

**EVALUACION DE PRACTICAS DE FERTILIZACIÓN Y SU INFLUENCIA EN RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum. L*), EN EL ALTIPLANO DE PASTO.**

**EVALUATION PRACTICES OF FERTILIZATION AND ITS INFLUENCE ON YIELD OF POTATO (*Solanum tuberosum. L*), IN THE HIGHLANDS OF PASTO.**

**DAYRA NUBIA TACAN O<sup>1</sup>, PAOLA ANDREA MUÑOZ G<sup>2</sup>, JESÚS CASTILLO F<sup>3</sup>**

**Resumen**

En la presente investigación se evaluó la influencia de las practicas de fertilización, teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo, eficiencia de la fertilización, aportes nutricionales del suelo, épocas de aplicación y dosis a emplear sobre el rendimiento y calidad de la papa (*Solanum tuberosum*) en sistemas productivos asociados al manejo conservacionista, en el municipio de Pasto, Nariño, uno de los mayores productores de papa en Colombia. La investigación se realizó sobre la variedad Pastusa Suprema por ser la más cultivada en el Departamento, la fertilización de los tratamientos se realizó con las fuentes UREA (143.46 kg/ha<sup>-1</sup>), DAP (424.45 kg/ha<sup>-1</sup>), KCL (68.47 kg/ha<sup>-1</sup>), en proporciones 1:2:1 en dosis de 30g/planta, para el testigo comercial se empleó el fertilizante compuesto (10-30-10) en dosis de 180g/planta. Para el diseño se empleó un BCA con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron; contenidos de materia seca en floración (diferentes órganos) y al momento de la cosecha (tubérculos) por medio de muestreos

---

<sup>1</sup> Estudiante de ingeniería agronómica. Universidad de Nariño. facultad de ciencias agrícolas. 2010. paoand3@gmail.com.

\*documento de grado presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agrónomo.

<sup>2</sup> Estudiante de ingeniería agronómica. Universidad de Nariño. facultad de ciencias agrícolas. 2010. danu2374@gmail.com.

\*documento de grado presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agrónomo.

<sup>3</sup> Docente adscrito a la facultad de ciencias agrícolas de la Universidad de Nariño. jacf1995@gmail.com.

destruictivos de dos sitios de siembra por tratamiento, rendimiento  $t/ha^{-1}$ , gravedad específica y calidad por medio de la categorización (0,1,2 y 3). El análisis de varianza mostro que no hay diferencias estadísticas significativas en los diferentes modelos evaluados en los dos ciclos de cultivo entre tratamientos. La no significancia se confirma con el análisis de varianza entre factores, mostrando que no hay diferencias estadísticas ni entre ciclos, tampoco entre tratamientos y menos en la interacción ciclo por tratamientos. Los resultados señalan que las prácticas de fertilización son decisiones que se deben tomar con un criterio agronómico ya que el exceso de fertilizante así como prácticas de manejo inadecuadas, pueden resultar desfavorables económica y ambientalmente. (Echeverría, 2005)

**Palabras claves.** Fertilización, requerimientos, manejo conservacionista, criterio agronómico, análisis de suelos.

#### **Abstract**

In this research we evaluated the influence of fertilization practices, taking into account the crop requirements, the fertilization efficiency, soil nutrient inputs, timing of application and doses to be used on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*) on productives systems associated with conservation management in Pasto (Nariño), one of the largest potato producers in Colombia. The research was conducted on the “Pastusa Suprema” variety being the most cultivated in the Department of Nariño, the fertilization of treatments were carried out with the sources, UREA ( $143.46 \text{ kg/ha}^{-1}$ ), DAP ( $424.45 \text{ kg/ha}^{-1}$ ), KCL ( $68.47 \text{ kg/ha}^{-1}$ ) in proportions 1:2:1 at a dose of 30g / plant for commercial use control compound fertilizer (10-30-10) at doses of 180 gr/plant. To design the research an arrangement was employed with three replications BCA. The variables assessed were: dry matter content at flowering (different organs) and at harvest moment (tubers) through destructive sampling of two planting sites per treatment, yield  $t/ \text{ha}^{-1}$ , specific gravity and quality through categorization (0, 1, 2 and 3). The variance analysis shows no statically significant differences in the different models evaluated in two cropping seasons between treatments; the no significance is confirmed by analysis of variance between factors,

showing that there is no statistical difference either between cycles or between treatment and less on the cycle by treatment interaction. The results show that fertilization practices are decisions to be taken within an agronomic approach based on a soil analysis excessive fertilizer and inadequate management practices can economically and since an be unfavorable (Echeverría, 2005).

