinosidad y menor absorción de aceite durante la fritura.⁸⁰ Se puede afirmar así que las cuatro localidades de investigación, son potenciales para la producción de tubérculos de papa (**Solanum phureja**) para fines industriales.

El contenido de materia seca en los tubérculos es un parámetro importante para la agroindustria. Existen algunos factores que influyen en este como las prácticas de cultivo, **clima, tipo de suelo** e incidencia de plagas y enfermedades. Afirmaciones que permiten ratificar los resultados encontrados ya que las características propias de las localidades quienes han podido influir en el contenido de materia seca en los tubérculos de papa (**Solanum phureja**)⁸¹.

4.2.4 Resistencia al proceso de escaldado

4.2.4.1 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría pequeña

Para el caso de resistencia al escaldado en los tubérculos categoría pequeña, no se encontró diferencias significativas entre las dosis de fertilización (factor B), 0; 24; 48; 72; 96 kg de Nitrógeno y el grado de resistencia al proceso térmico de cocción siendo de 9,7%; 9,69%; 4,41% y 3,35% para Potosí, Gualmatan, el Encano y La victoria respectivamente (factor A), (figura 10), además el análisis de varianza indica que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 12).

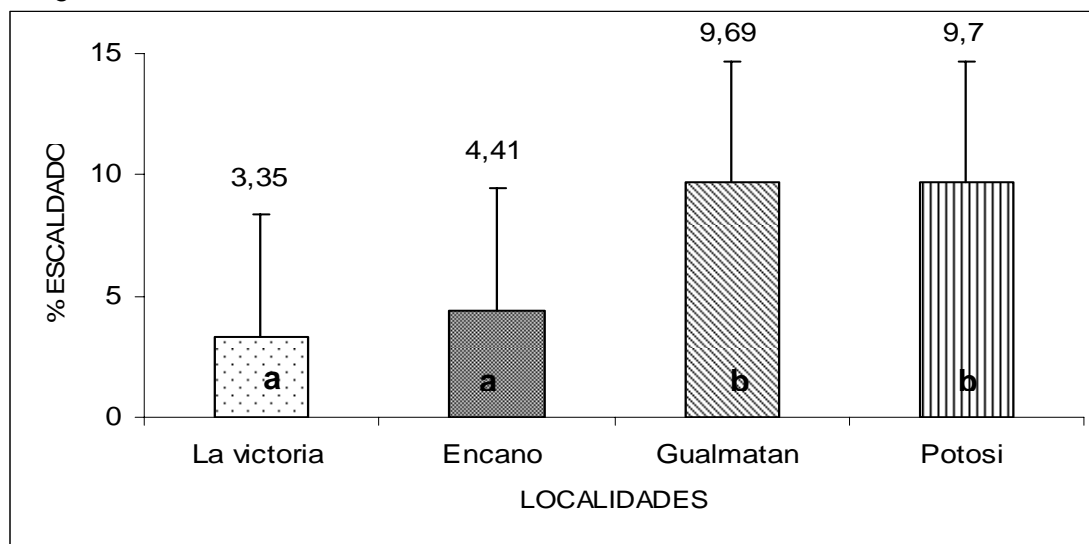
79 ANDRADE, E. 1997. requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa, INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Ecuador). no. 9:21-23.

80 GEMELL, F, ALDABE, L. CARBALLO, S. 2003. Calidad de consumo en variedades de papa. Comisión Administradora del Mercado Modelo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Asociación Nacional de Semilleristas de Papa - INIA. ANSEPA.- CAMM. Montevideo, 9 p.

81 *Ibíd.* p., 13

Los resultados obtenidos para esta variable sugiere que posiblemente que el grado de resistencia al proceso térmico de cocción además de ser una característica intrínseca del material vegetativo usado.

Figura 10 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría pequeña, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



Letras distintas indican diferencias significativas

Estos resultados indican que la papa pequeña producida en el Encano y la Victoria, es más deseable industrialmente porque opone una mayor resistencia al escaldado; ya que las papas de menor tamaño y menor resistencia al escaldado, presentan menores pérdidas que las de mayor tamaño porque estas últimas absorben más agua en el lavado y escaldado ya que tienen mayor superficie de contacto. Además para el procesamiento industrial de la papa criolla se requiere papa precocida y congelada de diámetro entre de 2.5 à 4.5 cm. para microondas, fritura o cocción completa y como subproductos de harina, puré y chips ⁸²

