

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Pichincha – Ecuador

Ana María Negrete Aveiga

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Agroempresas

Quito, 2011

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Agricultura, Alimentos, y Nutrición

**Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del
cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Pichincha – Ecuador**

Ana María Negrete Aveiga

Mario Caviedes, Ms. Dr.
Director de la tesis

Raul de la Torre, Ph.D.
Miembro del comité de tesis

Carlos Ruales, Ms.
Miembro del comité de tesis

Eduadro Uzcátegui, Ph.D.
Coordinador de Agroempresas

Michael Koziol, D.Phil.
Decano del Colegio de Agricultura,
Alimentos, y Nutrición

Quito, 2011

© **Derechos de autor**

Ana María Negrete Aveiga

2011

Resumen

El cultivo de la papa en el Ecuador se ha caracterizado por el uso intensivo de fertilizantes químicos que, además de ser costosos, se desperdician con facilidad. Como consecuencia, se han dejado a un lado los fertilizantes orgánicos, entre los cuales se pueden destacar a los abonos líquidos o bioles. Este experimento se realizó en la granja de la Universidad San Francisco de Quito ubicada en la parroquia de Tumbaco, Provincia de Pichincha, Ecuador, a una longitud de 78° 24' oeste y a una latitud de 00° 13' sur. El propósito del experimento fue analizar las diferencias económicas y de rendimiento del cultivo de papa en base a diferentes sistemas de fertilización. Para esto se establecieron dos lotes, uno fertilizado con fertilizantes químicos (muriato de potasio, 18-46-00, y urea) y otro con biol y urea. Los resultados del análisis del rendimiento, en el que se analizó el peso y cantidad de tubérculos, indicaron que no hubo diferencias significativas entre lotes. Consecuentemente, es posible disminuir la fertilización química en la producción de papa sin afectar los rendimientos. Por otro lado, el análisis económico indicó que la fertilización química equivale al 34% de los costos totales de producción mientras que la fertilización mixta equivale al 17%. También se determinó que usar únicamente fertilizantes químicos es 20% más caro que usar una fertilización mixta (biol y urea).

Summary

Potato growing in Ecuador has been characterized by an intensive use of chemical fertilizers which, apart from being expensive, are easily wasted. As a result, the potential use and benefits of organic fertilizers such as biols have been ignored. This study took place at the research farm of Universidad San Francisco de Quito located at Tumbaco, Pichincha, Ecuador. During this study, the yield and economic differences in potato production based on different fertilization systems were analyzed. In order to do so, two plots were setup; one was fertilized only with chemical fertilizers (potassium chloride, 18-46-00, and urea) and the other was fertilized with urea and biols. The results of the yield analysis, where weight and number of tubers were measured, indicated no significant difference between plots. Consequently, it is possible to reduce chemical fertilizers in potato production without affecting the yields. On the other hand, the economic analysis indicated that chemical fertilizers represent 34% of the total production costs while the mixed fertilization (biols and urea) represents 17% of the total costs. It was also determined that using only chemical fertilizer is 20% more expensive than using a mixed fertilization.

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos.....		vi
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
	1. Industrialización.....	7
	2. Valor nutricional.....	8
	3. Plagas y enfermedades.....	9
	4. Manejo del agua.....	10
	5. Fertilización y manejo de nutrientes.....	10
	5.1 Leguminosas.....	11
	5.2 Cultivo de cobertura.....	11
	5.3 Reducción de la intensidad de producción.....	11
	5.4 Aplicación de estiércol y materia orgánica.....	12
	6. Cosecha y post-cosecha.....	14
	7. Impactos ambientales de la fertilización química.....	14
	8. Uso de biol (abonos líquidos) en sistemas agronómicos.....	15
IV.	OBJETIVOS.....	17
V.	HIPÓTESIS EXPERIMENTAL.....	17
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
VII.	RESULTADOS.....	20
	1. Análisis de la variable de altura de la planta.....	20
	2. Análisis de las variables de rendimiento.....	22
	3. Análisis económico.....	25
VIII.	DISCUSIÓN.....	27
IX.	CONCLUSIONES.....	29
X.	RECOMENDACIONES.....	31

XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
-----	-------------------	----

Anexos

Anexo 1: Análisis químico del suelo.....	35
Anexo 2: Análisis del biol.....	36
Anexo 3: Datos de la altura de las plantas.....	37

I. INTRODUCCION

La papa pertenece a la familia Solanaceae y su nombre científico es *Solanum tuberosum*. Este tubérculo es originario de la zona alto andina y su centro de domesticación se considera el lago Titicaca. Desde la cordillera andina se ha cruzado con otras plantas silvestres del mismo género y es por esto que existe una gran variabilidad genética dentro del género *Solanum*, siendo la papa uno de los cultivos con mayor diversidad genética. Existen aproximadamente 5,000 cultivares de papa de los cuales solo 500 se cultivan actualmente (INIAP, 2009).

La papa llega a Europa en el siglo XVI introducida por los españoles en 1570, y posteriormente se introdujo a las Islas Británicas en 1588. En el siglo XVII se introdujo el cultivo en América del Norte, probablemente a través de Europa. Sin embargo, el desarrollo de su cultivo no comienza hasta el siglo XVIII, a partir de producciones marginales que progresivamente fueron adquiriendo importancia (SICA, 2009).

La papa es un alimento fundamental en la dieta humana y ha sido ampliamente cultivada en todo el mundo. Entre los países a nivel mundial con mayor área cultivada están: China, Rusia, e India; mientras que Holanda, Francia y Bélgica tienen el mayor rendimiento. En Latinoamérica el país con mayor área cosechada es Perú pero el país con los rendimientos más altos es Argentina (tabla 1). Cabe mencionar que en las últimas décadas Latinoamérica ha aumentado sus rendimientos y no tanto así su área cosechada (FAO, 2009).

Tabla 1: Área cosechada y rendimiento en el 2007 de los productores de Papa más representativos.

Región	País	Área cosechada (ha)	Rendimiento (kg/ha)
ASIA	China	5,001,600	14,403
	Rusia	2,862,500	12,850
	India	1,600,000	16,425
EUROPA	Holanda	161,000	44,721
	Francia	145,000	43,248
	Bélgica	68,106	42,253
AMERICA LATINA	Perú	269,441	12,575
	Argentina	68,000	28,677
	Ecuador	52,000	6,827

Fuente: FAO 2009

II. JUSTIFICACIÓN

Para poder suplir la creciente demanda de papa en el Ecuador, no solo es necesario invertir en la industria, sino también en el campo. Es necesario aumentar los rendimientos y calidad, los cuales son directamente influenciados por factores ambientales y por el manejo del cultivo. Entre los factores ambientales que afectan el cultivo están las heladas y disponibilidad de agua (en caso de no haber riego). Es poco lo que se puede hacer en relación a los posibles factores ambientales, sin embargo se pueden obtener grandes resultados mejorando el manejo.

Entre los problemas relacionados al manejo del cultivo está la mala calidad de la semilla utilizada por gran parte de los productores. La semilla es un insumo fundamental y lleva el

potencial genético de una planta. El INIAP es la institución encargada de proveer a los multiplicadores de semillas con semilla de calidad y libre de cualquier patógeno. Lamentablemente en el Ecuador hay pocas empresas multiplicadoras de semillas y por lo tanto los agricultores van a comprar semilla directamente al INIAP. Es difícil suplir la demanda de los agricultores y por eso siempre hay escasez de semillas y los agricultores se ven forzados a obtener sus semillas de fuentes no confiables. Este es el primer error de manejo que incide gravemente en el rendimiento del cultivo (Velásquez, 2008).