**Keywords.** Fertilization, requirements, conservation management, criterion agronomic, soil analysis.

### **Introducción**

En Colombia la papa *Solanum tuberosum*. L, es uno de los cultivos de mayor importancia tanto a nivel económico como social, la producción comercial de papa está localizada entre los 2000 y 3500 m.s.n.m, con una zona óptima de producción entre 2500 y 3000 m.s.n.m. El rango de temperatura va desde 10°C hasta 15°C y el de precipitación entre 500 y 2500 mm / año (CEVIPAPA, 2009). En Colombia la papa ocupa el cuarto lugar en la producción agropecuaria generando así cerca de 20 millones de jornales año. A nivel nacional, los principales departamentos productores, Cundinamarca, Boyacá y Nariño es la actividad agropecuaria que más empleo e ingresos genera, constituyéndose en eje fundamental de la economía regional en estos departamentos (<http://www.agronet.gov>). La papa, *Solanum tuberosum* L es uno de los cultivos más representativos del departamento con 25.000 ha sembradas del cual dependen aproximadamente 20.000 familias (Pinal, C. Martínez, H. Pinzón, Barrios. C., 2005), lo que hace que la producción sea de tipo intensivo con excesivas prácticas de labranza de tipo convencional y elevadas dosis de fertilización.

En consecuencia y a través del tiempo se le ha dado al suelo usos inadecuados como el monocultivo, practicas de labranza y labores agronómicas (niveles de fertilización), que en conjunto con factores naturales desembocan en problemas como pérdidas de suelo, propiedades físico-químicas y erosión. Lo que se constituye progresivamente en un problema socioeconómico ya que la producción para el dependerá en su mayoría de la fertilización química incrementando así los costos de producción, puesto que estos son muy

variables por la alta heterogeneidad de la estructura de producción y de las condiciones climáticas y socioeconómicas regionales (<http://www.finagro.com.co>).

En términos generales, la producción agrícola depende de la disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo capaces de desarrollar cultivos con un buen rendimiento (INSTITUTO TÉCNICO AGRÍCOLA), y varía de acuerdo con las diferentes formaciones del mismo, así, la fertilización entendida como la adición de sustancias apropiadas para que la tierra sea más fértil es una labor que se emplea para incrementar la producción, la cual debe hacerse bajo criterios técnicos basados en las necesidades nutricionales del cultivo y los análisis físico-químicos de los horizontes superficiales. Por tradición el agricultor ha establecido dosis de fertilización de acuerdo con la cantidad de semilla sembrada (cargas), estas oscilan entre 1000 y 2000 Kg/ha de fertilizante compuesto lo que representa entre el 15 y 20% del costo total de la producción (FEDEPAPA.2005). La papa es el producto de origen agrícola que presenta la mayor demanda por fungicidas e insecticidas y la segunda de fertilizantes químicos, después del café (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 1991-2005).

Con base en esta problemática y en miras de un futuro mejor se crea la necesidad de implementar alternativas que conserven la capa fértil del suelo maximizando la producción por unidad de superficie, para lo cual se proponen prácticas de tipo conservacionistas, así como también la implementación de técnicas adecuadas para la fertilización química y orgánica, buscando con esta última reducir costos de producción. Se pretende con la implementación de estas técnicas en suelos paperos del Departamento de Nariño (corregimiento de Obonuco), propender un futuro más estable edafológicamente y por ende un mejoramiento físico-químico-biológico-ambiental y económico de las comunidades de esta zona y la sociedad en general.

### **Materiales y métodos**

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Fedepapa en el Corregimiento de Obonuco, Municipio de San Juan de Pasto, ubicado sobre la falda oriental del Volcán Galeras, dentro de las coordenadas 1° 13' LN y 77° 16' LO, a una altura

de 2710 msnm con temperaturas promedio de 13°C, precipitación anual de 840mm, suelos pertenecientes al orden de de los Andisoles que corresponden a la consociación *Vitric Haplustands* cuya Geología está relacionada con actividad volcánica, rocas ígneas (dioritas), tobas andesíticas y cenizas, con pendientes uniformes entre el 35-40%, suelos profundos, bien a imperfectamente drenados y de fertilidad moderada.

Se empleo para el estudio el material comercial, Pastusa Suprema *Solanun tuberosum ssp. Andígena*, variedad tetraploide liberada por el programa de mejoramiento genético de la Universidad Nacional de Colombia en el año 2002, material muy empleado por los productores en el departamento de Nariño, además, presenta un buen posicionamiento en el mercado interno. Se implementaron practicas con medidas de tipo conservacionista y doble propósito utilizando el pasto Brasilerio (*Phalaris sp.*) y la Mora (*Rubus glaucus*), se evaluaron dos ciclos de cultivo, comprendidos entre el semestre B del 2008 y semestre B de 2009, donde se instalo el cultivo de papa, aplicando sobre el sistemas de manejo de tipo conservacionista, fertilización orgánica (3000 Kg de gallinaza) y fertilización química empleando fuentes simples (Urea CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 143.46k/ha, DAP 424.45 k/ha ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) y KCL 68.47 k/ha. En dosis de 30gr/planta (composición de las fuentes), de acuerdo a las extracciones del cultivo y al análisis de suelos.