4.2.4.2 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría mediana

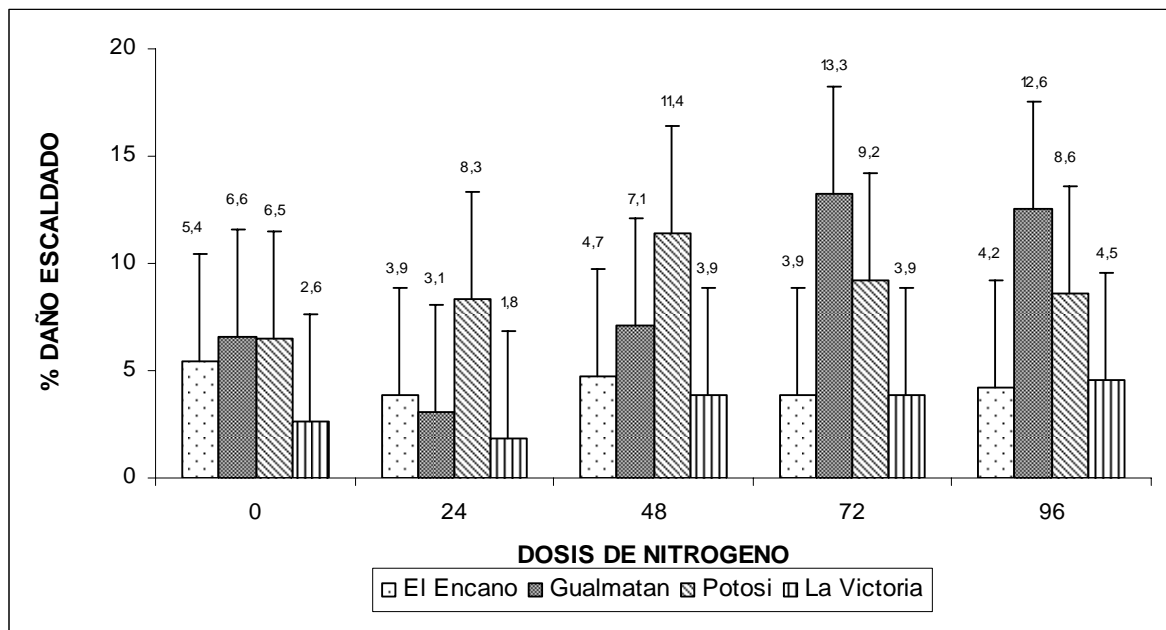
Para escaldado tubérculos categoría mediana, se encontró diferencias significativas entre las dosis de fertilización (factor B), (Figura 11), 0; 24; 48; 72; 96 kg de Nitrógeno y el grado de resistencia al proceso térmico de cocción los valores más altos observados

⁸² GÓMEZ, L. RAMÍREZ, J. Manejo Poscosecha y comercialización de la papa Serie de paquetes de capacitación sobre manejo poscosecha de frutas y hortalizas N° 25. convenio Sena - Reino Unido. Colombia. 2001,

correspondieron para las dosis 72 y 96 Kg./ha para la localidad Gualmatan con 13,3 y 12,6. De forma contraria los menores valores de escaldado se observaron con la aplicación de 24 Kg./ha en las localidades de Gualmatan 3.1 y la Victoria 1.8. Igualmente el análisis de varianza indica que hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 13).

Así como para el contenido de materia seca, los resultados obtenidos para esta variable sugieren que posiblemente que el grado de resistencia al proceso térmico de cocción además de ser una característica intrínseca del material vegetativo usado, esta influenciado por las condiciones edafoclimaticas de la localidad.

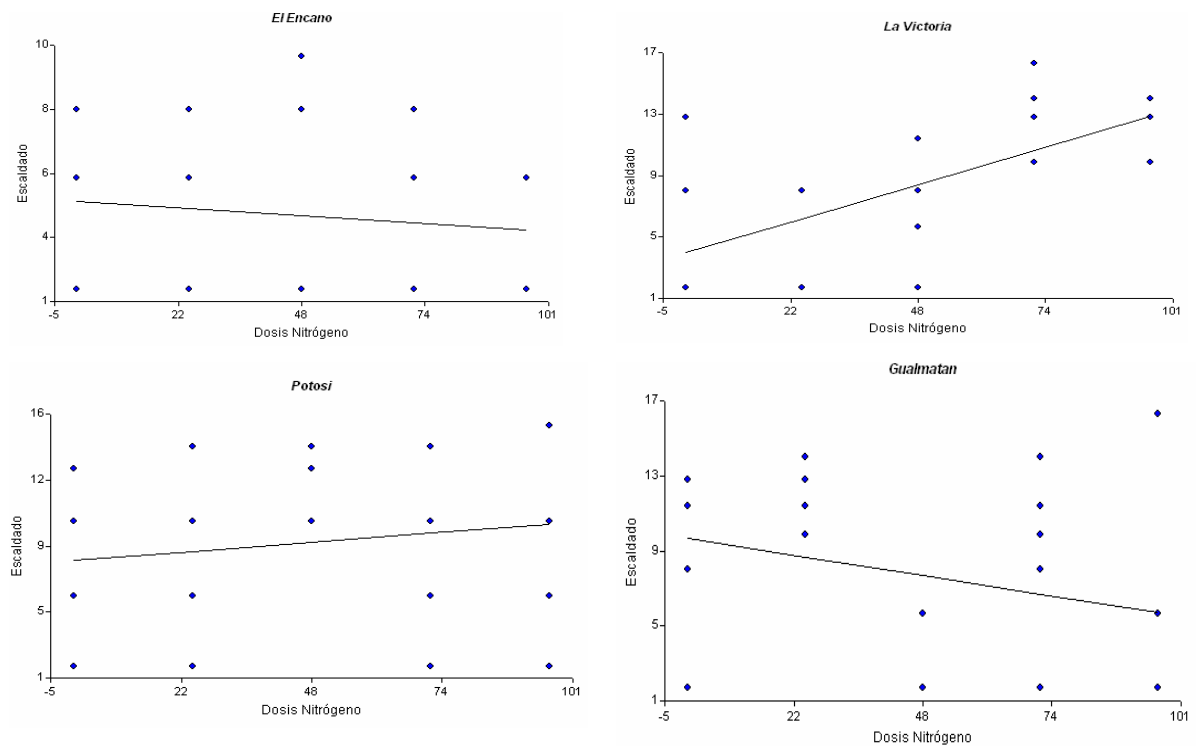
Figura 11 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja*) con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría mediana, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.



