

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD AGROECOLOGÍA



**“EFECTO DE EXCRETA DE LOMBRIZ Y BIOL VS
FERTILIZANTES QUÍMICOS SOBRE RENDIMIENTO Y
CALIDAD DE TUBÉRCULOS DE PAPA NATIVA (*Solanum
tuberosum spp andigena*)”**

TESIS

PRESENTADO POR :

Ing. ZACARIAS CUTIPA CHURA

PARA OPTAR EL GRADO DE:

MAGÍSTER SCIENTIAE

EN AGROECOLOGÍA

PROMOCIÓN 2002 - 2003



PUNO - PERÚ

2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

BIBLIOTECA CENTRAL

Fecha ingreso: 02 OCT. 2012

Nº 00218

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD AGROECOLOGIA

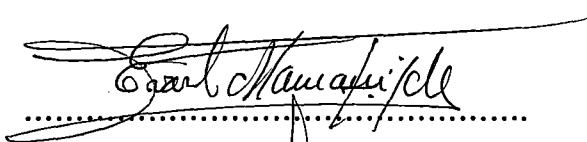
**“EFECTO DE EXCRETA DE LOMBRIZ Y BIOL VS
FERTILIZANTES QUIMICOS SOBRE RENDIMIENTO Y
CALIDAD DE TUBERCULOS DE PAPA NATIVA (*Solanum
tuberosum spp andigena*)”**

TESIS

Presentado por el Ing. Zacarías Cutipa Chura, a la Escuela de Post Grado,
Maestría en Agricultura Andina de la UNA – Puno, para Optar el Grado de
Magíster Scientiae en Agroecología.

Aprobada por:

PRESIDENTE:



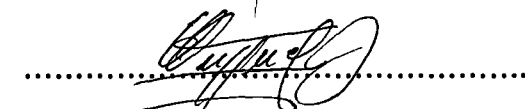
Ing. M. Sc. Evaristo Mamani Mamani

JURADO:



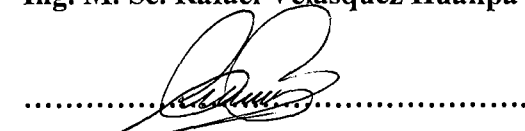
Ing. M. Sc. Rosario Bravo Portocarrero

JURADO:



Ing. M. Sc. Rafael Velásquez Huallpa

ASESOR:



Ing. M. Sc. Pablo Cesar Aguilar Aguilar

DEDICATORIA

*Con profundo amor a mi abnegada y
sacrificada Esposa Delia Nelly.
Con ternura y adoración a mis hijos
Anatoly Jasmani, Nelly Marilia y
Susan Elisa; los mejores tesoros,
que son motivos de mi existencia.*

*A la memoria de mis padres Modesto
(+) y Felicia (+), quiénes desde el
cielo me guían y protegen mi
destino.*

*A todos los amigos que han apoyado
en forma desinteresada y constante,
en la culminación del presente
trabajo de investigación.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar expresa mis sinceros agradecimientos:

Al Ing. M. Sc. Pablo Cesar Aguilar Aguilar, por la disposición de tiempo y su apoyo incondicional en el asesoramiento y enseñanzas, durante la conducción y culminación del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado calificador de Tesis de Grado: Presidente M. Sc. Evaristo Mamani Mamani, primer miembro M. Sc. Rosario Bravo Portocarrero y segundo miembro M. Sc. Rafael Velásquez Huallpa por las correcciones y sugerencias que han enriquecido el documento final.

A los productores líderes de la Asociación de Productores Agropecuarios San Pedro de Kakeni - Comunidad de Cusini, Distrito de Acora, Provincia y Departamento de Puno, por apostar y promover la agricultura orgánica, implementando la producción de abonos orgánicos (humus de lombriz y biol); por su apoyo en trabajos de campo, realizando labores culturales y agronómicas del presente experimento.

A la Institución Asociación Solaris Perú Terras Acora, por fomentar el uso de abonos orgánicos y por darme la oportunidad de incursionar en el tema de agricultura orgánica, que promueve el desarrollo integral de las familias, mediante la implementación de proyectos productivos integrales en las comunidades de la zona de Acora, Ilave y Pilcuyo, cuyas actividades que se implementa en el componente de recursos naturales, es precisamente la producción de abonos orgánicos (humus de lombriz y biol).

CONTENIDO

	Página
ABSTRACT	12
RESUMEN	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.1.1 Producción y productividad de la papa	19
A. Distribución y Adaptación.....	19
B. Factores de Producción.....	29
C. Rendimientos de papa.....	23
D. Calidad de la papa.....	23
D1. Calidad nutricional.....	25
D2. Calidad de tubérculos para la industria.....	26
D3. Efecto tóxico de nitratos en la papa.....	28
2.1.2 Abonos y fertilizantes.....	29
A. Fertilización de la papa.....	29
B. Requerimiento de nutrientes de las plantas.....	31
C. El nitrógeno y sus compuestos.....	32
C1. Ciclo del nitrógeno.....	33
C2. El nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de cultivos.....	38
D. Contaminación con fertilizantes.....	39
D1. Elementos o Sustancias Contaminantes.....	40
D2. El Nitrógeno como agente contaminante.....	41
D3. Contaminación de Suelos Agrícolas.....	44
D4. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.....	44
D5. Contaminación de la atmósfera.....	46
D6. Efectos de nitrógeno en la salud humana.....	47
2.1.3 Agricultura orgánica.....	48
A. Definición.....	48