**Variables evaluadas:** Materia seca en floración; para medir las variables fisiológicas, de rendimiento y calidad, se realizaron muestreos destructivos a los 95 días después de la emergencia en plena floración (máximo crecimiento). Se muestrearon 2 sitios de siembra por repetición (parcela), para cada tratamiento; en el muestreo se evaluaron flores, hojas, tallos, raíz, estolones y tubérculos, el material fue llevado a laboratorio donde se proceso para obtener los contenidos de materia seca de a través del método de estufa a 70 °C, por un periodo de 72 horas. La variable rendimiento se estimó en el momento de la cosecha en t/ha<sup>-1</sup> tomando los dos surcos centrales. Gravedad específica, para esta variable se tomo una muestra de diez tubérculos por tratamiento y por repetición en el momento de la cosecha para determinar la GE mediante el método de peso en aire y peso en el agua (Murphy y Goven, 1959).  $GE = (P \text{ Aire} / (P \text{ Aire} - P \text{ Agua}))$ . Finalmente se clasificó (categorización) pesando los tubérculos en cuatro categorías de rendimiento; Cero (mayor

a 6cm de diámetro), Primera (entre 4 y 6cm de diámetro), Segunda (entre 2 y 4cm de diámetro) y Tercera (menor de 2cm diámetro.). Conjuntamente se realizó un Análisis económico considerando las diferencias de costos de producción entre los tratamientos (Perrin, *et al.*, 1976).

Se empleó un diseño de bloques completos al azar BCA con tres repeticiones, la unidad experimental la conformaron subparcelas de 14.0 x 6.0 m, de Cinco surcos, con una densidad de siembra de 1.20m entre surcos y 0,30m entre plantas; los resultados se analizaron por medio de ANDEVA y la prueba de significancia de Duncan y comparación de promedios, por no cumplirse los supuestos de homogeneidad se realizó una transformación de datos (Función de transformación Box Cox), Se empleó para el análisis el sistema S.A.S. Statiscal Analysis Systems. La distribución de los tratamientos y actividades realizada para cada uno de ellos y su descripción se muestra en la tabla 1.

Tratamiento		Parcela
T1	Pasto-papa-pasto +labranza tradicional +fertilización química	1,10,18
T2	Pasto-papa-pasto +labranza tradicional +fertilización química+ orgánica	2,8,19
T3	Pasto-papa-pasto +labranza tradicional +fertilización química+ barrera pasto brasilero. ( <i>phalaris sp</i> )	3,11,17
T4	Pasto-papa- rotación de cultivos +labranza tradicional +fertilización química+ barrera de pasto brasilero. ( <i>phalaris sp</i> )	4,9,21
T5	Pasto-papa- rotación de cultivos +labranza mínima (guachado)l +fertilización química+ barrera frutal mora. ( <i>Rubus glaucus benth</i> )	5,14,20
T6	Pasto-papa- rotación de cultivos +labranza tradicional +fertilización química+ orgánica+ barrera frutal mora. ( <i>Rubus glaucus benth</i> )	6,13,16
T7	Suelo desnudo	7,12,15
T8	Testigo absoluto	22,23,24

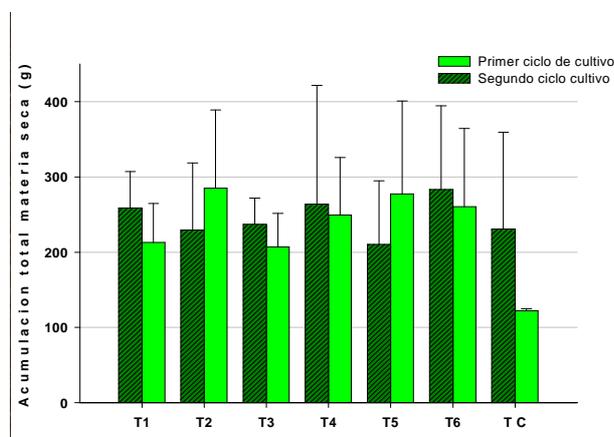
**TABLA1.** Descripción de los tratamientos, repeticiones y actividades realizadas.

### Resultados y discusión

Hoy en día la agricultura en Colombia se ubica en un escenario que la obliga a ser competitiva. Las altas producciones por unidad de superficie de un cultivo de papa,

implican altas extracciones de nutrimentos, que dependen de factores como las exigencias de la variedad, régimen de humedad, temperatura y manejo del cultivo (Guerrero 1998). Echeverría (2005), afirma que la papa es un cultivo muy exigente a nivel nutricional para obtener altos rendimientos. Sin embargo, es necesario realizar un manejo racional de la fertilización para maximizar el rendimiento, obtener calidad en los tubérculos y no producir efectos adversos en el ambiente. Además de la implicación económica ya que el fertilizante es el insumo mas costos en el cultivo de la papa (Barrera. L, 1993).