Aproximadamente 52,000 hectáreas de papa son cultivadas anualmente en el Ecuador. El manejo intensivo de nutrientes en este cultivo, basado primordialmente en el uso de fertilizantes químicos, ha dado lugar a una creciente preocupación por la lixiviación de nitratos en el suelo. Muchas veces la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo incluso excede la cantidad necesaria para obtener un máximo rendimiento. Igualmente, la disminución progresiva de la fertilidad de los suelos debido a malas prácticas agrícolas es otro factor que afecta gravemente los rendimientos del cultivo a largo plazo. Debido a la aparente rentabilidad del cultivo, muchos agricultores tienen monocultivos de papa, con poca o ninguna rotación, que dan origen a suelos degradados. Por esta razón, los niveles de fertilización química utilizados para obtener rendimientos aceptables incrementan cada vez más. Es necesario saber manejar la fertilidad del suelo mediante diversas técnicas tales como la rotación de cultivos, y también evitando la erosión y utilizando abonos orgánicos. En otras palabras, la fertilidad del suelo no consiste únicamente en la adición de fertilizantes químicos (Aruquipa, 2007).

La papa es un producto de gran demanda no solo en el Ecuador sino a nivel mundial. La demanda de dicho producto ha aumentado año tras año y para poder suplir esta demanda e

incrementar la competitividad se debe manejar el cultivo de forma que reduzca costos y mejore la calidad del producto y los métodos de producción. Esto se debe lograr sin afectar la fertilidad del suelo y cuidando al medio ambiente. Es evidente que la forma convencional de cultivar papa no satisface estas necesidades y por lo tanto, hay que optar por un manejo integrado con el propósito de examinar diferentes componentes de producción teniendo en consideración factores económicos y ambientales.

III. REVISION DE LITERATURA

La papa representa el 7.4% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola del Ecuador y su cultivo representa una importante fuente de empleo ya que es una actividad que utiliza mano de obra de manera intensiva. Según el III Censo Nacional Agropecuario (CNA) el 9.8% de los trabajadores agropecuarios, es decir, 82,759 productores están involucrados en este cultivo, sin tomar en cuenta a los otros miembros de esta cadena agroalimentaria. Un total del 0.4% del territorio de uso agropecuario se dedica a la producción de papa, y de este porcentaje el 43.9% se encuentra en manos de pequeños productores con extensiones de tierra de entre 0 y 5 ha, 18.4% en productores que poseen de 5 a 10 ha, 24.2% en productores que poseen de 10 a 50 ha y tan solo el 13.4% del total de hectáreas de cultivo está en manos de productores grandes con extensiones de más de 50 ha (INEC, 2000).

El cultivo de papa en el Ecuador se realiza en la Sierra entre los 2,400 y los 3,800 msnm, teniendo los mejores rendimientos en zonas ubicadas entre los 2,700 y 3,000 msnm. La producción se divide en tres zonas: Norte (Carchi e Imbabura), Centro (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo), y Sur (Azuay y Cañar). Según datos del

2006, las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, aportaron con el 83% de la producción, y las mayores extensiones de cultivo se encontraron en: Chimborazo (19.39%), Carchi (18.96%), Tungurahua (14.98%), Cotopaxi (14.54%) y Pichincha (10.09%) (SICA, 2009).

Como se indica en la tabla 2, entre el 2002 y el 2006 se cosecho en promedio 43,332ha/año lo cual resultó en una producción promedio de 409,773 TM/año y un rendimiento de 9.52 TM/ha. Durante este periodo se evidencia una disminución en la superficie cosechada, mientras que el rendimiento ha incrementado lo cual equivale a un crecimiento de la producción en un 2% (SICA, 2009).

Los motivos de la reducción en el área cosechada se pueden deber a varios factores incluyendo: el aumento en los precios de los insumos, tales como fertilizantes; a la fluctuación de precios de la papa; y a la dificultad de los productores para contratar mano de obra debido a la migración a zonas urbanas del Ecuador y a otros países. Esta reducción también se la puede atribuir a la constante actividad del volcán Tungurahua y a otros riesgos relacionados con el cambio climático (Devaux et al., 2010; SICA, 2009).

Tabla 2: Superficie, producción y rendimiento de la papa en el Ecuador desde el 2002 hasta el 2006.

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (TM/ha)
2002	47,444	375,315	7.91
2003	44,971	396,639	8.82
2004	39,659	431,510	10.88
2005	42,558	441,123	10.36
2006	42,029	404,276	9.62
Promedio	43,332	409,773	9.52

Fuente: SICA, 2009

Se ha demostrado que este cultivo crece mejor en suelos alto andinos con una alta capacidad de retención de agua. En general la papa es poco exigente en relación a los requerimientos del suelo pero no puede desarrollarse bien en terrenos compactados y pedregosos. Consecuentemente, para la siembra, es necesario que el suelo este bien mullido y sin terrones. En relación a la temperatura, esta planta es de clima templado-frío siendo la temperatura óptima entre 13 y 18°C. A pesar de esto, las variedades cultivadas en Ecuador son sensibles a las heladas, ocasionando un retraso y disminución de la producción (Infoagro, 2009).

En el Ecuador, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha desarrollado diversas variedades de papa. Con este propósito, en 1994 el INIAP realizó una colección de papas cultivadas en el Ecuador y encontró alrededor de 400 cultivares, pero de estos 400 comúnmente se cultivan únicamente 30 cultivares. Las últimas variedades liberadas en el 2007 por el INIAP fueron: INIAP Santa Ana, INIAP Estela, e INIAP Natividad. Tradicionalmente las variedades más importantes cultivadas han sido INIAP-Gabriela, Uvilla, Chola y Bolona. Sin embargo, debido a los nuevos patrones de consumo de bienes alimenticios, la incursión de la mujer en el sector laboral, la influencia de costumbres y cambios de hábitos de vida, han hecho que la demanda de agroindustriales y consumidores tienda a utilizar más papa procesada, lo que ha ocasionado un cambio hacia variedades aptas para el procesamiento, como son: Superchola, INIAP-Fripapa, INIAP-María, INIAP-Santa Catalina y Yema de Huevo (Devaux et al., 2010; INIAP, 2009).

A la par con la producción de papa también está el consumo de la misma. El consumo de papa per-cápita de los ecuatorianos ha sido de 31.8 kilos en el 2006, y se estima que las familias, especialmente de bajos ingresos, dedican alrededor del 10% de sus ingresos a la

compra de papa (Devaux et al., 2010). Este tubérculo es la principal fuente de alimento para los habitantes de la sierra ecuatoriana siendo el consumo anual per cápita de 112 kilos y 80 kilos en Quito y Cuenca, respectivamente, a comparación con Guayaquil donde el consumo es de tan solo 50 kilos. La gran mayoría de la papa se consume en estado fresco y solo el 10% se destina a la industria (Pumisacho y Sherwood, 2002).

1. Industrialización

En Ecuador, la demanda de papa precocida y prefrita por parte de la industria de comida rápida, cadenas de restaurantes y hoteles impulsó las importaciones de estos productos de 687TM en 1999 a 5480TM en el 2006 (Devaux et al., 2010). Las importaciones se realizaron principalmente de Bélgica (63.8%), Estados Unidos (24.6%), y Holanda (5.76%). Por otro lado, las exportaciones en el 2006 sumaron 42TM y los países de destino fueron Estados Unidos, Cuba, y España (SICA, 2009).