B. Materia Orgánica.....	50
C. Agricultura orgánica y control de contaminación.....	54
2.1.4 Abonos orgánicos.....	54
A. Definición.....	54
B. Abonos orgánicos en el suelo agrícola.....	55
C. Beneficios de abonos orgánicos.....	57
D. Abonos orgánicos y contaminación.....	59
E. Tipos de Abonos orgánicos.....	60
E1. Estiércol.....	60
E2. Composta.....	61
E3. Humus.....	62
E4. Excreta de lombriz “Humus de lombriz”.....	64
E5. Abono orgánico líquido (Biol).....	69
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	71
2.2.1 Abonos orgánicos en cultivos en general.....	71
2.2.2 Abonos orgánicos en el cultivo de papa.....	72
A. Humus de Lombriz en el Cultivo de Papa.....	73
B. Biol en el cultivo de papa.....	76
2.2.4 Contaminación del ambiente con nitrógeno.....	79
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
3.1 EL MEDIO EXPERIMENTAL.....	81
3.1.1 Localización del área experimental.....	81
3.1.2 Características edáficas.....	81
3.1.3 Comportamiento del medio climático.....	83
3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	86
3.2.1 Experimento I.Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de papa.....	87
3.2.2 Experimento II:Contraste entre abonos orgánicos y fertilizantes químicos.....	96
3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	100
3.4 ESTRATEGIA OPERATIVA DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	101
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	103
3.5.1 Análisis químico del tubérculo.....	103
3.5.2 Medición rendimiento y número de tubérculos.....	103

3.5.3	Medición de caracteres vegetativos del follaje.....	104
3.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	104
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	105
4.1	NIVELES APROPIADOS DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS...105	
4.1.1	Rendimiento de tubérculos al efecto de abonos orgánicos.....105	
	a) Efecto de repeticiones (años por variedad).....	105
	b) Ajuste cuadrático de la función de respuesta.....	106
	c) Estimado de dosis o niveles apropiados de abonos orgánicos.....	111
4.1.2	Respuesta de caracteres morfológicos al efecto de abonos orgánicos.....	115
	a) Efecto de ambientes (Repeticiones año x variedad).....	115
	b) Ajuste cuadrática de la función.....	117
	c) Estimado de dosis o niveles apropiados de abonos orgánicos.....	123
4.2	CONTRASTE ENTRE ABONOS ORGANICOS Y ABONOS QUIMICOS....	124
4.2.1	Contenido de Nitratos en los tubérculos.....	124
4.2.2	Contenido de Materia Seca en los tubérculos.....	126
4.2.3	Comportamiento de rendimiento de tubérculos.....	128
4.2.4	Caracteres Morfológicos.....	130
V.	CONCLUSIONES.....	133
VI.	RECOMENDACIONES.....	135
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	137
VIII.	ANEXOS.....	154

INDICE DE CUADROS

II. MARCO TEORICO	19
Cuadro 2.1 Composición nutricional de una papa de tamaño medio de 1/3 libra.....	26
Cuadro 2.2 Funciones de nutrientes químicos.....	31
Cuadro 2.3 Los principales sustancias que tienen efectos en la salud humana.....	41
Cuadro 2.4 Composición química del estiércol de animales.....	61
Cuadro 2.5 Composición química de humus de lombriz.....	74
Cuadro 2.6 Otros componentes del humus de lombriz.....	75
Cuadro 2.7 Componentes del biol, en base al estiércol de vacuno.....	77
Cuadro 2.8 Composición química del biol.....	78
Cuadro 2.9 Análisis químico del abono foliar orgánico.....	78
III. MATERIALES Y METODOS	81
Cuadro 3.1 Análisis de fertilidad del suelo de Cusini.....	83
Cuadro 3.2 Arreglo de tratamientos de factorial básico 2 ²	89
Cuadro 3.3 Coeficientes y niveles reales de los factores humus de lombriz y biol para el diseño experimental.....	90
Cuadro 3.4 Arreglo de tratamientos axiales (2*2).....	90
Cuadro 3.5 Arreglo de tratamientos centrales (c).....	91
Cuadro 3.6 Resumen de análisis de varianza del modelo de regresión.....	94
Cuadro 3.7 Valores de varianzas, Cochran calculados y Tabular de las variables de respuesta, Cusini 2004-05.....	99
Cuadro 3.8 Cantidad de macronutrientes en los abonos orgánicos.....	100
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	105
Cuadro 4.1 Grupos Duncan ($\alpha = 0.05$) de rendimientos de tubérculos según Repeticiones (año x variedad), cusini 2004-05.....	106
Cuadro 4.2 Coeficientes de la ecuación de regresión por campañas agrícolas y variedades en la localidad de Cusini.....	107
Cuadro 4.3 Valores máximos de variables de respuesta producidos en la variedad imilla blanca por niveles recomendables de humus de lombriz y biol en la localidad de Cusini, 2004-05.....	112
Cuadro 4.4 Valores máximos de variables de respuesta producidos en la	

variedad imilla negra por niveles recomendables de humus de lombriz y biol en la localidad de Cusini, 2004-05.....	112
Cuadro 4.5 Valores máximos de variables de respuesta producidos en la variedad imilla negra por niveles recomendables de humus de lombriz y biol en la localidad de Cusini, 2005-06.....	113
Cuadro 4.6 Grupos Duncan ($\alpha = 0.05$) de numero de tallos según repeticiones (año x variedad), Cusini 2004-05.....	115
Cuadro 4.7 Grupos Duncan ($\alpha = 0.05$) de numero de tubérculos según repeticiones (año x variedad), Cusini 2004-05.....	116
Cuadro 4.8 Grupos Duncan ($\alpha = 0.05$) de altura de planta según repeticiones (año x variedad), Cusini 2004-05.....	117
Cuadro 4.9 Coeficientes de la ecuación de regresión de altura de planta por campaña agrícola 2004-05 y variedades en la localidad de Cusini.....	118
Cuadro 4.10 Coeficientes de la ecuación de regresión de numero de tallos por campañas agrícolas y variedades en la localidad de Cusini.....	120
Cuadro 4.11 Coeficientes de la ecuación de regresión numero de tubérculos por campañas agrícolas y variedades en la localidad de Cusini.....	122
Cuadro 4.12 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonos en contenido de nitratos de tubérculos de papa, Cusini 2004-05.....	124
Cuadro 4.13 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonamientos en materia seca (%) de tubérculos de papa, Cusini 2004-05...	127
Cuadro 4.14 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonamientos en rendimiento de tubérculos (tm/ha) de papa, Cusini 2004-05.....	129
Cuadro 4.15 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonamientos en número de tubérculos de papa, Cusini 2004-05.....	129
Cuadro 4.16 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonamientos en altura de planta (cm) de papa, Cusini 2004-05.....	131
Cuadro 4.17 Diferencias entre niveles de los factores variedades y abonamientos en número de tallos de papa, Cusini 2004-05.....	132