**Materia seca en floración.** Los contenidos de materia seca varían entre variedades, durante el periodo de crecimiento. La presente evaluación se realizó en dos ciclos consecutivos de cultivo en el punto máximo de crecimiento (floración), donde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Millard y Marshal citado por Suarez (2007), et al, en evaluaciones del nitrógeno sobre el rendimiento y calidad, reportan que elevadas dosis de N, retrasan el inicio de la tuberización y promueven el crecimiento del follaje pero reducen el rendimiento afectando la calidad al disminuir los contenidos de materia seca. Por el contrario en caso de deficiencia de N, el crecimiento y el desarrollo vegetativo se restringen. Sin embargo, la creciente demanda por variedades de alto rendimiento o el alto uso de fertilizantes a base de NPK hace que se ocasione mayores requerimientos, razón por la cual Se debe tener en cuenta una nutrición completa y balanceada de cada especie presente en el sistema, (Barrera, 1993). De acuerdo con el ciclo fenológico el crecimiento vegetativo es una etapa en que se desarrolla el follaje que producirán los fotosintatos que llenaran los tubérculos (30-40 días), pasando luego a la etapa de tuberización donde se debe suspender toda estimulación al follaje.

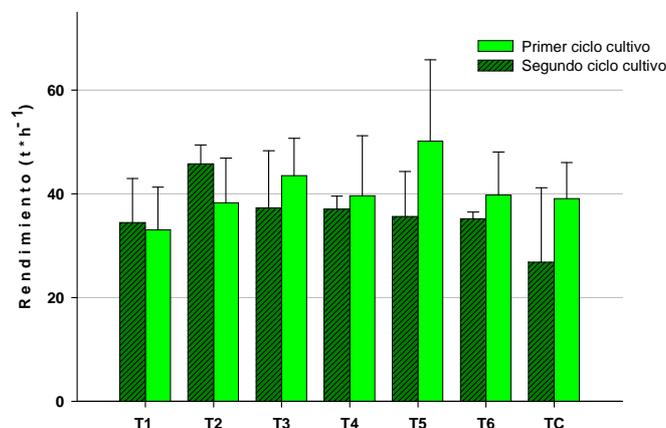


**FIGURA 1.** Acumulación de materia seca en estructuras, (PsT peso tallos, PsH peso de área foliar) en dos ciclos de cultivo.

**Rendimiento t/ha<sup>-1</sup>.** La producción intensiva de papa como cultivo principal, requiere de la aplicación de fertilizantes y enmiendas para optimizar el uso de los suelos. Además, la práctica de rotación de cultivos y de descanso, permiten minimizar problemas fitosanitarios y mejorar la fertilidad natural del suelo. Estas condiciones incrementan la productividad de los cultivos del sistema de producción (REVISTA LATINOAMERICANA DE LA PAPA, 1997). De igual manera la integración de abonos orgánicos hacen más eficiente la adición de N, y fertilizantes químicos a base de N, P y K (Muñoz, 1998), estudios realizados por García y Pantoja, reportan que la aplicación de materia orgánica como gallinaza ha dado buenos resultados en Andisoles. Sin embargo, se debe tener en cuenta la influencia de otros factores como; La duración del ciclo de crecimiento y desarrollo que determina el rendimiento final en el cultivo de papa, es el resultado de la amplia conformación genética de esta especie y el ambiente (Kurg, 1997, citado por Streck, *et al.*, 2006). García y Pantoja (1993), tomado de Guerrero (1982), presentan los requerimientos nutricionales para diferentes niveles de productividad del cultivo de la papa en suelos de Nariño.

Los resultados de la investigación muestran que prácticas de fertilización (dosis) y los sistemas de manejo de tipo conservacionista empleados en los tratamientos fueron adecuadas ya que se obtuvieron rendimientos hasta de 40 t/ha<sup>-1</sup> en promedio, lo cual no difiere del testigo comercial, en el que se emplearon altas dosis. En la variable dependiente

rendimiento ( $t/ha^{-1}$ ). El análisis de varianza muestra que no hay diferencias significativas en el modelo de análisis para rendimiento; igualmente el  $R^2$  es de 35,76, siendo el 64,25% los factores que inciden en el rendimiento. Aunque el coeficiente de variación es de 20,54%, los datos alcanzan a presentar cierta confiabilidad. Hoy en día se debe tener en cuenta una nutrición completa y balanceada, para lo que se requiere desarrollar alternativas que hagan que el sistema sea sostenible y competitivo (Barrera, 1994). Aunque no hay diferencias estadísticas entre ciclos y tratamientos según los análisis de varianza Biológica y económicamente se pueden observar diferencias, ejemplo de ello se puede ver en T5, donde se muestra que entre ciclos la diferencia en rendimiento es de  $12,77 t/ha^{-1}$  con dosis de 30 g/planta de NPK, basadas en análisis de suelos y extracciones para una producción de  $20 t/ha^{-1}$  (120 k/ha N, 40 k/ha  $P_2O_5$ ), esto fisiológica, biológica y económicamente tiene repercusiones en el ensayo, así mismo hay diferencias del mismo tipo entre tratamientos al hacer las respectivas comparaciones; por ende se presenta un análisis general y económico de la información, considerándose las diferencias de de costos de producción entre los tratamientos (Perrin, *et.al.* 1976).



**FIGURA 2.** Efecto de prácticas de fertilización y manejo de tipo conservacionista sobre el rendimiento de la papa.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1102.641737	78.760.124	1.19	0.3300 NS
Error	30	1981.234721	66.041.157		
Total correcto	44	3083.876458			

R.C	C.V	Raíz MSE	t/ha <sup>-1</sup> Media
0.357551	20.54680	8.126.571	3.955.151

**TABLA 2.** Análisis de varianza para la variable rendimiento.

**Análisis de varianza entre factores.** La no significancia estadística anteriormente mencionada se corrobora en el análisis de varianza entre factores, que muestra que no hay diferencias estadísticas ni entre ciclos, tampoco entre tratamientos y menos en la interacción ciclo por tratamientos.