Estos datos muestran la necesidad de inversión en la industria de papa puesto que la actual demanda de almidón, harina, papa procesada, precocida, prefrita debe ser abastecida con producto importado (SICA 2009). Sin embargo, es difícil para las empresas nacionales competir a nivel local con las importaciones de papa procesada, debido al tamaño de inversión requerido para alcanzar la escala necesaria y a la dificultad de abastecerse durante todo el año en el mercado local con variedades aptas al procesamiento y a un precio que permita rentabilizar esta inversión (Devaux et al., 2010).

A pesar de estos inconvenientes, empresas Fritolay, Nutrinosa, Ecomsa, Ecuadal, Suprodeal, e Industria Ecuatoriana S.A. se han dedicado a producir hojuelas de papa (chips). Estas empresas procesan el 88.90% de toda la papa que se industrializa en el país, por lo cual la

papa frita tipo chip es el principal producto que elaborado por la industria nacional (Montesdeoca, 2000).

2. Valor nutricional

La papa es un producto que tanto en fresco como industrializado, tiene gran aceptación por parte del consumidor y es el tubérculo más consumido en este país. Este producto provee de ciertos nutrientes y es buena fuente de energía, por su contenido de almidón, que en promedio puede alcanzar un aporte de un 14% de la energía requerida diariamente. También aporta proteínas, y es una excelente fuente de fósforo, hierro y niacina (tabla 3). La niacina es una vitamina que forma parte de sistemas enzimáticos y está involucrada en los procesos de glicólisis, síntesis de grasas y respiración de los tejidos. Por otro lado, el fósforo forma parte de numerosas funciones que son críticas para el funcionamiento del cuerpo y el hierro tiene un papel importante en el transporte de oxígeno y dióxido de carbono (USDA, 2010).

Tabla 3: Información nutricional de la papa por 100 g de papa hervida y pelada antes del consumo.

Componente	Cantidad en 100g	% DDR*
Energía	360kJ	3.8
Proteína	1.71g	3.7
Fibra	1.8g	6.8
Fósforo	40mg	7.3
Calcio	8mg	0.8
Niacina	1.31mg	7.2
Hierro	0.31mg	2.3

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Base de datos nacional de nutrientes.

* Porcentaje de la Dosis Diaria Recomendada para adultos sanos promedio basado en una dieta de 9500 kJ (2300 kcal).

3. Plagas y enfermedades

La enfermedad más importante en la papa es la lanchara o tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Esta enfermedad se presenta inicialmente como manchas verdes cerca de los bordes de las hojas que con el tiempo se vuelven de color negro y se diseminan por los peciolo hasta llegar al tallo. Hay diferentes métodos de control, tales como el uso de variedades resistentes, destrucción de fuentes de inóculo, rotación de cultivos, y uso de fungicidas (Infoagro, 2009). Convencionalmente, esta enfermedad es controlada con fungicidas y el cultivo es fumigado varias veces durante el ciclo. En promedio los agricultores hacen dos a cuatro aplicaciones, sin embargo, cuando las condiciones climáticas son favorables para el hongo y se siembra en época de lluvia, los agricultores pueden llegar a hacer hasta ocho a diez aplicación si disponen de recursos (Hagman et al., 2009). Los fungicidas más usados son Mancozeb, Ridomil, Curzate y Dithane (Hibon et al., 1995).

En relación a las plagas, existen dos plagas importantes en este cultivo: el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) y la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*). El gusano blanco ocasiona daños en el tubérculo afectando su calidad. Puede ser controlado con el uso de trampas e insecticidas. Los agricultores usan principalmente uno de los siguientes insecticidas: Furadan, Karate, o Monitor, los cuales son aplicados conjuntamente con los fungicidas (Hibon et al., 1995). La polilla guatemalteca es otra plaga que causa daños a los tubérculos. La larva de esta plaga penetra el tubérculo abriendo galerías en su interior.

Entre los métodos de control de esta plaga esta la rotación de cultivos y el uso de productos químicos (Palacios, 1997).

4. Manejo del agua

Durante el desarrollo y engrosamiento del tubérculo, la papa es particularmente sensible a la disponibilidad de agua, y existe una relación lineal entre el potencial hídrico del suelo y el rendimiento del tubérculo (Muñoz, 1984).

Varios estudios han demostrado que en lugares donde el agua es escasa resulta más eficiente usar irrigación por goteo que por aspersores o por inundación. Sin embargo, en lugares donde existe suficiente agua no hay un incentivo monetario para que los agricultores implementen algún sistema de goteo (Muñoz, 1984).

Por otro lado, es importante tener en cuenta que el tipo de manejo del agua también afecta a la lixiviación. Es necesario determinar la forma adecuada de irrigar la producción sin afectar los rendimientos y minimizando la lixiviación de nitratos (Muñoz, 1984).

5. Fertilización y manejo de nutrientes

La fertilización es, junto con el manejo del riego, una de las variables culturales con mayor influencia en el desarrollo de la planta. La fertilización puede acelerar o retrasar el crecimiento de la planta, tanto de su parte aérea como radical; puede alterar la composición nutritiva de los tejidos, la capacidad de arraigo, la resistencia al estrés hídrico o la resistencia al frío y a enfermedades. En pocas palabras, puede afectar a todos los atributos de calidad.

En papa, la fertilización debe estar orientada a suplir las necesidades de nitrógeno. El nitrógeno favorece el desarrollo de la planta y estimula la formación y engrosamiento de los tubérculos. El nitrógeno es especialmente importante en el rendimiento del cultivo de papa ya que afecta directamente tanto a la tasa de engrosamiento como al periodo de tiempo del crecimiento del tubérculo (Moller y Reents, 2007). Convencionalmente se ha utilizado fuentes de nitrógeno químico como la urea, nitrato de amonio, y sulfato de amonio para suplir dichas necesidades ya que está disponible rápidamente para la planta. Sin embargo, existen otras alternativas más sustentables como (Infoagro, 2009; Muñoz, 1984):

5.1 Leguminosas: Las leguminosas representan un componente importante en sistemas sostenibles ya que contribuyen a la fijación biológica de nitrógeno, incrementa los rendimientos, mejora las características físicas del suelo, y ayuda a reducir enfermedades del suelo en el cultivo de papa (Stark y Porter, 2005). Idealmente, en un sistema de producción de papa, la rotación debe estar planeado de tal forma que se incluye por lo menos un 25% de leguminosas (Finckh et al., 2006).

5.2 Cultivos de cobertura: Una vez cosechada la papa, la concentración de nitratos en el suelo puede ser considerable. Por esta razón, en sistemas donde hay un manejo de nutrientes es común sembrar un cultivo de cobertura después de cosechar la papa para ayudar a evitar la erosión y aprovechar los nitratos del suelo reduciendo así que estos se lixivien (Stark y Porter, 2005).

5.3 Reducción de la intensidad de producción: Se ha demostrado que los rendimientos en papa pueden incrementar a medida que este cultivo aparece menos frecuente en un sistema de rotación. La forma convencional de cultivar papa involucra una labranza excesiva. Estas constantes alteraciones rompen los

agregados del suelo ocasionando la oxidación de la materia orgánica y erosión, disminuyendo de esta manera el contenido de materia orgánica del suelo. Si se prolonga el tiempo durante el cual se siembran cultivos de rotación, y se disminuye la frecuencia de producción de papa, los niveles de actividad enzimática microbiana y materia orgánica incrementan. En general, estas rotaciones pueden reducir la erosión, mejorar la habilidad del suelo para suplir nutrientes, aumentar la diversidad biológica, y aumentar los rendimientos (Stark y Porter, 2005).