INDICE DE GRAFICOS

II. MARCO TEORICO.....	19
Grafico 2.1 Ciclo de nitrógeno.....	37
III. MATERIALES Y METODOS.....	81
Gráfico 3.1 Tendencias de temperatura y precipitación durante la campaña agrícola 2004-05 Estación Meteorológico SENAMHI Ilave.....	84
Gráfico 3.2 Tendencias de temperatura y precipitación durante la campaña agrícola 2005-06 de la Estación Meteorológico SENAMHI Ilave.....	86
Gráfico 3.3 Croquis de la distribución de tratamientos en el diseño de campo del experimento I.....	92
Gráfico 3.4 Croquis de la distribución de tratamientos en el diseño de campo del experimento II.....	97
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	105
Gráfico 4.1 Tendencia de la superficie de respuesta de rendimiento de tubérculos (TM/ha) de imilla blanca como efecto de abonos orgánicos, 2004-05.....	108
Gráfico 4.2 Tendencia de la superficie de respuesta de rendimiento de tubérculos (TM/ha) de imilla negra como efecto de abonos orgánicos, 2004-05.....	109
Gráfico 4.3 Tendencia de la superficie de respuesta de rendimiento de tubérculos (TM/ha) de imilla negra como efecto de abonos orgánicos, 2005-06.....	110
Gráfico 4.4 Tendencia de la superficie de respuesta de altura de planta (cm) de imilla negra como efecto de abonos orgánicos, Cusini 2004-05.....	119
Gráfico 4.5 Tendencia de la superficie de respuesta de número de tallos de imilla negra como efecto de abonos orgánicos, 2005-06.....	121
Gráfico 4.6 Tendencia de la superficie de respuesta de número de tubérculos de imilla negra como efecto de abonos orgánicos, 2004-05.....	122

INDICE DE FOTOGRAFIAS

- Foto 1. Cultivo de papa Variedad Imilla Negra e Imilla Blanca, en pleno crecimiento, campaña agrícola 2005-06, Localidad de Cusini..... 164
- Foto 2. Efecto de helada negra al cultivo de papa (variedad Imilla Blanca), campaña agrícola 2005-06, localidad de Cusini, fecha de ocurrencia 17/01/06..... 164
- Foto 3. Buen desarrollo del follaje del cultivo de papa variedad Imilla Blanca antes de floración, con aplicación de NPK 160-140-100, Localidad de Cusini, 2004-05..... 165
- Foto 4. Regular desarrollo foliar, en cultivo de papa aplicado con abono orgánico (humus y biol), Localidad de Cusini, campaña agrícola 2004-05... 165
- Foto 5. Variedad Imilla Negra con aplicación de abono orgánico, en floración, Localidad de Cusini, Campaña Agrícola 2004-05..... 165
- Foto 6. Variedad Imilla Blanca con aplicación de abono orgánico, en plena floración, Localidad de Cusini, Campaña Agrícola 2004-05..... 166

ABSTRACT

The investigation work "Effect of excrete of worm and "Biol" VS chemical fertilizers above the yield and quality of tubers of native potato (*Solanum tuberosum spp andigena*) it was developed in the town of Cusini, District of Acora, County of Puno and Department of Puno (Peru); the objectives were: to) To determine the appropriate levels of application of organic fertilizer (excrete of worm and "Biol") in the yield of potato tubers, and b) To compare the content of nitrates, dry matter and yields of tubers in native potatoes, with application of the excrete of worm and "Biol" (organic fertilizer) and chemical fertilizers.

To achieve the objectives, it was settled two parallel experiments; in the first experiment it was determined the quadratic tendency and their maximum point of inflection of the yield in function to the fertilize factors (dose of Humus of Worm and "Biol"), using the Compound Central Rotable Design whose treatments correspond to the relationship $2^2 + 2*2 + c$ (factorial basic, axial and central) with 13 treatments, repeated three times (variety "Imilla Blanca" and "Imilla Negra" in year 2005 and "Imilla Negra" year 2006). In the second experiment, to contrast the effects of chemical fertilizers and organic fertilizer on quality and yield of potato tubers. The experiment include two factors, with two levels each one (2^2 = organic fertilizer and chemical fertilizer; variety of native potato "Imilla Blanca" and "Imilla Negra"), driven in a Random Complete Block Design with four repetitions.

The environmental factor conformed by the combination of agricultural campaigns and varieties of native potatoes, they influence significantly on the quadratic tendency of the tuber yield and on other variables. The tendencies of answer surface in the three environments are convex, it allowed to achieve the appropriate levels to obtain the maximum yield of potato's tuber, in variety "Imilla Blanca", 23.5 t/ha was estimated with dose of 1.751 t/ha of worm humus and 191.63 l/ha of "Biol"; with variety "Imilla Negra" 23.30 t/ha was estimated with dose of 1.79 t/ha of the worm humus and 213 "Biol" l/ha. The estimates of other answer variables: plant height, number of shafts and number tubers for plant in the majority of the cases they corroborate the levels estimates for the yield of tubers.

The application of chemical fertilizers trough the half formulation of NPK 160-140-100 produced bigger nitrate content (19.28 mg/0.5 g) that organic fertilizer (16.43 mg/0.5 g); the tubers of variety "Imilla Negra" contains bigger quantity of nitrates that variety "Imilla Blanca". The organic fertilizer produced bigger content of dry matter (24.54%) that chemical fertilizer (21.92%), it is the best texture obtained, very important in the swallow of foods. However, the fertilization with chemical fertilizer produced double yield of tubers (43 t/ha) respect to the organic fertilizer (22.44 t/ha); equal result was obtained respect to the number of tubers with chemical fertilizer (35.8 tubers / it plants) that overcomes to the organic one (23.3 tubers / it plants). It also exists bigger number of shafts and plant height with chemical fertilizers.

RESUMEN

El trabajo de investigación “Efecto de excreta de lombriz y biol VS fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (*Solanum tuberosum spp andigena*)” se desarrolló en la localidad de Cusini, Distrito de Acora, Provincia de Puno y Departamento de Puno (Perú); los objetivos fueron: a) Determinar los niveles apropiados de aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) en el rendimiento de tubérculos de papa, y b) Comparar el contenido de nitratos, materia seca y rendimientos de tubérculos en papas nativas, con aplicación de excreta de lombriz y biol (abonos orgánicos) y fertilizantes (abonos químicos).