Fuente	G.L	Tipo III SS	C.M	F CAL	Pr > F
CICLO	1	91.5835698	915.835.698	1.39	0.2482 NS
TRAT	7	660.8108045	944.015.435	1.43	0.2304 NS
CICLO*TRAT	6	406.2932983	677.155.497	1.03	0.4282 NS

**TABLA 3.** Evaluación de varianza entre factores para rendimiento

### Calidad

**Gravedad específica (GE) “característica física cuantitativa”.** La gravedad específica del tubérculo es un factor importante de calidad. El valor de mercado que obtienen los productores de papa para la industria se basa en una combinación de rendimiento y factores de calidad del tubérculo. (Davenport, 2000). Las características de especial interés para el procesamiento incluyen, un bajo contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) y una alta gravedad específica (Lemos, 1996). Talburt y Smith (1987) señalan que la gravedad específica de los tubérculos depende del porcentaje, densidad de la materia seca y del porcentaje de aire en los tejidos, la industria considera un rango óptimo de gravedad específica de los tubérculos de 1.09. De igual manera Guenther (2001) menciona que

valores inferiores a 1.078 son penalizados por la industria procesadora, mientras que valores superiores se favorecen con mejoras en el precio de compra de la materia prima.

El efecto de prácticas de fertilización y manejo de tipo conservacionista sobre la Gravedad Específica de la papa evaluados en esta investigación, muestran valores hasta de 1.11, como es el caso de el tratamiento 1; Pasto- papa-pasto+labranza tradicional+fertilización química (30gr/planta), y tratamiento 2; Pasto-papa-pasto+labranza tradicional+ fertilización química (30gr/ planta) + fertilización orgánica. El análisis de varianza muestra que no hay diferencias significativas en el modelo de análisis; igualmente el R<sup>2</sup> es muy bajo 9,96%, siendo los datos confiables pues el Coeficiente de variación es de 1.52, y que los datos obtenidos no presentan variabilidad entre los mismos.

Existen factores que influyen de manera decisiva sobre estas cualidades, Palacios B, *et. al*, afirman que cultivos de papa, con bajas tasas de aplicación nitrogenada, producen maduración temprana y generalmente gravedades específicas más altas, que cultivos con altas aplicaciones de nitrógeno, Dole y Robert (1998) en ensayos sobre fertilización potásica resaltan evidencias considerables en las que el abonamiento potásico en exceso reduce la gravedad específica, de igual manera Kunkel y Holstad. 1972 reportan que cuando se realiza una sobre fertilización la gravedad específica disminuye. De acuerdo con Barrera (1993) para una buena fertilización se debe tener en cuenta la disponibilidad de nutrimento en el suelo, extracciones del cultivo y potencial de la producción.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F CAL</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	14	0.00093403	0.00006672	0.24	0.9968 NS
<b>Error</b>	30	0.00844397	0.00028147		
<b>Total correcto</b>	44	0.00937800			

<b>R.C</b>	<b>C. V</b>	<b>Raíz MSE</b>	<b>GE Media</b>
0.099598	1.524.847	0.016777	1.100237

TABLA 4. Análisis de varianza para la Gravedad Específica

En la presente investigación se encontró que los mayores valores se registraron en los tratamientos 1 y 2, estos oscilan entre 1,09 como el menor valor y 1,11 como mayor valor, representados así:

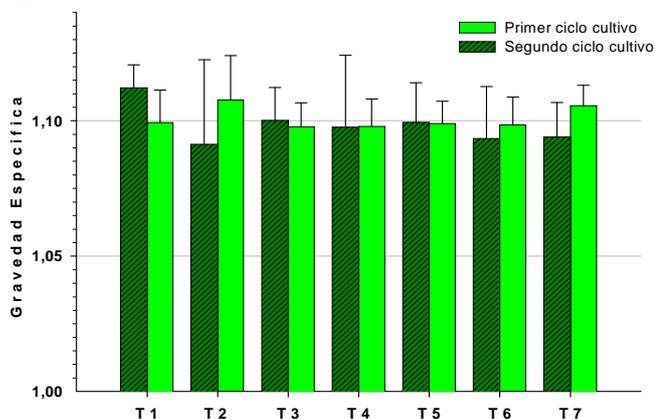


FIGURA 3. Datos promedios de gravedad específica para los dos ciclos de cultivo.