5.4 Aplicación de estiércol y materia orgánica: Estudios han demostrado que la aplicación de estas enmiendas incrementan la longitud y densidad de las raíces en papa, lo cual mejora la absorción de agua y nutrientes (Opena y Porter, 1999). Otras ventajas es el incremento en la concentración de materia orgánica en el suelo, en la concentración de nitrógeno, en la capacidad de intercambio catiónico, y en la capacidad de retención de agua. Es importante también mencionar que la aplicación de estas enmiendas aumentan la actividad y diversidad microbiológica del suelo, la cual contribuye a una mayor absorción de nutrientes (Stark y Porter, 2005).

El uso de estiércol animal, compost, y materia orgánica en general era una parte esencial en el manejo de nutrientes hasta la llegada de la revolución verde. Es posible analizar estos materiales para determinar el aporte de nutrientes de los mismos, sin embargo es difícil determinar con exactitud la disponibilidad y el tiempo en que estos nutrientes son liberados debido a las complejas interacciones que ocurren en el suelo (Stark y Porter, 2005). Con excepción de los bioles y fertilizantes líquidos, los fertilizantes orgánicos liberan los nutrientes de una forma lenta y es muy dependiente de la humedad del suelo y la temperatura, los cuales influyen en los procesos de mineralización (Finckh et al., 2006).

Además de la dificultad que conlleva predecir el tiempo y cantidad de nutrientes que van a ser liberados por estas enmiendas, existe también el problema de la aplicación. Estos materiales usualmente son voluminosos y transportarlos como aplicarlos puede resultar costoso. A corto plazo puede parecer más conveniente el uso de fertilizantes químicos pero a largo plazo se pueden tener grandes resultados (Stark y Porter, 2005).

Otro elemento importante que debe ser provisto es el fósforo. Puesto que los suelos andinos son deficientes en fósforo, este nutriente puede ser un limitante en la producción. El fósforo es importante para la planta porque ayuda en el desarrollo de las raíces. Por otro lado, la cantidad óptima de agua requerida está entre los 750 a 1500mm. Es importante la disponibilidad de agua, sin embargo, un exceso de humedad favorece el ataque de ciertas enfermedades (Infoagro, 2009; Caviedes, 2008).

En Ecuador, los productores aplican fertilizantes químicos al suelo a la siembra, y se llega a aplicar de 10 a 12 sacos de fertilizantes compuestos por hectárea. Las formulaciones más usadas son el 10-30-10, el 18-46-00, y el 8-20-20. Existen zonas donde se aplica otra dosis de fertilizantes al rascadillo o deshierba. En el caso de abonos orgánicos, los productores lo aplican antes de o a la siembra si es que éste está disponible. Es común también la aplicación de fertilizantes foliares, los cuales suelen ser utilizados en conjunto con productos para el control de plagas y enfermedades, para recuperar el área foliar del cultivo después de un ataque de lancha o una helada (Hibon et al., 1995).

6. Cosecha y post-cosecha

La papa se cosecha manualmente en todo el país. Cuando los suelos tienden a ser arcillosos se utiliza azadón, y cuando los suelos son más sueltos (franco-arenosos) se utiliza pala. La cosecha es clasificada manualmente en cinco categorías de tamaño: primera, segunda, tercera, cuarta y cuchí. Generalmente se guarda la tercera y cuarta para semilla (Hibon et al., 1995).

7. Impactos ambientales de la fertilización química

A nivel mundial, la agricultura ha sido el principal responsable de la contaminación por nitratos en aguas superficiales. En las últimas décadas los rendimientos en la producción de papa han incrementado considerablemente como resultado de nuevas tecnologías que han posibilitado el manejo intensivo de este cultivo. Como consecuencia, ha crecido la preocupación por los impactos ambientales que puede ocasionar este tipo de manejo (Muñoz, 1984).

El nitrógeno es un nutriente limitante para el crecimiento de la papa. El nitrato (NO_3^-) es una forma de nitrógeno que puede ser absorbido directamente por la planta pero es muy susceptible a la lixiviación. El amonio (NH_4^+) es otra forma de nitrógeno que, a diferencia del nitrato, puede ser retenido en el suelo y no es susceptible a la lixiviación. La preferencia del cultivo de papa por el nitrato y no por el amonio, y la alta solubilidad del nitrato hacen de los sistemas de producción de papa una importante fuente de contaminación de nitratos, puesto que la lluvia o los sistemas de irrigación acarrean estos nitratos a diferentes zonas acuíferas. Adicionalmente, estudios acerca de la absorción de nitrógeno por las raíces de la papa, han demostrado que los fertilizantes nitrogenados son

aplicados en exceso a la tasa de aplicación óptima para obtener el máximo rendimiento (Muñoz, 1984).

En suelos donde el riesgo de lixiviación es alto es conveniente utilizar fertilizantes nitrogenados de liberación lenta para disminuir los riesgos de contaminación. Los fertilizantes de liberación lenta retrasan su disponibilidad para ser absorbidos por la planta y a la vez están disponibles por un tiempo prolongado, en comparación con otros fertilizantes. Los fertilizantes de liberación lenta incluyen aquellos que están encapsulados, revestidos, o son producto de la condensación de la urea. Entre los productos más comunes en el mercado son los materiales revestidos con polímeros. La urea revestida con polímeros (a veces llamada urea radioactiva revestida) y polímeros de urea y sulfuro (SCU) han dado excelentes resultados en situaciones donde la lixiviación es alta. El revestimiento de la urea con polímeros significa que la liberación del nitrógeno durará entre 8 y 16 semanas más, que entre las 2 y 6 semanas que duraría la urea sin revestimiento (Oliet et al., 1999). Otra ventaja de la urea revestida es que puede aplicarse más cerca de la semilla sin que exista el riesgo que quemarla, como ocurre con fertilizantes solubles (Muñoz, 1984).

A pesar de estas alternativas para evitar la contaminación, aún es necesario realizar estudios donde se determine cuando es el mejor momento para aplicar estos fertilizantes de lenta liberación de manera que este sincronizado con las necesidades de nutrientes de la planta.

8. Uso de biol (abonos líquidos) en sistemas agronómicos

Por mucho tiempo el biol era tan solo un subproducto sin importancia, procedente de biodigestores destinados a la producción de biogás. El motivo por el cual se promovía la

técnica de los biodigestores era para aprovechar los recursos orgánicos generados por la ganadería con fines energéticos. Desafortunadamente, los altos costos de construcción de los biodigestores y la falta de capacitación hicieron imposible que estos sean ampliamente utilizados. Sin embargo, el subproducto de la descomposición anaeróbica de los recursos orgánicos fue rescatado y ahora es utilizado y conocido como biol. Con el tiempo se simplificó la implementación y manejo de los sistemas de producción de biol. Igualmente se redujeron los costos y se promovió la utilización de una diversidad de materiales, especialmente aquellos de fácil acceso para los agricultores (Aparcana, 2008).

El biol es una fuente orgánica de fitorreguladores como las auxinas y giberelinas, que permiten promover actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas. El contenido de fitohormonas de un biol es uno de los principales beneficios y por ello muchos agricultores e investigadores han desarrollado fórmulas que mejoran dicho contenido (Gomero, 2005).

Los resultados de diferentes evaluaciones de campo en una diversidad de cultivos (ciclo corto, anuales, bianuales o perennes) y con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla o a la raíz han demostrado los beneficios del biol. El biol favorece al enraizamiento, incrementa la base foliar, mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, lo cual implica un aumento en los rendimientos del cultivo. Debe utilizarse diluido en agua y las aplicaciones pueden realizarse varias veces durante el desarrollo vegetativo de la planta (Gomero, 2005).

IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general:

Evaluar el rendimiento del cultivo de papa producido bajo dos tipos de fertilización, y determinar las diferencias en costos entre un sistema y otro.

2. Objetivos específicos:

2.1 Evaluar el rendimiento del cultivo de papa bajo un manejo de fertilización exclusivamente químico a diferencia de una fertilización mixta (orgánica y química).