Para lograr los objetivos, se instaló dos experimentos paralelos; en el primer experimento se determinó la tendencia cuadrática y su punto máximo de inflexión del rendimiento en función a los factores de abonamiento (dosis de Humus de Lombriz y Biol), utilizando el Diseño Central Compuesto Rotable, cuyos tratamientos corresponden a la relación $2^2 + 2*2 + c$ (factorial básico, axial y central) con 13 tratamientos, repetidos tres veces (variedad Imilla Blanca e Imilla Negra en año 2005 e Imilla Negra año 2006). En el segundo experimento, para contrastar los efectos de fertilizantes químicos y abonos orgánicos sobre calidad y rendimiento de tubérculos de papa. El experimento comprende dos factores, con dos niveles cada una (2^2 = Abonamiento orgánico y fertilizante químico; variedad de papa nativa Imilla Blanca e Imilla Negra), conducido en un Diseño Bloque Completo Aleatorio con cuatro repeticiones.

El factor ambiental conformado por la combinación de campañas agrícolas y variedades de papas nativas, influyen significativamente sobre la tendencia cuadrática del rendimiento de tubérculo y sobre otras variables. Las tendencias de superficie de respuesta en los tres ambientes es convexa, permitió lograr los niveles apropiados para

obtener el máximo rendimiento del tubérculo de papa, en variedad Imilla Blanca, se estimó 23.5 TM/ha con dosis de 1.751 TM/ha de humus de lombriz y 191.63 l/ha de Biol; con variedad Imilla Negra se estimó 23.30 TM/ha con dosis de 1.79 TM/ha del humus de lombriz y 213 l/ha de biol. Los estimados de otras variables de respuesta: altura de planta, número de tallos y número tubérculos por planta en mayor de los casos corroboran los niveles estimados para el rendimiento de tubérculos.

La aplicación de fertilizantes químicos mediante la formulación media de NPK 160-140-100 produjo mayor contenido de nitrato (19.28 mg/0.5 g) que abonamiento orgánico (16.43 mg/0.5 g); los tubérculos de variedad Imilla Negra contiene mayor cantidad de nitratos que variedad Imilla Blanca. El abonamiento orgánico produjo mayor contenido de materia seca (24.54 %) que abonamiento químico (21.92 %), es la mejor textura obtenida muy importante en la ingesta de alimentos. Sin embargo, el abonamiento con fertilizante químico produjo el doble de rendimiento de tubérculos (43 TM/ha) respecto al abonamiento orgánico (22.44 TM/ha); igual resultado se obtuvo respecto al número de tubérculos con abonamiento químico (35.8 tubérculos / planta) que supera al orgánico (23.3 tubérculos/planta). También existe mayor número de tallos y altura de planta con fertilizantes (químico).

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) constituye un alimento indispensable en la dieta popular de la zona andina; sin embargo, su producción es de alto riesgo y requiere optimizar los costos de producción, la calidad del producto y conservación del recurso suelo.

En los suelos del Altiplano de Puno, durante los últimos años hay indicios de deterioro, por causa de muchos factores que están involucrados en el manejo de este recurso. Uno de los problemas es el uso irracional de fertilizantes sintéticos para restaurar los nutrientes que extraen los cultivos año tras año, y sobre todo el uso indiscriminado de pesticidas en la mayoría de zonas de producción de la papa, para proteger los cultivos del ataque de plagas y enfermedades.

La aplicación irracional de fertilizantes químicos en la agricultura intensiva que el agricultor realiza para obtener el máximo rendimiento de sus cosechas; trae como consecuencia la presencia de residuos tóxicos primeramente en los suelos agrícolas, de ahí estos residuos pueden ser transportados por el agua a otros suelos, ríos, lagunas e inclusive a gran cúmulo de agua como es el lago y mares; los cuales se reportan como causa del desequilibrio ecológico y de la alteración de la biología del suelo (Bird, 1987)¹. Además, de estos suelos contaminados los cultivos alimenticios pueden absorber estos residuos tóxicos, acumular en sus órganos de reserva, y al ser utilizado como alimento por los humanos, pueden afectar gradualmente en la salud de estos últimos y de animales.

¹ Citado por: Iriarte, L. et. al. 1999. Efecto de abonos orgánicos sobre las poblaciones de nematodos y la producción de la papa.

Además, con la aplicación de fertilizantes sintéticos se atenta contra la calidad de los tubérculos de papa por incrementar el contenido de agua, que aumentan su peso y con ello la producción, en detrimento de la producción de materia seca que está relacionado con la textura de la pulpa del tubérculo y su inocuidad. Es decir, los tubérculos de papa cosechados con aplicación de fertilizantes sintéticos presentan una composición química diferente a los aplicados con abonos orgánicos; además de contener residuos tóxicos (nitratos), la calidad culinaria es baja por la textura aguanosa, no agradable para el consumo humano.

Sin embargo, existen muchas alternativas para la producción en limpio de cultivos, como es la utilización de abonos orgánicos. En la región altiplánica de Puno y en las zonas rurales de todo el país, desde tiempos inmemoriales se utiliza el estiércol del ganado en la producción de papa en sus diferentes grados de descomposición; es decir desde “guano” fresco hasta estiércoles descompuestos (composta) en sus corrales de ganado. Actualmente, no es ajeno a los pequeños productores el uso de abonos orgánicos más y mejor elaborados en calidad de nutrientes para los cultivos, inclusive estos agricultores con la ayuda de algunas instituciones de desarrollo, elaboran o procesan la composta, humus de lombriz y abonos orgánicos líquidos como el Biol.

Sobre abonos orgánicos en general, se dice que es un abono natural, un excelente enmienda para mejorar las propiedades del suelo. Se ha demostrado, que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo (Kolmans y Vasquez, 1995). Además estos abonos aportan materia orgánica al suelo y su efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Guerrero 1993, Miranda 1997) se puede mencionar: i) aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas tales como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, cobre, hierro, magnesio, etc.; ii) activa biológicamente el suelo, al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición que sirven de fuente de carbono a los

microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno, estos últimos producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido-indol-acético; y iii) la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo.