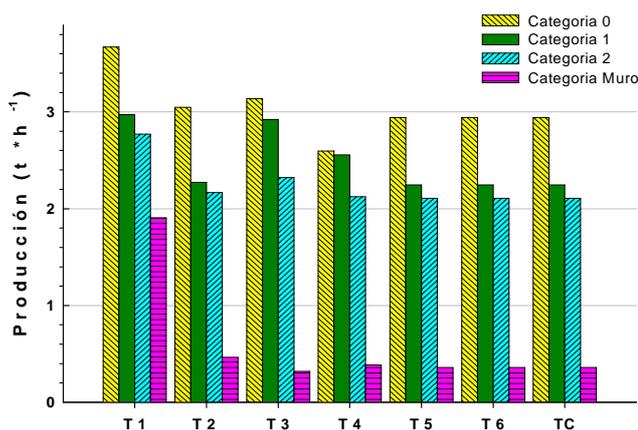
Davenport (2000) expresa que el contenido de materia seca de los tubérculos se considera un factor de gran importancia en la calidad de procesamiento del tubérculo. Generalmente, cuanto mayor es el peso específico, mayor es el contenido de materia seca.

**Categorización como un factor de calidad.** Existen factores que en el momento de la comercialización del producto son decisivos, el tamaño se presenta por tanto como un factor de calidad dependiendo de este, el valor que obtienen los productores de papa tanto para la industria como para el consumo en fresco. En la presente investigación se muestra los promedios obtenidos en Kg/Ha para cada categoría. Es claro ver que hay un comportamiento tendencial que corresponde a las conclusiones sobre las otras variables (no significativo) para los tratamientos con cada categoría (tamaño 0, 1, 2 y muro).

La recomendación de fertilizantes debe conducir a una correcta selección de la fuente la dosis la época y los métodos de aplicación (Barrera 1998). E mismo autor coincide que la extracción es fundamentalmente función del rendimiento, como se evidencia en los resultados.

Tratamientos	Categorías (promedios)			
	0/ t/ha <sup>-1</sup>	1/t/ha <sup>-1</sup>	2 / t/ha <sup>-1</sup>	muro / t/ha <sup>-1</sup>
A= 1	3,671	2,970	2,770	1,905
B = 2	3,046	2,274	2,167	0,466
C = 3	3,138	2,921	2,323	0,321
D = 4	2,596	2,556	2,125	0,386
E = 5	2,942	2,246	2,109	0,358
F = 6	2,942	2,246	2,109	0,358
G = 7	.	.	.	.
H TESTIGO	2,942	2,246	2,109	0,358

TABLA 5. Promedios de producción en t/ha<sup>-1</sup> para cada categoría.



### Análisis económico.

De acuerdo con el análisis de varianza, no se observaron diferencias significativas en cuanto a rendimiento entre los tratamientos, por lo cual sólo se debe considerar las diferencias de costos entre los tratamientos para así escoger el tratamiento con el total de los costos más bajo, para probarlo más a fondo en ensayos posteriores o si se cuenta con suficiente evidencia, para recomendarlo a los agricultores ya que tanto la variación en los rendimientos, como la variación en los costos de los insumos y los precios de los cultivos son aspectos que el agricultor tiene en cuenta cuando toma decisiones.

Cuando el análisis estadístico de los resultados de un ensayo indica que no hay diferencias relevantes entre dos tratamientos, hay que optar por el tratamiento de menor costo. Si existe evidencia suficiente de que los rendimientos obtenidos con los tratamientos son semejantes, entonces los beneficios brutos también serán similares y, por tanto, se debe escoger el método menos costoso de lograr dichos beneficios (CIMMYT, 1988).

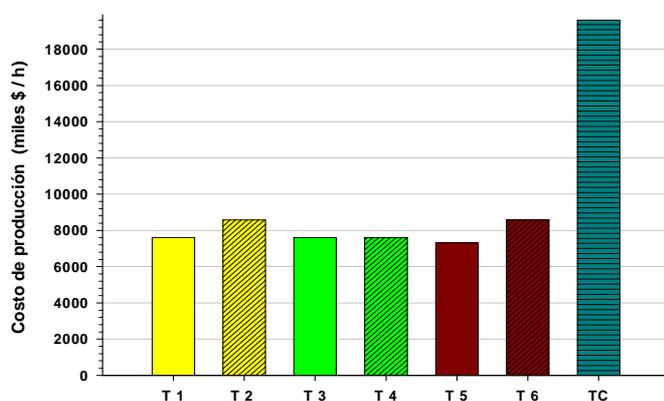
<b>DIFERENCIA DE COSTOS</b>	
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TOTAL COSTOS/ha</b>
<b>1</b>	\$ 7.610.913,10
<b>2</b>	\$ 8.570.913,10
<b>3</b>	\$ 7.610.913,10
<b>4</b>	\$ 7.610.913,10
<b>5</b>	\$ 7.310.913,10
<b>6</b>	\$ 8.570.913,10
<b>Testigo</b>	\$ 19.600.008,00

**TABLA 6.** Diferencia de costos entre los tratamientos para establecer una hectárea de cultivo.

La variación de costos entre el tratamiento 5 y el testigo es de \$ 12.289.095; esto debido a que en el tratamiento 5 se tuvo en cuenta el análisis de suelos y los requerimientos del cultivo para el cálculo de la dosis necesaria de fertilizante a aplicar, de manera que no hayan deficiencias ni excesos y así evitar costos innecesarios en la fertilización, como también es importante evaluar la eficiencia de los fertilizantes y la seguridad de que realmente la planta los está aprovechando. Caso contrario ocurrió con el testigo donde se hizo uso de cantidades utilizadas por el agricultor quien en la mayoría de los casos no tiene en cuenta un análisis de suelos, como referencia, ni requerimientos de la planta, obteniendo así, sobrecostos innecesarios que dan como resultado esta diferencia tan elevada en los costos de fertilización.