2.2 Realizar el análisis económico de costos de producción y evaluar el margen de ganancia de ambos sistemas.

V. HIPOTESIS EXPERIMENTAL

La hipótesis nula de este experimento es que el rendimiento del cultivo de papa en un lote fertilizado únicamente con fertilizantes químicos es mayor al rendimiento de un lote con fertilización mixta, donde se utilizan tanto bioles como fertilizantes químicos para proveer de nutrientes a las plantas.

En relación al análisis económico, los costos de producción del lote fertilizado químicamente son superiores a los costos de un sistema de fertilización mixta.

VI. MATERIALES Y METODOS

Para determinar la diferencias en rendimientos y costos en la producción de papa, en base a diferentes métodos de fertilización, se realizó un experimento en la granja de la

Universidad San Francisco de Quito ubicada en la parroquia de Tumbaco, cantón Quito, Provincia de Pichincha, a 2400msnm, a una longitud de 78° 24' oeste y a una latitud de 00° 13' sur (INIAP, 1999).

Para este experimento se establecieron dos lotes de 5 metros de ancho y 32 metros de largo cada uno, es decir, cada lote tuvo 160m². La variedad utilizada, por su popularidad y por la disponibilidad de semilla, en este experimento fue la variedad Superchola. Esta es una variedad semitardía, por lo que transcurren 90 días hasta la floración y 180 días hasta la cosecha, aproximadamente (Pumisacho y Sherwood, 2002). Cada surco tuvo una longitud de 5 metros, y el espacio entre cada surco fue de 1 metro, por consiguiente, cada lote estaba compuesto por 32 surcos.

A cada lote se le dio un tratamiento de fertilización diferente. El primer lote (lote A) fue manejado con una fertilización estrictamente química, utilizando muriato de potasio, 18-46-00 y urea, mientras que la fertilización del segundo lote (lote B) se la hizo con fertilizantes orgánicos líquidos (biol) y urea. La fertilización del lote A se realizó en base al análisis químico del suelo en donde se realizó la siembra (Anexo 1). En el lote B, se aplicó la misma dosis de biol con la que se obtuvieron resultados favorables en experimentos con otros cultivos. Adicionalmente, se realizó un análisis químico del biol para determinar la concentración de nutrientes en el mismo (Anexo 2). Debido a las deficiencias de nitrógeno en el suelo se complementaron las aplicaciones de biol con urea.

La siembra de ambos lotes se realizó el 6 de Marzo del 2009. Se sembraron 2 tubérculos por sitio a una distancia de 50cm entre planta, lo cual equivale a 10 sitios por surco. El 3 de abril se aplicaron 2kg de muriato de potasio y 6kg de 18-46-00 al lote A, mientras que, una

semana después (el 10 de abril) se aplicaron 3 litros de biol disueltos en 57 litros de agua en el lote B. La urea se aplicó con el primer aporque, ocho semanas después de la siembra (el 2 de Mayo). Debido a la deficiencia de nitrógeno en el suelo, se aplicaron 4.5kg de urea en el lote A y otros 4.5kg de urea en el lote B.

Las labores culturales se hicieron para ambos lotes por igual. A la tercera y sexta semana después de la siembra se realizó la deshierba, mientras que el primer aporque se realizó ocho semanas después de la siembra. Con el aporque también se hizo otra deshierba más. Todas las deshierbas se realizaron manualmente; no se utilizó ninguna sustancia química para el control de malezas. Posteriormente, se realizó el segundo aporque 12 semanas después de la siembra y la cosecha se llevó a cabo el 23 de Julio para el lote A y el 24 de Julio para el lote B, es decir, 20 semanas después de la siembra.

Durante el experimento no hubo problemas con ningún insecto, sin embargo se evidenció la presencia de lanchara (*Phytophthora infestans*) a la sexta semana de la siembra. Para el control de esta enfermedad se utilizó sulfato de cobre (Phyton) en una dosis de 2cc/litro de agua.

Las variables que fueron medidas en este experimento fueron: altura de la planta, número de tubérculos, y peso de los tubérculos. Para medir la altura de la planta, se tomó 30 plantas al azar de cada lote. Se verificó que cada planta de la cual se obtuvo los datos tuviese competencia completa. Una vez que el tubérculo fue cosechado se seleccionó y clasificó la cosecha de cada lote. Se descartaron los tubérculos dañados (al momento de la cosecha por el azadón o por algún insecto del suelo) y se clasificaron los tubérculos en

cinco categorías: primero, segunda, tercera, cuarta, y cuchi. Se contó el número de tubérculos por para categoría y también se tomó el peso total por categoría.

Como parte del análisis de datos se obtuvo la media (promedio), mediana, moda, y valores máximos y mínimos de los datos de altura de planta. Finalmente, para las tres variables (altura, número de tubérculos, y peso), se hizo una prueba de t de Student para muestras independientes. La prueba t de Student es una prueba comúnmente usada para comparar dos grupos independientes de observaciones con respecto a una variable numérica. Igualmente, puede ser usada en aquellos casos en los que el tamaño de muestra es limitado, debido a las características del experimento a realizar (Dytham, 2003).

Para realizar el análisis económico se tomaron datos de costos de producción de diversas fuentes incluyendo casas proveedoras de insumos y agroquímicos.

VII. RESULTADOS

1. Análisis de la variable de altura de planta

Los datos mostraron que la altura promedio de las plantas del lote A fue de 42.5cm mientras que la altura promedio de las plantas del lote B fue de 34.9cm (tabla 4). Es decir, la diferencia entre la altura promedio del lote A y del lote B fue de 7.6cm.

Tabla 4: Estadística de la altura de planta

	Química	Mixta
	Lote A (cm)	Lote B (cm)
Media	42.5	34.9
Mediana	45	36.5
Moda	47	39
Mínimo	21	12
Máximo	67	52

Se realizó la prueba t de Student para comparar las medias de los dos lotes (tabla 5) en base a una muestra de 30 plantas por lote.

Tabla 5: Medias, suma de diferencia de medias, y suma de cuadrados de la altura de plantas de cada lote en cm.

Química	Mixta				
Lote A (cm)	Lote B (cm)	$\sum (X_1 - \bar{X}_1)$	$\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2$	$\sum (X_2 - \bar{X}_2)$	$\sum (X_2 - \bar{X}_2)^2$
$\bar{X}_1 = 42.53$	$\bar{X}_2 = 34.93$	0.00	3565.47	0.00	3389.87

Para determinar si las diferencias entre el lote A y B son significativas se realizaron los siguientes cálculos:

$$t = \frac{42.53 - 34.93}{10.95 \sqrt{0.0667}} = \frac{7.6}{10.95 \times 0.2582} = \frac{7.60}{2.83} = 2.688$$

Los grados de libertad son 58, siendo el nivel de confianza del 95%. En este caso, el valor crítico tabular es de 2.00. Puesto que el valor calculado sobrepasa el valor tabular se acepta

la hipótesis nula, lo cual indica que si hay diferencias significativas entre lotes, y se estable la superioridad del tratamiento a base de fertilizantes químicos (Lote A).

2. Análisis de las variables de rendimiento

Con relación al peso de los tubérculos cosechados, en total, del lote A se cosecharon 123.1kg de papa, mientras que en el lote B se cosecharon 166.2kg de papa (tabla 6).

Tabla 6: Peso de los tubérculos de cada lote y por cada categoría

Clase	Categoría (g)	Peso neto (kg) Lote A	Peso neto (kg) Lote B
Primera	> 121	2.7	8.9
Segunda	71-120	18.7	25
Tercera	51-70	25.7	30.8
Cuarta	31-50	36.2	40.6
Cuchi	<30	28.7	39.9
Mala		11.1	21
TOTAL		123.1	166.2

Los datos con los cuales se realizó la prueba t de Student para comparar pesos están dispuestos en la tabla 7.