4.2.4.2.1 Análisis de correlación escaldado en tubérculos categoría mediana

El coeficiente de correlación lineal (r), (Figura 12) muestral entre La dosis de fertilización y rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría mediana es de 0.017 para El Encano, 0.427 para la Victoria, 0,0264 para Potosí y 0,085 para Gualmatan; lo que permite determinar que existe estadísticamente una baja correlación.

Figura 12 Análisis de correlación para las variables Escaldado tubérculos categoría mediana y Dosis de fertilización nitrogenada



Fuente Esta Investigación

4.2.3.3 Resistencia al proceso de escaldado en tubérculos categoría grande.

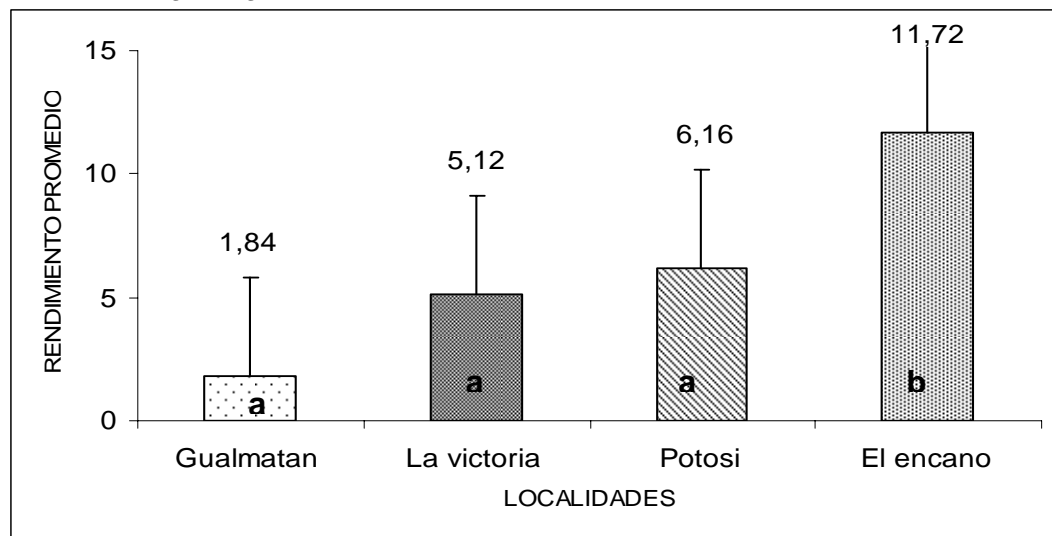
Para escaldado tubérculos categoría grande, no se encontró diferencias significativas entre las dosis de fertilización (factor B), 0; 24; 48; 72; 96 kg de Nitrógeno y el grado de

resistencia al proceso térmico de cocción con valores de 11,72%; 6,16%; 5,12% y 1,84% para, Gualmatan, Potosí, La victoria y el Encano (factor A) respectivamente, (figura 13), además el análisis de varianza indica que no hay interacción entre localidades y dosis de fertilización nitrogenada (Anexo 14).

Los resultados obtenidos para esta variable sugiere que posiblemente que el grado de resistencia al proceso térmico de cocción además de ser una característica intrínseca del material vegetativo usado (variedad), esta influenciado por las condiciones edafoclimaticas de la localidad.

Basados en el concepto de escaldado por agua, como un tratamiento térmico que determina en gran medida la calidad del producto final destinado a enlatados y los resultados obtenidos para los tres tipos de categoría de tubérculo se puede deducir que la resistencia a este proceso térmico esta influenciado por las condiciones locales encontradas.

Figura 13 Comparación de promedios para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado categoría grande



Letras distintas indican diferencias significativas

Se observó además que los tubérculos de mayor diámetro (categoría de tubérculo grande) se dañan con mayor frecuencia, Una explicación morfológica sería que los tubérculos grandes presentan una mayor superficie expuesta al calor y su epidermis más delgada que los pequeños, constituida por células grandes y delgadas, que son más susceptibles a la ruptura durante el proceso térmico. Resultados similares fueron encontrados al evaluar seis clones promisorios de papa, en donde se utilizaron tubérculos con diámetros de dos a cuatro centímetros de genotipos redondos amarillos provenientes de hibridación ínterespecífica del programa de mejoramiento genético de la Universidad Nacional de Colombia⁸³.

83 RIVERA V., J. E. HERRERA A. A RODRÍGUEZ M. L. E. procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (iqf), en seis genotipos promisorios de papa criolla (*solanum phureja*). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. *Agronomía Colombiana*, 2003. 21 (1-2): 95-101

V CONCLUSIONES

Las diferentes dosis de nitrógeno evaluadas, no influyeron en el rendimiento de los tubérculos de papa criolla cosechados en las localidades de El Encano, Potosí, La Victoria y Gualmatán.