Las labores de preparación de suelos para labranza mínima, también influyen aunque no es caso único para este tratamiento, resultando un ahorro considerable en los costos sin afectar los rendimientos, también genera menores costos de mano de obra. Otro factor que

también influye en la diferencia de costos es la no aplicación de fertilización orgánica, como es el caso de algunos de los tratamientos en los que no se hizo uso de esta, exceptuando los costos adicionales en la producción del cultivo que esto genera.



**FIGURA 4.** Diferencias de costos de producción entre tratamientos para establecer una hectárea de cultivo.

Al hacer la comparación de costos entre los tratamientos, se observa que el tratamiento de menor costo de producción es el tratamiento 5, (Pasto-papa- rotación de cultivos + labranza mínima (guachado) + fertilización química + barrera frutal mora), con un costo total por hectárea de \$ 7'310.913, siendo en este caso el más recomendable por ser el que genera menor costo de producción con respecto a la fertilización y los rendimientos obtenidos con este tratamiento, entonces los beneficios económicos son mayores con este tratamiento, ya que es el que genera menores costos de producción con rendimientos similares y por ende mayores ganancias a nivel económico. El tratamiento que genera mayores costos de producción es el testigo, (fertilización tradicional o del agricultor), con un costo total por hectárea de \$ 19.600.008. Estos costos tan elevados en el testigo es debido a que las cantidades utilizadas son muy altas ya que el desconocimiento parcial o total del productor sobre la importancia del análisis de suelos, como herramienta tecnológica para disminuir costos de fertilización, es un argumento válido para entender el porqué de la sub y sobredosis de fertilizantes (minerales, orgánicos y foliares).

Se considera que los productores aplican sobredosis de fertilizantes de diferente origen y eficiencia, sin tener en cuenta los resultados del análisis de suelos, desconociendo el efecto real de su aplicación y sin estudios agroeconómicos de respuesta que sustenten esta

modalidad. La fertilización en estas condiciones representa, en lotes comerciales, entre el 18 y el 24% de los costos totales de producción (CORPOICA, 1999); Como la fertilización del cultivo de papa tiene alta incidencia en los costos de producción, es necesario evaluar los aspectos técnicos y económicos de algunas alternativas de fertilización ya que es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de proyectar un cultivo, y por su elevada influencia en un análisis de costos es el que mejor se debe manejar para minimizar los costos de producción y así obtener mejores ingresos.

Los nuevos retos impuestos por la globalización de la economía exigen maximizar la Eficiencia de los recursos y, a la vez, permitir la sostenibilidad del sistema productivo de papa: el significado de la fertilización no se debe restringir exclusivamente a resultados agronómicos exitosos, sino que debe estar encaminada a hacer más eficaz la práctica en términos económicos y ambientales (CEVIPAPA, 2005) razón por la cual se tuvo en cuenta análisis de suelos y desarrollado modelos alternativos de manejo sostenible de suelos para el cultivo de la papa que permitan tener menores costos de producción con rendimientos mayores o iguales a los que se obtienen en un cultivo con manejo tradicional.

### **Conclusiones**

- La fertilización utilizando fuentes simples basada en análisis de suelos y extracciones del cultivo en los sistemas con apoyo conservacionistas resultaron mejores rendimientos, menores costos de producción y mejor calidad del tubérculo cualitativa y cuantitativamente en GE Y tamaño.
- Con la dosis de fertilización de en integración con prácticas agronómicas de tipo conservacionista, se obtuvo mayor rendimiento (33 a 50 t/ha<sup>-1</sup>) con menores costos de producción comparada con las dosis empleadas tradicionalmente en la zona.
- Los efectos que ocasionan las deficiencias o excesos de un elemento en la fase de crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa se reflejan principalmente en el tubérculo porque al iniciar la tuberización los carbohidratos producidos por las hojas se distribuyen para el follaje, raíz y la formación de almidón en los tubérculos representado en Gravedad Especifica.

- Las prácticas agronómicas de tipo conservacionista contribuyen a la conservación de la capa fértil del suelo, la optimización de los resultados agronómicos de cultivos (rendimiento y calidad), reduce costos de producción y con la implementación de especies que cumplen un doble propósito se generan ingresos adicionales que contribuyen a mejorar la calidad de vida del agricultor.