Tabla 7: Peso de los tubérculos en cada categoría y en cada lote, incluyendo medias, suma de la diferencia de medias y suma de cuadrados.

Clase	Química	Mixta	$X_1 - \bar{X}_1$	$\sum(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$X_2 - \bar{X}_2$	$\sum(X_2 - \bar{X}_2)^2$
	Lote A (kg)	Lote B (kg)				
Primera	2.7	8.9	-17.8	317.4	-18.8	353.44
Segunda	18.7	25	-1.8	3.3	-2.7	7.29
Tercera	25.7	30.8	5.2	26.9	3.1	9.61
Cuarta	36.2	40.6	15.7	246.0	12.9	166.41
Cuchi	28.7	39.9	8.2	67.0	12.2	148.84
Mala	11.1	21	-9.4	88.7	-6.7	44.89
	$\bar{X}_1 = 20.5$	$\bar{X}_2 = 27.7$		$\sum(X_1 - \bar{X}_1)^2 = 749.2$		$\sum(X_2 - \bar{X}_2)^2 = 730.48$

El valor calculado de la t de Student se lo obtuvo mediante los siguientes cálculos:

$$t = \frac{20.52 - 27.7}{12.16 \sqrt{0.3333}} = \frac{-7.18}{12.16 \times 0.577} = \frac{-7.18}{7.02} = -1.02$$

Los grados de libertad son 10, el nivel de confianza es del 95%, y el valor crítico tabular es de 2.228. Puesto que el valor calculado no sobrepasa el valor tabular la diferencia entre el peso de los tubérculos del lote A y el lote B no es significativa, y se rechaza la hipótesis nula.

Además de pesar los tubérculos de cada categoría también se contó el número de tubérculos. El lote B fue el que tuvo la mayor cantidad de tubérculos en casi todas las categorías excepto en la categoría cuchi. En total, el lote A tuvo 3967 tubérculos mientras que del lote B se cosecharon un total de 4144 (tabla 8).

Tabla 8: Número de tubérculos en cada lote cosechado en clasificados en cinco categorías.

Clase	Categoría (g)	Número de tubérculos Lote A	Número de tubérculos Lote B
Primera	> 121	8	70
Segunda	71-120	257	306
Tercera	51-70	492	551
Cuarta	31-50	986	1030
Cuchi	<30	2224	2187
TOTAL		3967	4144

Se realizó la prueba estadística de t de Student para ver si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de tubérculos de ambos tratamientos. El análisis se realizó con un nivel de confianza del 95%. En relación al número de tubérculos los datos obtenidos están dispuestos en la tabla 8.

Tabla 9: Número de tubérculos en cada categoría y en cada lote, incluyendo medias, diferencia de medias y suma de cuadrados.

Clase	Química	Mixta	$X_1 - \bar{X}_1$	$(\bar{X}_1 - X_1)^2$	$X_2 - \bar{X}_2$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
	Lote A (kg)	Lote B (kg)				
Primera	8	70	-785.4	616853.2	-758.8	575777.44
Segunda	257	306	-536.4	287725.0	-522.8	273319.84
Tercera	492	551	-301.4	90842.0	-277.8	77172.84
Cuarta	986	1030	192.6	37094.8	201.2	40481.44
Cuchi	2224	2187	1430.6	2046616.4	1358.2	1844707.24
	$\bar{X}_1 = 793.4$	$\bar{X}_2 = 828.8$		$\sum(X_1 - X_1)^2 = 3079131.2$		$\sum(X_2 - X_2)^2 = 2811458.8$

Al realizar los cálculos a continuación se obtuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los pesos de ambos tratamientos y se acepta la hipótesis nula.

$$t = \frac{793.4 - 828.8}{858.09 \sqrt{0.4}} = \frac{-35.4}{858.09 \times 0.6325} = \frac{-35.40}{542.74} = -0.065$$

Los grados de libertad son 8, el nivel de confianza es del 95%, y el valor tabular es de 2.306. Puesto que el valor calculado no sobrepasa el valor tabular se rechaza la hipótesis nula.

3. Análisis económico

Los datos en la tabla 10 muestran los costos de producción de una hectárea de papa a partir de las labores realizadas en el experimento. Los costos se extrapolaron del experimento de 160m². Como se puede evidenciar todos los costos son los mismos en ambos casos a excepción de los costos de fertilización. Los costos de los fertilizantes químicos provinieron de las facturas de los mismos al momento en que fueron comprados. Por otro lado, el biol fue proporcionado por el Departamento de Química de la Universidad San Francisco de Quito y se le puso un precio en base a valores del mercado.

El costo de producir una hectárea de papa en base a fertilización química es de \$2497.20 y el costo de producir una hectárea de papa con fertilización mixta es de \$2003.70. La fertilización química en este caso cuesta \$835, mientras que la fertilización mixta cuesta \$341.50, es decir, la fertilización química equivale al 34% de los costos totales y la fertilización mixta equivale al 17%. Igualmente se determinó que la fertilización mixta reduce los costos de producción en casi un 20%.

Para el análisis de costos las únicas diferencias entre los dos sistemas de producción fue la fertilización. El resto de rubros son iguales para los dos lotes. Para las prácticas que no están relacionadas con la fertilización se usaron métodos amigables con el medio ambiente. En ambos casos, el único insumo utilizado para el control de enfermedades fue el cobre (phyton) y el control de malezas se lo hizo manualmente.

Tabla 10: Costos de producción de una hectárea de papa bajo fertilización química y fertilización mixta.

Actividad	Tecnología	Cantidad	Fertilización química Total (\$)/ha	Fertilización mixta Total(\$)/ha
Análisis de suelo	Análisis completo	1	19.00	19.00
Preparación del suelo	Tractor (arada, rastrada, surcada)	10 horas	100.00	100.00
Semilla	Superchola	1500 kg	475.20	475.20
Siembra		12 jornales	96.00	96.00
Fertilización	Muriato de potasio	125 kg	137.50	-
	18-46-00	375 kg	450.00	-
	Urea	281.25 kg	247.50	247.50
	Biol	187.5 lt	-	94.00
Labores culturales	Rascadillo, medio aporque, aporque	14 jornales	112.00	112.00
Control de malezas	Manual (2 veces)	6 jornales	48.00	48.00
Control fitosanitario	Lancha (phyton)	1 lt	22.00	22.00
Cosecha		70 jornales	630.00	630.00
Poscosecha		20 jornales	160.00	160.00
TOTAL			\$2497.20	\$2003.70

VIII. DISCUSION

Al analizar la altura promedio de las plantas en ambos lotes se obtuvo que las plantas del lote A fueron un 18% más altas que las del lote B, siendo la diferencia entre los lotes significativa. Esto se puede atribuir a que, a diferencia de los fertilizantes orgánicos, los nutrientes provistos por fertilizantes químicos están disponibles para las plantas de manera inmediata lo cual acelera el crecimiento de la misma.