La localidad con el mas alto rendimiento fue el Encano con 23,6 Ton/Ha frente a las localidades de Potosí, La Victoria y Gualmatán donde el promedio estuvo en 10,8 Ton/Ha

Las diferentes dosis de nitrógeno evaluadas, no influyeron en los aspectos de calidad como contenido de materia seca y resistencia al proceso térmico de escaldado para las categorías pequeña y grande.

Las diferentes dosis de nitrógeno evaluadas, influyeron en la madurez de periderma presentándose el mayor desprendimiento de periderma en la localidad de Potosí con la aplicación de 96 kg/N/Ha y la menor fue en la localidad de la victoria con la aplicación de 48 kg/N/Ha.

La aplicación de 0, 24, 48, y 96 kg/N/Ha influyo en la variable de resistencia al proceso térmico de escaldado para la categoría mediana presentándose el mayor daño del tubérculo al ser sometido a este proceso en la localidad de Gualmatán con la aplicación de 72 kg/N/Ha y la menor daño fue la localidad de la Victoria con 24 kg/N/Ha.

VI RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, y siendo el Departamento de Nariño una región potencial para la producción de papa amarilla o yema de huevo (**Solanum phureja**), se recomienda realizar investigaciones que permitan evaluar el efecto y la eficiencia de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y su interacción, en suelos con bajos contenidos de materia orgánica.

Se recomienda desarrollar investigaciones enfocadas en manejo agroecológico de papa criolla (**Solanum phureja**) para producirla con estándares de calidad y mejorar los procesos de industrialización.

VII BIBLIOGRAFIA

- AGRICULTURA DE LAS AMERICAS, 1995. A fritar más papa. Edición No. 229. Año 25: 20-23. Colombia.
- ALARCON, N. 2000 Corpoica- Efecto del potasio en la calidad de la papa para industria, en Usme Cundinamarca: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: fedepapa 25 años. Vol.3, No. 1-2 (2000); p. 78
- AMEZQUITA, E.1991 propiedades físicas y manejo productivo de los suelos. XXI congreso anual y 1er simposio Nacional sobre fisiología de la nutrición mineral, Comalfi. Manizales
- ANDRADE, E. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa, INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Ecuador). no. 9:21-23.
- ANGELFIRE. Documento papa criolla, 2001- Disponible en: www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm. p. 8. Consultado el 25 may 2005.
- BARRERA, L. Fertilización del cultivo de la papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., 1998. p. 70-71.
- BRENNAN, Butters; COWEL, N. y LILLY, A. Las operaciones de la Ingeniería de alimentos. Zaragoza (España) : cribia, 1980. p. 4
- CANO, citado por BENAVIDES, A, y ORTIZ, C. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y rendimiento de papa criolla (**Solanum phureja**) en Botana, Municipio de Pasto. 1994. 107p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Op. Cit., p. 10.
- CARRASCO, C. y PINEDA, L. Papa criolla “yema de huevo” una multivariedad nativa. En : Revista FEDEPAPA. Vol. 7; 14 p. Citado por : ZAPATA, José Luis. Evaluación agronómica del clon uno con fines de exportación. En : CEVIPAPA / Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa. (oct. 2005); p. 1.
- CASTRO, H. y GUIO, V. 1998. Significado de la fertilización potásica en el rendimiento y calidad industrial del cultivo de la papa. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. p. 135-136.
- CONSEJO REGIONAL . 2001 Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Agroalimentaria de la Papa de Antioquia. Secretaria de agricultura de Antioquia, Medellín, En: [hpp://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/cadena_papa](http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/cadena_papa) consultado el 15 enero 2006

- CORPONARIÑO. 2002. Plan de gestión ambiental regional, Mapa político administrativo, IGAC.
- DEL VALLE, A. 1994. Papa amarilla Yema de Huevo o papa criolla colombiana. Revista papa, No. 10. Bogotá.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Encuesta nacional agropecuaria :resultados año 2002. Bogotá : DANE, 2003. p. 145.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero. Bogotá : DANE, 2003. p. 19-20.
- EGAWA, T .1980. Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. En suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. Ed, por. Ishizuka Y,, Black C.A.. México, CIMMYT. P. 14-67
- ESTRADA R. N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP, IPGRI, PRACIPA, IBTA, PROINPA, COSUDE y el CID.
- ESTRADA, 1994, efecto del boro en los componentes de rendimiento de la papa criolla (**Solanum phureja**) en la vereda Malteria del municipio de Manizales, Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 32, (2002); p. 23-28
- FANO, H. Carmona, G. Ordinola, M. y Scott, G. 1998. Experiencias de exportación de la papa amarilla peruana. CIP. Lima-Perú
- FRANCO, J. A. El cultivo de la papa en Guatemala. En: ICTA / Instituto de ciencia y tecnología. Guatemala, 2002. p. 9.
- GALEANO, F. 1991. Capacidad de intercambio catiónico y aniónico, bases de cambio y saturaciones. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. SCCS. Bogotá. pp. 164- 185
- GARCIA. B. Pantoja C. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. En Guerrero, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS Colombo Venezolanos S.A., 1998. p. 29-31
- GEMELL, F, Aldabe, L. Carballo, S. 2003. Calidad de consumo en variedades de papa. Comisión Administradora del Mercado Modelo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Asociación Nacional de Semilleristas de Papa - INIA. ANSEPA.- CAMM. Montevideo, 9 p
- GLIESSMAN, S.R. 2002. Agroecología; Procesos ecológicos en agricultura sostenible. LITOCAT, Turrialba, Costa Rica 359 p.
- GOMEZ, L. y RAMIREZ, J. 1999. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa. Armenia: Tudesco. p. 1-25.