### **Agradecimientos**

Presentamos nuestro sincero agradecimiento a Dios, artífice de todos nuestros logros y aquellos quienes de una u otra forma con su apoyo y colaboración contribuyeron al desarrollo de este trabajo: Dr. Jesús Castillo F, presidente de Tesis, I. A, MSc, Ph.D suelos. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño-Pasto. Colombia, Denis Benavidez, Técnico de investigación y desarrollo I.A.F., Mauricio Oliveros MSc. I.A.F., José Manuel Campo, I.A. Docente. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia, Darío Gamboa, I.A.F, La Universidad de Nariño, La Universidad de Nariño, el Proyecto “Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenible con papa en la zona andina del departamento de Nariño”, Ante el Ministerio de Agricultura. Y FEDEPAPA. Federación Colombiana de Productores de papa. Regional Nariño.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Barrera, L.L. 1993. El boro: un micronutriente importante en el cultivo de la papa en suelos de Cundinamarca y Boyacá, E: papas colombianas. Comunicaciones y asociados. Bogotá. Pp112-117.
- CEVIPAPA. 06 de Noviembre de 2009. Fedepapa – Nariño, Nariño.
- CORPOICA. 1999. Plan Nacional de Investigación para aumentar la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción de papa en Colombia, Tibaitatá, Bogotá.
- CYMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CYMYT.

- Davenport, Joan. 2000. El potasio y la gravedad específica de la papa informaciones agronómicas.
- Echeverría, H.E. 2005. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. P. 365-378.
- FEDEPAPA. 2005. Generalidades del cultivo de la papa en Colombia, Colombia.
- García, B., Obando, L. 1993. Fertilización y manejo de suelos en el cultivo de papa en sistemas de producción en fincas, departamento de Nariño. Revista de ciencias agrícolas 12(1): 21-31
- Guerrero, R, 1993. Fertilidad de los suelos de clima frío. En: fertilización de cultivos de clima frío, 3ª serie de divulgación técnica. Monómero S.A. Bogotá. P: 62-66
- Guenther, J. 2001. The international potato industry. Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 312 p.
- Guerrero Riscoas, Ricardo. 1998. fertilización de cultivos de clima frío, monómeros colombo venezolanos S.A., segunda edición, Venezuela.
- [http://www.agronet.gov.co/www/docsagronet/2005112163731\\_caracterizacionpapa.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docsagronet/2005112163731_caracterizacionpapa.pdf)
- <http://www.finagro.com.co/html/cache/gallery/GC-8/G-11/papa.pdf>.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. London: Edward Arnold.
- INIAP. 2009. Investiga alternativas de fertilización orgánica para el cultivo de papa, Ecuador.
- INSTITUTO TÉCNICO AGRÍCOLA ESTABLECIMIENTO PÚBLICO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. modulo III fertilización, degradación y agradación de los suelos. instituto técnico agrícola establecimiento público de educación superior.
- Krug, H. 1997. Environmental influences on development growth and yield. En: Wen H.C. (Ed.). The physiology of vegetable crops. CABI Publishing, Londres.
- Kunkel, R. Holstad, N. 1972. Potato chip color, specific gravity and fertilization of potatoes with N-P-K, Am. Potato J. 49, 43-62.
- Lemos, J. 1996. Perspectivas para a industrialização da batata. Reunião Técnica Anual De Pesquisa E Extensão Da Cultura De Batata No Rio Grande Do Sul E Santa Catarina, 3, Santa María, Rs. Anais... Bisognin, D.A. (Coord.). Santa Maria: Ccr/Ufsm.

- Millard, P & Marshall, B. Growth.1986. Nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. *Sci. Camb.*
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL: Observatorio Agrocadenas Colombia. 1991-2005. Documento de Trabajo no. 54 la cadena de la papa en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica, Colombia.
- Murphy, H. J. and Goven, M. J. 1959. Specific gravity and surface russetting of the Russet Burbank in Maine. Amer. Potato, New York.
- Muñoz, R 1978. Fertilización y manejo de suelos cultivados con papa en Antioquia. En: instituto colombiano agropecuario. El cultivo de la papa. Medellín. PP. 77-101.
- Palacios B, Carlos A. Jaramillo V, Sonia., González s, Luis H. y Cotes T' José M. 2006. Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas, Medellín.
- Perrin, F. K.; Winckelmann, D. L.; Moscardi, E. R.; Anderson, J. R. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT México.
- Pinal, C. Martínez, H. Pinzón, Barrios. C. 2005. La cadena de la Papa en Colombia.
- Porter, GA & Sisson, JA. 1991. Petiole nitrate content of main grown Russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying nitrogen rate. *Am. Potato.*
- REVISTA LATINOAMERICANA DE LA PAPA. 1997. Residual Effect of the Fertilization of the Potato Crop on the Faba Bean Crop (*Vicia faba* L.) in the Rotation System Summary. Additional index words: residual effect, potato, fertilization, lime, faba bean, nitrogen fixation, economic analysis.
- Saluzzo, A; Echeverría, HE; Andrade, FH & Huarte, M. 1999. Nitrogen nutrition of potato cultivars differing in maturity. *J. Agronomy &Crop Science.*
- Streck, N., F. Matiello De Paula, D. Bisognin, A. Heldwein y. Dellai, J. 2006. Simulating the development of field growth potato (*Solanum tuberosum* L.) Agricultural and Forest Meteorology.
- Talburt, W. Smith, O. 1987. Potato processing. 4th Edition. California, EE.UU.