El análisis estadístico de este experimento muestra que no hay diferencias significativas entre el peso cosechado en el tratamiento químico y el peso cosechado en el tratamiento mixto (biol y urea). Igualmente no existieron diferencias significativas en relación al número de tubérculos. Estos datos muestran que es posible reducir la fertilización química sin disminuir el rendimiento de la cosecha, sin embargo, es necesario hacer experimentos en una mayor superficie y probando diferentes dosis de biol, para poder respaldar esta información. Datos de un estudio realizado en Estados Unidos por un periodo de 3 años (1994-1996) indican que es posible reducir la fertilización química manteniendo los mismos rendimientos si es que esta fertilización se complementa con el uso de estiércol y compost. Los resultados de dicho estudio demuestran que una combinación de compost y estiércol permitieron que se reduzca el uso de fertilizantes químicos en un 52%, a la vez que se mantuvieron los rendimientos de estos sistemas (Stark y Porter, 2005). En este experimento se redujo la utilización de fertilizantes químicos en un 64% sin obtener diferencias significativas entre número o peso de tubérculos.

A pesar de que las diferencias no fueron significativas, el lote B, donde la fertilización fue mixta, tuvo un mayor número de tubérculos especialmente en la tercera categoría (51-70g). Esto es relevante ya que de la tercera categoría es de donde se obtienen tamaños de tubérculos que se pueden utilizar como semilla. Por lo tanto, este sistema de fertilización

se lo puede adoptar para cultivos cuyo fin es producir semilla, con la ventaja de que se producirían una mayor cantidad de tubérculos del tamaño deseado a un menor costo.

La variable en donde sí hubo diferencias significativas fue en la altura de la planta. La altura de las plantas en el lote A fue significativamente mayor que la altura de las plantas en el lote B. Estudios han indicado que si el nitrógeno es liberado demasiado temprano el engrosamiento del tubérculo se retrasa y da paso a un crecimiento excesivo del área vegetativa (Stark y Porter, 2005). Es posible que la dosis de nitrógeno en el 18-46-00 que se aplicó en el lote A al inicio del cultivo haya acelerado el crecimiento vegetativo en perjuicio del engrosamiento del tubérculo.

Es importante también considerar otros factores que afectan el rendimiento de un cultivo como es la disponibilidad de agua. En la papa, el estrés por falta de agua perjudica la actividad fotosintética. Si el estrés hídrico se prolonga durante la tuberización entonces los rendimientos se ven afectados severamente (Maggio et al., 2008). En este experimento no se utilizó riego y ésta es la principal razón por la cual los rendimientos fueron bajos en ambos casos. Sin embargo, como no se regó ambos tratamientos, se puede considerar que las condiciones fueron iguales. La única fuente de agua en el cultivo fue la lluvia.

Otro factor importante en el rendimiento es la incidencia de plagas y enfermedades. Ambos experimentos fueron atacados por *Phytophthora infestans* a la cual se la trató de controlar con aplicaciones de cobre en ambos lotes por igual. Cobre es un insumo permitido en las regulaciones orgánicas tanto de Estados Unidos como la Unión Europea, y con el propósito de que las prácticas agronómicas en el cultivo de papa sean más amigables con el ambiente se utilizó únicamente cobre para el control de *P. infestans*. Estudios

relacionados con la producción orgánica de papa indican que la reducción de *P. infestans* mediante aplicaciones de cobre es limitada. El uso de cobre mejora el rendimiento únicamente cuando se usan variedades cuyo engrosamiento ocurre de manera temprana y que usan eficientemente los nutrientes (Finckh et al., 2006). En este experimento se usó la variedad Superchola la cual es susceptible a *P. infestans* y es una variedad tardía (Andrade et al., 1996).

En relación al análisis económico, el sistema de producción del lote A es 20% más costoso que el lote B. Los altos costos de los fertilizantes químicos hacen que estos no sean accesibles para los pequeños productores, los cuales deben buscar otras formas para proveer de nutrientes a sus cultivos. La fertilización orgánica mediante el uso de compost y bioles ha sido siempre la alternativa. Sin embargo, si la necesidad de nutrientes de la planta es inmediata, estos fertilizantes no serían una opción adecuada. Otra gran desventaja de los fertilizantes orgánicos a diferencia de los fertilizantes químicos es que las cantidades que deben ser aplicadas para suplir las necesidades nutricionales de las plantas son elevadas.

IX. CONCLUSIONES

- El crecimiento vegetativo de una planta, y por ende la altura de la misma, está influenciada por factores tales como: la temperatura y humedad del suelo, nutrientes, tamaño de la semilla, y manejo de plagas. Algunos de estos factores no pueden ser controlados por lo cual es difícil determinar la razón por la cual la altura de la planta en el lote A es mayor que el lote B. Sin embargo, el único factor en el cual un lote se diferenció del otro fue en el manejo de nutrientes. Por esta razón se

puede asumir que la fertilización química estimula es crecimiento vegetativo de la planta.

- En el análisis del rendimiento del cultivo no se encontraron diferencias entre el un tratamiento y el otro. Esto indica que es posible complementar el uso de fertilizantes químicos con aplicaciones de otros tipos de fertilizantes como el biol sin perjudicar significativamente los rendimientos.
- Como resultado del análisis económico, los datos de este experimento demostraron que la producción de papa bajo un sistema de fertilización mixta (biol y urea, lote B) fue 20% más barata que el uso exclusivo de fertilizantes químicos. Puesto que no se encontraron diferencias en el rendimiento, este porcentaje resulta en un importante ahorro para el productor.
- A pesar de haber obtenido los resultados anteriormente mencionados se debe aclarar que este experimento es solo una muestra de los estudios requeridos para determinar las necesidades de fertilización de la papa y poder orientarla hacia una fertilización orgánica. La falta de información cuantitativa sobre los efectos de diferentes prácticas de fertilización orgánica como es la utilización de bioles, y de estiércol animal en general, ha sido una gran limitante. No se sabe por seguro cuales son los efectos de estas prácticas en el ciclo de los nutrientes, o en la eficiencia y disponibilidad de los mismos, y es necesario realizar un estudio más exhaustivo sobre los rendimientos económicos.

X. RECOMENDACIONES

- Se necesitan estudios a largo plazo y con un mayor número de tratamientos y de repeticiones para tener una mejor idea del tipo de fertilización que es más conveniente, tanto en términos de rendimiento como económicamente.
- Habría igualmente que realizar estudios que determinen cuál es la mejor época de aplicación de fertilizantes orgánicos o de liberación lenta para evitar que estos se acumulen. De este modo se podría sincronizar la liberación de dichos nutrientes con las necesidades de la planta.
- Es también importante analizar otros aspectos involucrados en el manejo sustentable de nutrientes destinados a conservar el suelo, y mantener o mejorar la productividad. Se podrían estudiar, sistemas de rotación, uso de variedades apropiadas, incorporación de residuos de la cosecha y materia orgánica en general. De esta forma se ayudaría a los agricultores a disminuir la dependencia en fertilizantes químicos.