Pero en la mayoría de los suelos que son arenosos, muy pobres en materia de orgánica y de baja fertilidad; la aplicación de abonos orgánicos es indispensable y obligatoria; el problema está en que no se dispone de suficiente cantidad de ellos; por consiguiente, es imposible pensar en hacer una sustitución inmediata de los fertilizantes minerales por los fertilizantes orgánicos. La propuesta intermedia de la fertilización orgánico-mineral; es decir mezclar abonos orgánicos y minerales, se propicia una beneficiosa asociación: los minerales enriquecen nutritivamente a los orgánicos y éstos protegen a los primeros de pérdida por lixiviación, volatilización y fijación, disminuyendo la posibilidad de contaminaciones.

Los resultados obtenidos son muy interesantes, se explica la influencia del ambiente sobre el rendimiento de variedades de papa, su grado de recuperación al daño causado por las heladas; se estima los niveles apropiados de abonos orgánicos en el rendimiento de tubérculos y de otros indicadores, previa estimación de la tendencia de superficie de respuesta; se comprueba la calidad del tubérculos de papa con abonamiento orgánico frente al abonamiento sintético; sin embargo, resultados no son muy alentadores, sobre el abonamiento orgánico respecto al fertilizante sintético en rendimiento de tubérculos. Estos resultados se presentan en forma resumida en la parte de conclusiones del presente trabajo.

En las Comunidades Campesinas del Departamento de Puno, si bien existe la experiencia del uso de estiércol en el cultivo de papa; como conocimiento es todavía incipiente, se requiere identificar problemas trascendentes; por ejemplo, ¿Cómo afecta la

aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes sintéticos en el rendimiento y calidad de los tubérculos en variedades nativas? Es una interrogante muy amplia y su solución involucra un programa de investigación sostenible que vaya desglosando gradualmente las ventajas, desventajas y la sostenibilidad de abonamiento orgánico.

Para contribuir con esta problemática se ha planteado los siguientes objetivos de la investigación:

a) Objetivo General

Evaluar el rendimiento y calidad de tubérculos de papa, por efecto de aplicación de abonos orgánicos (humus de lombriz y biol) en contraste con fertilizantes sintéticos.

b) Objetivos Específicos

Determinar los niveles apropiados de aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) en el rendimiento de tubérculos de papa, y

Comparar el contenido de nitratos, materia seca y rendimientos de tubérculos en las papas nativas, con aplicación de excreta de lombriz y biol (abonos orgánicos) y fertilizantes (abonos químicos).

II. MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Producción y productividad de la papa

La papa es uno de los cultivos alimenticios más importantes en los países en desarrollo, así como también en países desarrollados; la papa se ubica dentro de los cinco primeros en volumen, y como fuente de energía aporta alrededor de un sexto de las calorías que suministran el arroz, el trigo, o el maíz (Horton, 1992).

En la Región Puno, el cultivo más importante que contribuye a la alimentación de la población es la papa; cada habitante consume anualmente entre 100 a 121 kg de papa (Ccama, 1991), representando un área cultivada de 29,839 ha; y el rendimiento promedio es de 6.1 t/ha (Cahuana y Arcos, 2002).

A. Distribución y Adaptación

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp *andigenum*) constituye el cultivo prioritario en la Sierra y Puna, con variedades adaptadas a cada una de las diferentes zonas agro ecológicas de estas macro regiones (Ravines, 1978), sobre todo en regiones ubicadas entre 3000 a 4000 msnm, con variedades domesticadas en épocas muy antiguas (Puma, 1979). La plasticidad del cultivo de papa es más amplia considerando el factor altitud,

con mayor difusión en la zona templada sobre los 2000 msnm (Christiansen, 1967); además, se reporta que en el Perú las evidencias arqueológicas explican que el cultivo de papa existió mucho antes de la época de los Incas, se remonta a las culturas de la sierra (Tiahuanaco) hasta en la costa desértica (Chimú y Nazca) (Vasquez, 1988). En la actualidad estas evidencias han sido ampliamente confirmadas, no sólo en la costa, también en la selva a 180 msnm (Centro Internacional de la Papa, 1991).

El Altiplano de Puno, ubicado sobre los 3800 msnm, es uno de los centros de origen del cultivo de papa (*Solanum spp*), presenta gran variabilidad genética; se cultivan variedades nativas de papa dulce y amarga. Entre las papas nativas dulces destacan las variedades Ccompis, Imilla Negra, Imilla Blanca, Sutamari, Vaca Lajra, Lujta Para, Allca Imillas, Puca Mari, Mari Negra, Allca Tarma, Chiquiñas, Pitiquiñas, Lomos, etc. (Cahuana y Arcos, 1993; Canahua, et. al. 2002). Las primeras variedades de papa con valor comercial son originarias de los andes, y fueron llevadas por los españoles a Europa, distribuyéndose luego por todo el mundo, para constituirse en el alimento más importante de la humanidad como fuente de energía, ya que produce de 2 a 4 veces más que el maíz y 6 a 10 más que los cereales pequeños o de cosecha fina (Jaramillo, 1977).

El cultivo de papa en el Altiplano de Puno es importante, por su gran capacidad de adaptación a diferentes zonas agro ecológicas; existe un área aproximado de 40,000 has/año y además constituye el componente más importante en la dieta del poblador rural y urbano, en sus diferentes formas de preparación; sin embargo, en los últimos 20 años el promedio de superficie cosechada es de 29,839 has, al igual que el promedio de rendimiento es de 6.1 t/ha. (Cahuana, y Arcos, 1993).