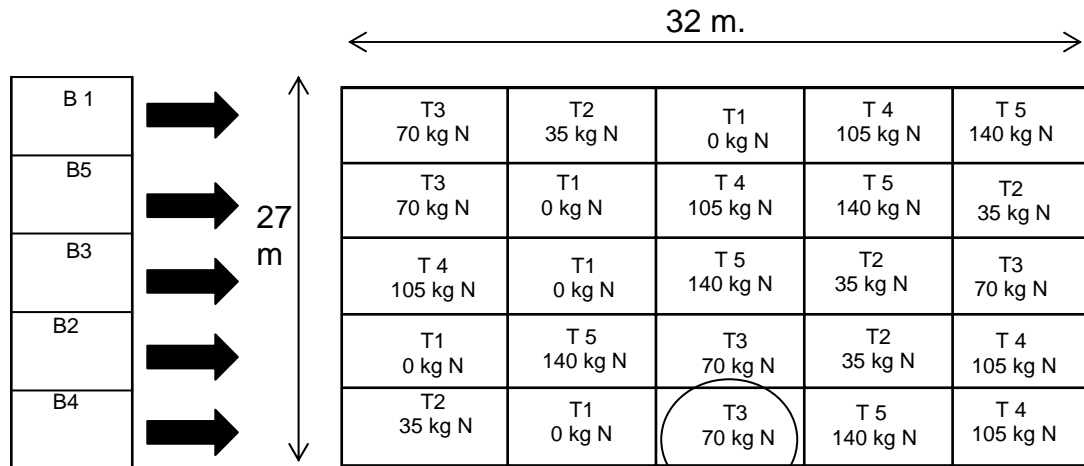
- Gobernación de Antioquia. 2000. Documento papa criolla Medellín (Col.). Disponible en: www.gobant.gov.co. p. 1. Consultado el día 15 octubre de 2005.
- GUERRERO RIASCOS, R., 1998. Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá. MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., 425p
- HAWKES, J. The potato. Evolution , Biodiversity and Genetic Resorses, citado por FEDEPAPA Vademécum del Cultivo de la papa. Generalidades del cultivo de la papa en Colombia. Grafemas Ltda. 1996- 1997. p. 1-13.
- HERNÁNDEZ. Herencia de los factores de calidad para procesamiento de papa autotetraploides, citado por CASTRO, H. y GUIO, V . Op. Cit., p. 136
- IDEAM. 2003. Instituto de hidrológia, Metereología y Estudios ambientales. Sistemas de información nacional ambiental. Pasto
- LOPEZ, A. 2003. Efecto del empleo de agua recirculada sobre la retención de vitamina c durante el escaldado en agua de patata, Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: www.cevipapa.com/Archivos/escaldado.html consultado el 15 de abril de 2005.
- LORA, R. 2005. Efecto residual de la de la fertilización en la papa. En: TALLER NACIONAL SOBRE SUELOS, FISIOLÓGÍA Y NUTRICIÓN VEGETAL EN EL CULTIVO DE LA PAPA. Presente y futuro de la investigación den la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. Memorias I Taller Nacional Sobre Suelos, Fisiología Y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa Colombia. Bogotá: CEVIPAPA Y CNP, 2005. p. 54-57.
- LORA, R.; ÁVILA O. Y RODRÍGUEZ, D. 2002. Respuesta de la papa criolla variedad yema de huevo a la aplicación de fuentes y dosis de boro en un suelo de Cundinamarca. En: Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Vol. 32, (2002); p. 23.
- LUJAN, citado por GÓMEZ L. y RAMÍREZ, J. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa: Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas No. 25. s./.: Convenio Sena - Reino Unido, s.f.
- MONTI, María. Calidad de la papa para consumo. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.; Oct-dic – 2003; trimestral. Año 2, No 8; p. 1.
- LUZURIAGA, C. 1979. Propiedades morfológicas, físicas y químicas, y clasificación de seis andosoles de Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 159 p.
- MALAGÓN, D. 1977. Mineralogía de algunos suelos colombianos. Suelos Ecuatoriales 8 (1): 316-321.
- MORENO J.D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. En: papas colombianas 2000, con el mejor entorno ambiental, 2 ed.. Pág. 44 –47.