XI. BIBLIOGRAFIA

1. Andrade, H., Revelo, J. Andrade, X. Cuesta, S. Garces, E. Carrera. 1996. Resistencia duradera en papa. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, INIAP, E.E. Santa Catalina, Quito, Ecuador (acceso: 6 de mayo de 2011) <http://www.preduza.org/pa1_8.htm>
2. Aparcana, S. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “fermentación anaeróbica” para producción de biogás. German ProfEC. Lima, Peru. Reporte No. BM-4-00-1109-1239
3. Aruquipa, E. 2007. Efeya . Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.
4. Caviedes, M. 2008. Vicedecano del Colegio de Agricultura, Alimentos, y Nutrición de la Universidad San Francisco de Quito. Comunicación personal.
5. INEC 2000. Estadísticas Agropecuarias - Censo Nacional Agropecuario. <http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_agr/cen_agr>
6. Devaux A., M. Ordinola, A. Hibon, R. Flores. 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa.
7. Dytham C. 2003. Choosing and using statistics: a biologist’s guide. Segunda edición. Blackwell Publishing. Oxford, Reino Unido.
8. Finckh M. R, E. Schulte-Geldermann, C. Bruns. 2006. Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management. Potato research. 49: 27–42
9. FAO. 2009. FAOSTAT (acceso: 23 de octubre de 2009) < www.faostat.fao.org>
10. Gomero, L. 2005. Los biodigestores campesinos: una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. RAAA. Lima, Peru.
11. Hibon A., M Vivar, H. Andrade. 1995. El sistema de cultivo de la papa en la Provincia de Cotopaxi: condiciones de producción, prácticas de los agricultores y necesidades de investigación y transferencia. MAG, FEPP, INIAP, y Fortipapa.
12. Hagman J. E., A. Martensson, U. Grandin. 2009. Cultivation Practices and Potato Cultivars Suitable for Organic Potato Production. Potato Research. 52:319–330

13. Infoagro. 2009. “El cultivo de la patata” (acceso: 27 de octubre de 2009)
<<http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm>>
14. INIAP. 2009. “Variedades INIAP” (acceso: 11 de noviembre de 2009).
<www.iniap-ecuador.gov.ec>
15. INIAP. 1999. “Estudio de dos sistemas de poda y numero de tallos en el cultivo de la mora (Rubus sp.) Tumbaco – Pichincha.” Informe Técnico Anual INIAP (Ecuador).
16. Maggio A., P. Carillo, G. S. Bulmetti, A. Fuggi. G. Barbieri, S. Pascale. 2008. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. *European Journal of Agronomy*. 28: 343-350.
17. Moller K. y H. J. Reents. 2007. Impact of Agronomic Strategies (Seed Tuber Pre-sprouting, Cultivar Choice) to Control Late Blight (*Phytophthora infestans*) on Tuber Growth and Yield in Organic Potato (*Solanum tuberosum* L.) Crops. *Potato Research*. 50:15–29
18. Montesdeoca, F. 2000. Análisis del Mercado de la Papa para la Agroindustria en el Ecuador (acceso: 14 de marzo de 2011)
<http://infoagro.net/shared/docs/a5/dcomercializacion14.PDF>.
19. Muñoz, F. 1984. Manual del cultivo de papa. Boletín Técnico N° 5. . Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador.
20. Oliet J., M. Segura, F. Martin, E. Blanco, R. Serrada, M. Lopez, F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Invest Agr Sist Recur For* 8(1):207–228.
21. Opena G.B., y G.A. Porter. 1999. Soft management and supplemental irrigation effects on potato: II Root growth. *Agronomy Journal*. 91:426-431.
22. Palacios, M. 1997. Principales plagas de la papa. Manual de capacitación. Centro Internacional de la Papa (CIP). Fascículo 3.7.
23. Pumisacho M., S. Sherwood. 2002. El cultivo de la papa en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador.

24. SICA. 2009. “Situación y perspectiva de la papa en el Ecuador” (acceso: 17 de noviembre de 2009) < www.sica.gov.ec >
25. Stark J.C., y G.A. Porter. 2005. Potato Nutrient Management in Sustainable Cropping Systems. American Journal of Potato Research. 82:329-338
26. USDA. 2010. National Nutrient Database for Standard Reference. (acceso: 11 de febrero de 2011) <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl>
27. Velásquez, J. 2008. Director del programa de semillas del INIAP. Comunicación personal. Telf: 02 2690 695



INFORME DE ANALISIS
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Km Inverosolima Km 14 Granja del NIG Tumbayo Teléfono: 3372 844 Telfax: 3372 885



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS
 ORGANISMO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS
 AGROCALIDAD

de informe: 357

Localización: PICHINCHA - QUITO - TUMBAYO

Remitente: GRANJA EXPERIMENTAL INIAP (U.S.F.Q.)
 Fecha de ingreso al Laboratorio: Marzo, 10 de 2009,

Fecha de Informe: Marzo, 23 de 2009,

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O. %	N Total %	P PPM	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Fe PPM	Mn PPM	Cu PPM	Zn PPM	Clase Textural
798	M - 1	6.91	2.25	0.11	47.5	0.66	8.1	2.96	48.2	8.4	6.5	2.9	Franco Arenoso,

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente
 Se prohíbe la reproducción parcial del informe

	pH
Ácido	5.5
Ligeramente Ácido	5.6-6.4
Prácticamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O. %	N %	P PPM	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Fe PPM	Mn PPM	Cu PPM	Zn PPM
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1

INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)

Anexo 2: Análisis del biol

Apariencia:	Café – verdosa, turbio
Olor:	Intenso

Análisis Químico

Materia Sólida	TS	%	1.41
Materia Sólida Orgánica	oTS	%	64.47
Valor de pH		-	5.8
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	20000
Contenido de Nitrógeno Total	Ntotales	mg/l	5050
Contenido de Calcio	Ca	mg/l	940
Contenido de Fósforo	P	mg/l	182
Contenido de Magnesio	Mg	mg/l	131
Contenido de Potasio	K	mg/l	532
Contenido de Sodio	Na	mg/l	52.90
Contenido de Cobre	Cu	mg/l	0.27
Contenido de Hierro	Fe	mg/l	140
Contenido de Manganeso	Mn	mg/l	5.40
Contenido de Zinc	Zn	mg/l	16.40
Contenido de Azufre	S	mg/l	68.70

Análisis Microbiológico

Coliformes totales	Promedio 0 UFC*	0
E. coli total	Promedio 0 UFC*	0

*Análisis microbiológico: sin dilución (factor 1)

Comentarios:

El biol fue obtenido del proceso de digestión anaeróbica durante 1 semana de operación y estabilización con tratamiento térmico a 80°C por 1 hora.

Anexo 3: Datos de la altura de las plantas

#	Quimica	Mixta	$X_1 - X_1$	$(X_1 - X_1)^2$	$X_2 - X_2$	$(X_2 - X_2)^2$
	Lote A (cm)	Lote B (cm)				
1	47	22	4.5	20.0	-12.9	167.27
2	67	42	24.5	598.6	7.1	49.94
3	50	27	7.5	55.8	-7.9	62.94
4	21	39	-21.5	463.7	4.1	16.54
5	44	16	1.5	2.2	-18.9	358.47
6	53	33	10.5	109.6	-1.9	3.74
7	30	20	-12.5	157.1	-14.9	223.00
8	52	30	9.5	89.6	-4.9	24.34
9	33	15	-9.5	90.9	-19.9	397.34
10	37	39	-5.5	30.6	4.1	16.54
11	59	35	16.5	271.2	0.1	0.00
12	45	12	2.5	6.1	-22.9	525.94
13	25	32	-17.5	307.4	-2.9	8.60
14	40	38	-2.5	6.4	3.1	9.40
15	49	39	6.5	41.8	4.1	16.54
16	53	28	10.5	109.6	-6.9	48.07
17	46	27	3.5	12.0	-7.9	62.94
18	44	45	1.5	2.2	10.1	101.34
19	35	40	-7.5	56.8	5.1	25.67
20	55	28	12.5	155.4	-6.9	48.07
21	29	46	-13.5	183.2	11.1	122.47
22	50	40	7.5	55.8	5.1	25.67
23	48	34	5.5	29.9	-0.9	0.87
24	27	43	-15.5	241.3	8.1	65.07
25	26	34	-16.5	273.4	-0.9	0.87
26	43	52	0.5	0.2	17.1	291.27
27	46	52	3.5	12.0	17.1	291.27
28	47	44	4.5	20.0	9.1	82.20
29	45	49	2.5	6.1	14.1	197.87
30	30	47	-12.5	157.1	12.1	145.60
X	42.53	34.93	0.0	3565.5	0.0	3389.87

N_1	30
N_2	30
GL	58