B. Factores de Producción

La productividad a corto y largo plazo en el marco de la tecnología “moderna” están explicadas por las variables más importantes como son la fertilidad del suelo (F), la calidad de los insumos (In) y la cantidad de agua (A), sin considerar las condiciones climáticas que en promedio son las mismas en el corto y largo plazo (Paredes, 1990).

$$Pr od = f(F^+, A^+, In^+)$$

En condiciones de suelos con pendientes bastantes pronunciadas como es el caso de la mayoría de los suelos de la sierra la conservación de la fertilidad (F) depende de que estas no sean erosionadas (E); entonces entre estas dos variables existe una relación inversa. En caso que existan tierras erosionadas la recuperación de la fertilidad es una función positiva de las prácticas de conservación de suelos (Cs). En tierras con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica (escasa fertilidad), ésta se puede incrementar con un adecuado abonamiento (a) con estiércol, compostaje, incorporación de materia verde y con una apropiada asociación (As) y rotación (R) de cultivos que incorpore leguminosas que tienen la propiedad de fijar nitrógeno en el suelo, y son de efectos positivos. Pero, cuando se incorpora al cultivo, fertilizantes (f) y pesticidas (I) químicos tienen efectos negativos sobre la fertilidad del suelo, debido a que destruyen los microorganismos en el suelo relacionados con la descomposición de la materia orgánica. Entonces se obtiene la siguiente función (Paredes, 1990):

$$F = f(Cs^+, R^+, As^+, a^+, f^-, I^-, E^-)$$

Los componentes y prácticas desarrolladas en la agricultura andina, como cultivos en andenes, siembra de policultivos, utilización de abono natural, rotación de cultivos, manejo pecuario, aplicación de semillas por pisos ecológicos); han tendido a conservar la fertilidad de los suelos y la adaptabilidad de los cultivos (Paredes, 1990).

La fertilidad del suelo se debe a la interacción del medio ambiente, condicionado por el clima, factores químicos (nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes), físicos (retención de agua, permeabilidad y estabilidad estructural), y por último los biológicos, responsables del ciclado de nutrientes. Dentro de los factores biológicos, los microorganismos simbiotes son los más interesantes a considerar para la fertilidad en agricultura ecológica. El factor más importante de la productividad de los cultivos de secano como la papa, después de la disponibilidad del agua, es la presencia de nitrógeno mineral en el suelo, de ahí que la fertilización con abonos nitrogenados haya sido la práctica que mejor y mayor aceptación tuvo en estos ambientes semiáridos, ya que cuando la cantidad y distribución de las precipitaciones son adecuadas, los abonos nitrogenados sean eficientes y las producciones en estos sistemas se duplican (Lacasta, 2001).

La producción intensiva de papa, requiere la aplicación de fertilizantes y enmiendas para optimizar el uso de suelos; además, la práctica de la rotación de los cultivos y de descanso, permiten minimizar problemas fitosanitarios y mejorar la fertilidad natural del suelo (Condori et al., 1997).

La papa² es un cultivo muy sensible a los “déficits de nutrientes, el N suele ser el principal elemento mineral limitante de la producción (Westermann y Kleinkopf, 1985; Prunty y Greenland, 1997; Meyer y Marcum, 1998). Para producciones óptimas de papa se dispone de referencias que van desde 45 kg N/ha hasta 400 kg N/ha (Laurer, 1986; Porter y Sisson, 1991). La falta de nitrógeno en un momento crítico, al inicio de la tuberización, puede ocasionar pérdidas considerables de producción (Errebhi, et al., 1998)”.

² Citado por Adrover, M. et. al. 2002. Fertilización nitrogenada en el cultivo de la patata y contaminación de aguas subterráneas. Departamento de Biología, Universitat de les Illes Balears. Sa pobla.

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de los fertilizantes en las comunidades, pero en la mayoría de ellas sin ninguna orientación científica, solamente se guían de las recetas comerciales de los productos y aplican proporciones generales de la fertilización, independientes del tipo y estado nutricional del suelo (Valero, 1992).

C. Rendimientos de papa

Los tubérculos de la papa provienen del parénquima cortical bajo el ápice de un estolón. Moorby y Milthorpe (citado por Rojas Garcidueñas y Ramirez, 1993) afirman que la tuberización puede iniciarse en un amplio rango de estadios de desarrollo pues, más que la edad, son las condiciones del medio las que inducen a la formación de tubérculos. Si los tubérculos se plantan sin haber brotado y se les aplican altas cantidades de nitrógeno, la planta formará tubérculos hasta después de dar muchos tallos aéreos y extensa área foliar muy durable; esto lleva a una alta producción de tubérculos que, para expresar su potencial, exige largo tiempo de cuidados contra el peligro de plagas y enfermedades (Rojas Garcidueñas y Ramirez, 1993).

Los rendimientos de papa obtenidos en Puno son los más bajos (6.4 t/ha) en relación al promedio nacional (8.5 t/ha) ya que a lo largo de su ciclo vegetativo tiene que enfrentar problemas de susceptibilidad a heladas, plagas, enfermedades, sequías, baja fertilidad del suelo, escasez de semilla de calidad, irregular distribución de precipitaciones pluviales, entre otros (Cahuana, y Arcos, 1993).

D. Calidad de la papa

Entre los parámetros que definen la calidad culinaria y nutricional se destacan el contenido de sólidos y proteínas en el producto fresco y el comportamiento en la evaluación sensorial

del producto procesado; las variedades andinas poseen valores medianos a altos en contenido de materia seca (Monti y Clausen, 2003).

La calidad de la patata constituye en la actualidad el factor clave de la empresa agroalimentaria productora de tubérculos; esta calidad viene exigida por el consumidor a través de las industrias transformadoras y empresas comercializadoras; El término calidad es un concepto que en la práctica es difícil de acotar mediante una definición, ya que resulta ser un concepto primario y subjetivo, tan variable como las distintas apreciaciones que los consumidores finales puedan otorgarle (Borruey et al., 2001).

Hay que distinguir entre calidad interna y externa en la papa para la elaboración de los productos de mayor consumo; la calidad externa de la papa viene determinada por el tipo de variedad y por las influencias del ambiente (verdeamiento del tubérculo, tubérculos deformados, deterioro, agujeros y corazón hueco, pudriciones y rajaduras por sequía); la calidad interna está determinada por la composición química de la papa (contenido de almidón, materia seca, glucosa, fructuosa y sacarosa), que es uno de los factores más utilizados para la clasificación y compra de variedades para la elaboración de diferentes productos de papa (Moreno, 2005).

Las papas de mejor calidad deben tener las siguientes características externas: tamaño mediano (5-7 cm), buena forma, ojos superficiales, color de piel y pulpa según las preferencias del mercado, libres de la mancha azul o negruzca, sin heridas, rajaduras, verdeamiento, corazón hueco o sarna, y con resistencia al lavado (Winiger y Ludwig, 1974; Howard, 1974; Gray y Hughes, 1978) citados en el Boletín de la papa, 2001.