- MUNÉVAR, F. 1991. Conceptos sobre la materia orgánica y el nitrógeno del suelo, relacionados con la interpretación de análisis químicos. En: Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego. SCCS. Bogotá. pp. 227-244.
- MUÑOZ Y WIECZOREK. Fertilización de la papa en Andisoles del departamento de Nariño, Colombia citados por GARCÍA Y PANTOJA. Fertilización de la papa en Antioquia. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., 1998. p. 29
- MUÑOZ, R. Wieczorek, A. 1978. Fertilización de la papa (**Solanum tuberosum**) en los suelos andosoles del Departamento de Nariño, Colombia. Revista del Instituto Colombiano Agropecuario 13 (3): 473-484.
- MUÑOZ, D. Alternativa de nutrición para el cultivo de la papa: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: fedepapa 25 años. Vol.3, No. 1-2 (2000); p. 71
- MUÑOZ. Alternativa de nutrición para el cultivo de la papa: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: FEDEPAPA 25 años. Vol.3, No. 1-2 (2000); p. 72.
- NOTICYT. 2005. Tres nuevas variedades de papa criolla gracias a los desarrollos en genética Disponible en: <http://www.portafolio.com.co> consultado el 12 febrero de 2006
- ÑUSTES. C. 2005 La papa criolla (**Solanum phureja**): Un cultivo para destacar en Colombia]. Disponible en: <http://www.redepapa.org/boletintreintacinco.html>. Redepapa, Bogotá (Colombia): Marzo 15, 2001 consultado el 01 dic, 2005.
- OROZCO, F. 1999. Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 231 p.
- PANTOJA, C. Correa, R., et al, 1989. recomendaciones técnicas para las especies agrícolas y pecuarias prioritarias en el área del CRECED, altiplano de Nariño. cuarta aproximación. ICA. Pasto. 150 p. (mecanografiado).
- PINEDA, R. 1995. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la papa en Colombia: Características de la papa industria. En: Revista papa. No 13 (Abril. 1995); p. 9.
- PINEDA, R. 1996. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de papa en Colombia. En: Revista papas Colombianas. No 13, FEDEPAPA. Pág. 6 y 8.
- PINEDA, R. 1969. Mineralización de N orgánico en algunos suelos de Costa Rica, Tesis M Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 79 p.

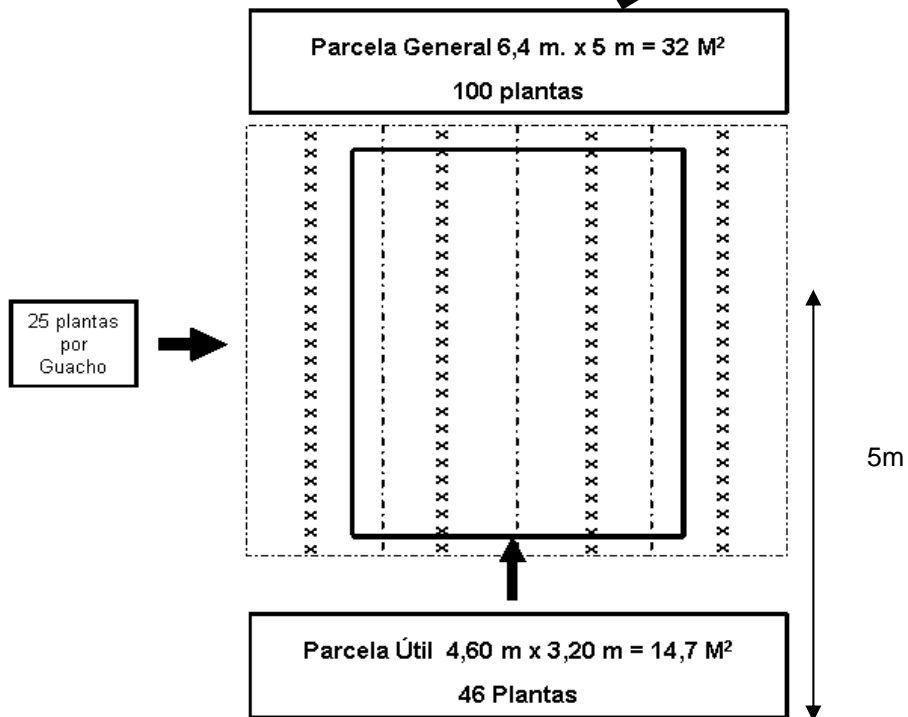
- PINO, M. 1995. Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada. En: Revista papa: órgano informativo de la federación Colombiana de productores de papa. No. 13 (abr.1995); p. 15-24
- PORRAS. P. 2000. Guía papa criolla clon 1 Fedepapa: Papas colombianas 2000 con el mejor entorno ambiental En: Revista Ventana al Campo Andino: Fedepapa 25 años. Vol.3, No. 1-2 ; p. 65-66
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. 5ª ed. Trad. del portugués por Silvia Larendegui. Buenos aires, el Ateneo, 1989. 499p
- RIVERA V., J. E. Herrera A. A Rodríguez M. L. E. procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (iqf), en seis genotipos promisorios de papa criolla (**Solanum phureja**). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Agronomía Colombiana, 2003. 21 (1-2): 95-101
- RODRIGUEZ, L.E. 2002. Evaluación del potencial de rendimiento y aptitud para procesamiento industrial en clones avanzados de papa criolla en tres localidades de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia - CEVIPAPA, Bogotá.
- RODRIGUEZ, F. 2004. Fertilizantes: nutrición vegetal. AGT Ed, 53-57 p.
- RODRIGUEZ Y RODRÍGUEZ algunos aspectos de la industrialización de la papa en Colombia citados por CASTRO, H. y GUIO, V. Significado de la fertilización potásica en el rendimiento y calidad industrial del cultivo de la papa. En GUERRERO, R. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A., 1998. p. 134.
- RUIZ, H. Ineficiencia de la fertilización En: TALLER NACIONAL SOBRE SUELOS, FISIOLOGÍA Y NUTRICIÓN VEGETAL EN EL CULTIVO DE LA PAPA. Presente y futuro de la investigación en la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. (2005 : Bogotá) Memorias I Taller Nacional Sobre Suelos, Fisiología Y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa Colombia. Bogotá: CEVIPAPA Y CNP, 2005. p. 59-60
- SUAREZ, C. M. 2001. Evaluación de la Calidad Industrial de 50 accesiones de papa criolla (**Solanum phureja**) de la Colección Central de Colombiana. Tesis de grado, Facultada de ciencias técnicas de ingeniería de Alimentos; Universidad INCCA de Colombia, Bogotá.
- THOMPSON, A. 1998, Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. ed. Kinesis, Armenia, Colombia. 268 p.:il.
- URPA, 2000. Citado por: ALVARADO, L. F. Acuerdo de competitividad de la papa en el Departamento de Nariño. Pasto: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2000. p. 20.