La calidad culinaria está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico (temperatura presente durante el ciclo de crecimiento de la planta, precipitación y/o calidad y cantidad de riego usado, tipo de suelo, fertilización química y orgánica empleada, época y forma de la eliminación del follaje y especialmente la madurez del tubérculo). Dentro de los *factores* de calidad culinaria tenemos: la textura, el color y el sabor. La textura es muy importante al definir la calidad del tubérculo, ya que existe una relación directa entre el contenido de materia seca del tubérculo crudo y la textura del tubérculo una vez cocido. El contenido de la materia seca (MS) es medida a través de la gravedad específica (GE) del tubérculo y del porcentaje de almidón (PA) en el tubérculo (Coraspe, 2003).

D1. Calidad Nutricional

Menéndez y Hernández (2004) sintetizan, indicando que una papa simple de tamaño mediano contiene aproximadamente la mitad de las necesidades diarias de vitamina C; la papa tiene bajo contenido de grasas, tiene el 5% del contenido de grasa del trigo y un cuarto de las calorías del pan; hervida tiene más proteínas que el maíz y aproximadamente el doble del calcio. Aproximadamente el 10% de la dosis diaria de proteína recomendada para la alimentación infantil se puede encontrar en una ración de 100 gramos de papa que también suministra el equivalente al 10 % de las necesidades de tiamina, niacina, vitamina B6, ácido fólico y cerca del 50% de vitamina C que requiere un adulto, lo que constituye una consideración importante para mejorar la dieta de la población sin correr el riesgo de padecer malnutrición. Específicamente una papa cruda de tamaño promedio (7 oz. o 200 g) contiene aproximadamente 115 Kcal., 3.2 g de proteínas, 80 mg de fósforo, 1 mg de hierro y 30 mg de vitamina C (aproximadamente la mitad del contenido presente en una naranja de tamaño promedio) y solamente pequeñas cantidades de calcio y vitamina A. La papa hervida tiene similar composición nutricional excepto que en la vitamina C se destruye parcialmente durante la cocción y la papa cocida contiene aproximadamente 25% más sólidos y proporcionalmente niveles superiores de to-

dos los nutrientes que la papa cruda o hervida, Además una papa cocida de tamaño promedio es equivalente en valor nutricional a una taza de puré de papa y contiene alrededor de 4 g de proteína, o la cantidad presente en aproximadamente una taza de cereal cocinado como harina de maíz o arroz. Las papas fritas son altas en calorías debido al muy bajo contenido de agua (2%) y alto contenido de grasa (40%), por tanto son fuentes concentradas de calorías (2 400 Kcal. por lb.) y contienen 24 a 29 g por libra de proteínas y 5000 mg de sodio por libra.

CUADRO 2.1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE UNA PAPA DE TAMAÑO MEDIO DE 1/3 LIBRA O 150 G

<i>Nutrientes</i>	<i>Ración Diaria Recomendada (RDR)</i>	<i>Nutrientes</i>	<i>Ración Diaria Recomendada (RDR)</i>
Proteína	6 (3 gms)	Vitamina B6	15
Vitamina A	*	Folacina(Ac.fólico)	8
Vitamina C	50	Fósforo	8
Tiamina	8	Magnesio	8
Riboflavina	2	Zinc	2
Niacina	10	Cobre	8
Calcio	*	Acido Pantoténico	4
Hierro	8	Yodo	15
* Valores que contienen menos del 2% de estos nutrientes.			
Valores para los cuáles no se ha establecido la RDR en los Estados Unidos :			
Calorías (no.)	110	Fibra dietética	2710 mg.
Carbohidratos	23 gms.	Sodio	10 mg.
Grasas	0	Potasio	750 mg

Fuente: Menéndez y Hernández, 2004.

D2. Calidad de tubérculos para la Industria

La calidad externa de la papa viene determinada por el tipo de variedad y por las influencias del ambiente. Principalmente, las características influidas por las condiciones ambientales son: verdeamiento del tubérculo (color verde de la piel), tubérculos deforma-

dos, deterioro, agujeros y corazón hueco de los tubérculos, pudriciones y rajaduras por sequía. Las características influidas por la variedad entre otras son: profundidad de los ojos, color de la piel y carne, forma y tamaño del tubérculo y producción. Otro factor importante en la calidad externa es la clasificación de tubérculos en función del producto que se vaya elaborar con la papa. Así para hojuelas (chips) se exige una forma redonda con un tamaño de tubérculo entre 40 y 50 mm de diámetro, para papas a la francesa (palitos o bastones) formas oblongas alargadas mayores de 55 mm de largo y para papas en conserva, por debajo de 35 mm (Moreno, 2004; Borruey et al., 2001; Andrade, 1997). De allí que muchos agricultores prefieren tubérculos redondos y de ojos superficiales para la elaboración de papa en tunta.

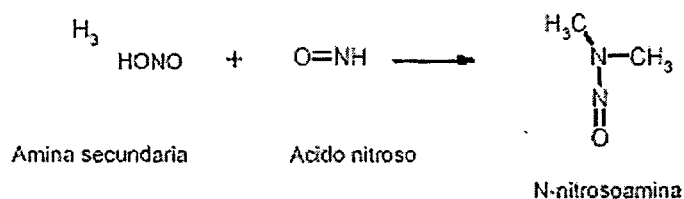
La calidad interna esta determinada por la composición química de la papa, que es uno de los factores más utilizados para la clasificación y compra de variedades para la elaboración de diferentes productos de papa. Los componentes más significativos para la industria de procesamiento son los altos contenidos de almidón y materia seca. Otros componentes que influyen directamente en la calidad y clasificación de variedades para diferentes procesos industriales son: glucosa, fructosa y sacarosa. Son los azúcares más importantes y los que se encuentran en mayor cantidad en la carne del tubérculo. Además de la composición química, en lo referente a la calidad interna de la papa la industria procesadora considera la tendencia al pardeamiento de las hojuelas y bastones cuando se fritan (Moreno, 2004; Borruey, et al., 2001; Andrade, 1997).