ANEXOS

Anexo 1, Plano de campo; distribución de tratamientos dosis de fertilización nitrogenada para cada localidad



Unidad Experimental
4 Guachos o surcos



Distancia entre guachos 1.60 m

T = tratamiento (dosis de fertilización nitrogenada) B = Bloque (localidad)

Anexo 2, Tabla de calibración, relación entre gravedad específica y contenido de materia seca.

G.E	M.S (%)	G.E	M.S (%)	G.E	M.S (%)	G.E	M.S (%)
1010	8.60	1035	11.10	1021	9.70	1046	12.80
1011	8.70	1036	11.20	1022	9.80	1047	13.00
1012	8.80	1037	11.30	1023	9.90	1048	13.20
1013	8.90	1038	11.40	1024	10.00	1049	13.40
1014	9.00	1039	11.60	1025	10.10	1050	13.60
1015	9.10	1040	11.80	1026	10.20	1051	13.80
1016	9.20	1041	12.00	1027	10.30	1052	14.00
1017	9.30	1042	12.20	1028	10.40	1053	14.20
1018	9.40	1043	12.40	1029	10.50	1054	14.40
1019	9.50	1044	12.60	1030	10.60	1055	14.60
1020	9.60	1045	12.80	1031	10.70	1056	14.80

GE Gravedad específica; **MS%** Porcentaje de materia seca

Fuente: Thompson, K. 1998)

Anexo 3, Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de papa criolla (**Solanum phureja**) en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Fc > F
REPETICION	4	17.10	4.27	0.53	0.7125 ns
LOCALIDAD	3	3060.40	1020.13	126.95	< 0.001 **
DOSIS	4	74.75	18.68	2.33	0.0639 ns
LOC * DOSIS	12	143.97	11.99	1.49	0.1455 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,84	20.08		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 4, Análisis físico-químico del suelos de las localidades del Encano, Gualmatán, Potosí y la Victoria

MUESTRAS	LOCALIDADES			
	Encano	Gualmatán	Potosí	La Victoria
pH	5.0 (extremadamente acido)	6.1 Ligeramente acido	6.1 Ligeramente Acido	5.5 Ligeramente Acido
Densidad aparente (g/cc)	0.7	0.7	1.1	0.7
% Materia orgánica (Interpretación)	11.2 Alto	11 Alto	3.5 Bajo	15.1 Alto
P aprovechable, ppm (Interpretación)	22 Bajo	24 Bajo	150 Alto	19 Bajo
K de cambio, meq/100 g de suelo (Interpretación)	0.50 Alto	2.97 Alto	1.25 Alto	0.22 Alto
Ca de cambio, meq/100 g de suelo (Interpretación)	3.2 Medio	14.8 Alto	6.6 Alto	5.6 Alto
Mg de cambio, meq/100 g de suelo (Interpretación)	0.90 Bajo	3.7 Alto	1.3 Bajo	0.60 Bajo
C:l:C meq/100 g de suelo (Interpretación)	32.0 alto	34 alto	12.2 medio	31 Alto
Al de cambio, meq/100 g de suelo	0.9	*	*	0.1
N disponible ppm (Interpretación)	88 medio Muy rico	88 medio Muy rico	37 bajo bajo	112 alto muy rico

* **Fuente:** Análisis de laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño (2003)

Anexo 5, Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría riche, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	1.41	0.35	0.66	0.6185 ns
LOCALIDAD	3	14.43	4.80	9.01	< 0.001 **
DOSIS	4	2.61	0.65	1.22	0.3092 ns
LOC * DOSIS	12	7.54	0.62	1.18	0.3150 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0.39	54.83		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 6 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría Pequeña, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	2.60	0.65	0.72	0.5811 ns
LOCALIDAD	3	114.12	38.04	42.13	< 0.001 **
DOSIS	4	6.24	1.56	1.73	0.1525 ns
LOC * DOSIS	12	18.95	1.58	1.75	0.0728 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0.67	37.42		

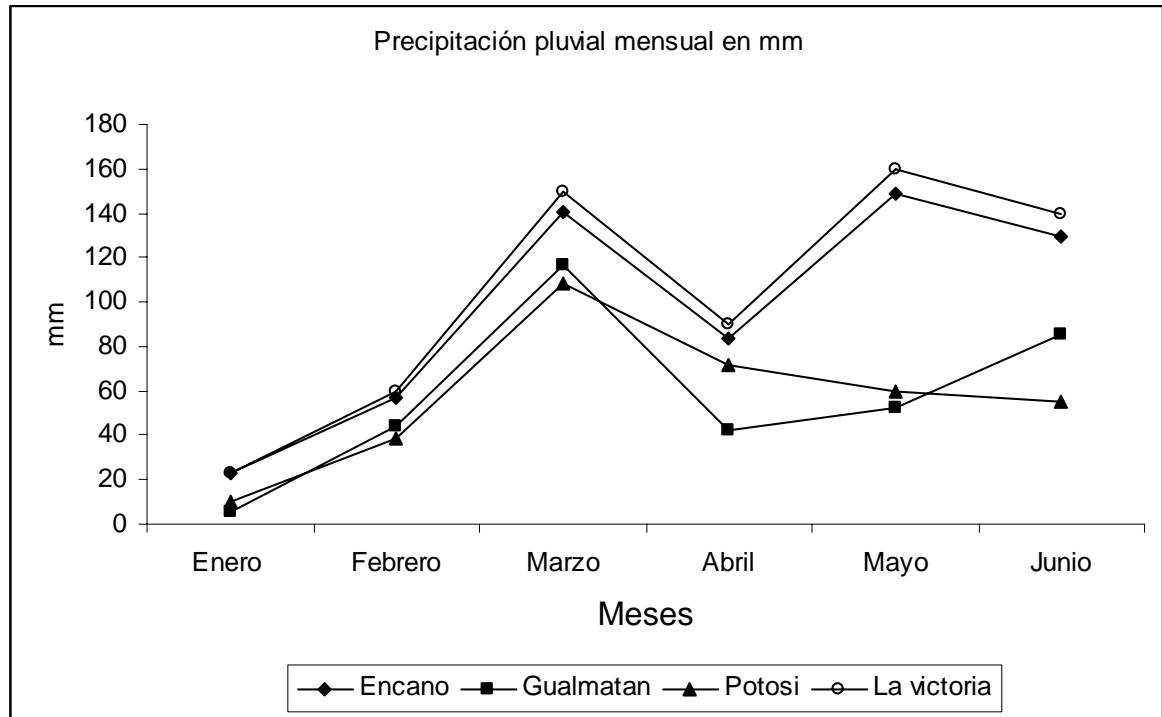
** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 7 Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**) categoría mediana, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	4.72	1.18	0.47	0.7584 ns
LOCALIDAD	3	718.37	239.46	95.18	< 0.001 **
DOSIS	4	15.60	1.56	1.55	0.1963 ns
LOC * DOSIS	12	26.15	1.58	0.87	0.5837 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0.80	31.46		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 8, Precipitación pluvial presentada durante la investigación, en las Localidades El encano, Gualmatán, Potosí y La victoria.



Fuente IDEAM, 2003

Anexo 9, Análisis de Varianza, para la variable rendimiento de tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja*) categoría grande, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	20.91	5.23	1.28	0.2850 ns
LOCALIDAD	3	1255.6	418.54	102.58	< 0.001**
DOSIS	4	15.72	3.93	0.96	0.4327 ns
LOC * DOSIS	12	36.33	3.03	0.74	0.7063 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0.81	32.66		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 10, Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos con falta madurez del periderma y desprendimiento del mismo en papa criolla (**Solanum phureja**), en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	117,18	29,3	1,37	0,2535 ns
LOCALIDAD	3	268,93	89,64	4,18	0,0085 * *
DOSIS	4	278,29	69,57	3,25	0,0164 *
LOC * DOSIS	12	186,43	15,54	0,72	0,7231 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,34	54,42		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 11, Análisis de Varianza, para la variable Contenido de materia seca en tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	30,06	7,52	1,46	0,2242 ns
LOCALIDAD	3	101,87	33,96	6,57	0,0005 *
DOSIS	4	1138	0,28	0,06	0,9942 ns
LOC * DOSIS	12	89,20	7,43	1,44	0,1672 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,36	9,11		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 12, Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría pequeña, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	122,46	30,62	2,66	0,0388 *
LOCALIDAD	3	860,12	286,71	24,95	<.0001**
DOSIS	4	52,92	13,23	1,15	0,3391 ns
LOC * DOSIS	12	161,27	13,44	1,17	0,3202 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,57	49,93		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 13, Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría mediana, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	37.85	9.46	0.78	0.5390 ns
LOCALIDAD	3	586.65	195.55	16.21	<.0001 **
DOSIS	4	166.24	41.56	3.44	0.0122 *
LOC * DOSIS	12	304.63	25.38	2.10	0.0262 *
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,54	55,48		

* Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.

Anexo 14, Análisis de Varianza, para la variable porcentaje de tubérculos de papa criolla (**Solanum phureja**), con rompimiento de periderma durante el proceso de escaldado para la categoría grande, en cuatro localidades bajo cinco dosis de fertilización nitrogenada.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
REPETICION	4	15.12	3.78	0.24	0.912 ns
LOCALIDAD	3	448.87	149.62	9.68	<.0001 **
DOSIS	4	88.27	22.07	1.43	0.2330 ns
LOC * DOSIS	12	242.39	20.20	1.31	0.23 ns
VARIABLE	N	R2	CV		
RENDIMIENTO	100	0,4	58,57		

** Altamente Significativo; * Significativo; ns No significativo.