El porcentaje de materia seca es un indicador de calidad industrial que depende del cultivar y condiciones de crecimiento, en Buenos Aires este indicador que exige la industria es del 18% (Caldiz y Gaspari 1997). Al respecto Ojeda et al. (1990), determinaron que al aumentar la cantidad de nitrógeno se produce una disminución en la calidad de los tubérculos. Esto es debido a que al disminuir el porcentaje de materia seca, aumenta la con-

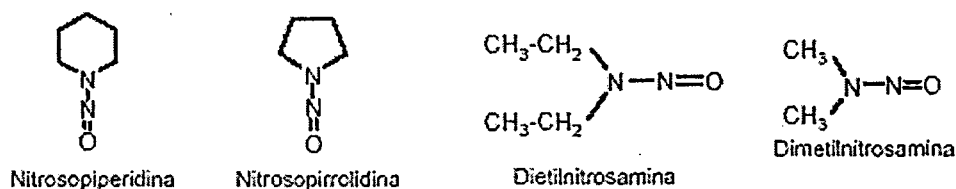
centración de nitrato almacenado en vacuolas y aumenta la concentración de compuestos proteicos que desmerecen las propiedades organolépticas de la papa (Cieslik, 1997).

D3. Efecto Tóxico de nitratos en papa

La principal preocupación derivada de la presencia de nitratos en alimentos o en agua potable tiene dos motivos: por un lado, los efectos tóxicos producidos por un exceso de nitratos en la dieta; por otro, pueden causar la formación endógena de N-nitrosocompuestos, de efectos cancerígenos (nitrosaminas). Los N-nitro compuestos son agentes teratógenos, mutágenos y probables carcinógenos, altamente peligrosos para la salud humana. Se originan como consecuencia de la reacción de las aminas secundarias (aromáticas y alifáticas) con el ácido nitroso hono (Antón y Lizaso, 2001).



Si bien se forman gran variedad de estos compuestos, los más significativos desde el punto de vista de la toxicología alimentaria son las dialquilnitrosaminas (Dimetilnitrosamina, Dietilnitrosamina), las nitrosaminas de estructura cíclica (N-nitrosopiperidina, N-nitrosopirrolidina) y acilalquil-nitrosaminas o nitrosamidas (nitrosoguanidina) (Antón y Lizaso, 2001).



2.1.2 Abonos y fertilizantes

A. Fertilización de la papa

La fertilización es una práctica agronómica muy importante que consiste en la aportación correcta de los fertilizantes utilizados durante las distintas fases del cultivo; y una fertilización correcta dependerá de la producción prevista, por lo que es necesario conocer las necesidades nutricionales del cultivo para una producción determinada.

La papa durante la cosecha extrae los nutrientes de la siguiente forma: en nitrógeno de 1.6% del peso de tubérculos y 6.5% en el rastrojo; mientras que en fósforo extrae 0.2% del peso de tubérculo y 0.6% del peso de rastrojo, y referente a potasio extrae 1.6% del peso de tubérculo y 6% del peso de rastrojo (Vander, 1986). En 50 t de tubérculos frescos cosechados puede extraer 150 Kg de N, 35 Kg de fósforo, 219 kg de potasio, 10 kg de calcio, 12 kg de magnesio y 12 kilos de azufre en el peso de los tubérculos (Echevarría, 2006). Las necesidades de los macronutrientes para producir 1 tonelada de papa por una hectárea son los siguientes: N 4.93 Kg, P₂O₅ 1.51 Kg, K₂O 8.59 Kg y MgO 0.94 Kg (Tarazona et al., 1997).

Se evidencia respuesta a la fertilización completa de los principales macronutrientes, destacándose el efecto del fósforo; la baja respuesta al potasio se explica por las altas reservas del mismo en los suelos (Ortiz et al., 2001). Esta información ha corroborado lo indicado por De Geus (1967), Ustimenko (1982) y Deroncele (1983) citado por Ortiz et al. (2001), quienes consideran que la papa es exigente a la nutrición mineral para la obtención de altos rendimientos y tubérculos de buena calidad.

Durante dos años sucesivos, se demostró que con la aplicación de 225 kg de N ha⁻¹ como fertilizante, se obtuvieron los mayores rendimientos (Pijeira y Treto, 1996).

De todos los cultivos establecidos en la Sierra, la papa ha merecido la máxima atención de los investigadores, tanto por el área sembrada (aproximadamente 200,000 has), como porque es el cultivo que acapara la fertilización, ya que en un sistema de rotación es considerado cultivo de cabecera. Hasta la década del 50 la fertilización de la papa estuvo basada en guano de Islas, y el empleo de fertilizantes sintéticos se hacía sólo como complemento (Villagarcía, 1983). Posteriormente frente a la declinación de la población de aves guaneras, por la intensificación de la actividad pesquera en la década del 60, las interferencias climáticas y otros factores, el guano de Islas fue desplazado por abonos sintéticos, habiéndose realizado numerosos ensayos con éstos, estableciendo recomendaciones que van de 80 a 200 kg. De P_2O_5 /ha (Villagarcía, 1983).

El potasio se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente en su aspecto sanitario. Este elemento es responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos. Esta última función es muy importante en cultivos como la papa debido al gran contenido de carbohidratos que debe formar y almacenar en los tubérculos. Este elemento presenta una gran movilidad en la planta. Su deficiencia produce plantas con hojas algo cloróticas y luego desarrollan puntos necróticos dispersos, los tallos son débiles y quebradizos cuando falta potasio en el suelo. En el caso de la papa, su deficiencia produce un tono bronceado de las hojas especialmente basales y con aplicaciones altas de K el cultivo tiende a producir grandes tubérculos (Sierra et al., 2002).

Los fertilizantes químicos son de estructura simple y de rápida disponibilidad, (Felipe-Morales, 2003). Las ventajas de fertilización química son: que existe mayor disponibilidad para las plantas, alta concentración de nutrientes. Los fertilizantes químicos, a su vez son de menor eficiencia de adsorción en el suelo y absorción en la planta; además se produce el desbalance interno en el metabolismo de la planta,

provocando mayor susceptibilidad a enfermedades y ataque de plagas, por lo tanto mayor incremento en la compra de agroquímicos (Coronado, 1997).

B. Requerimiento de nutrientes de las plantas

Los cultivos saludables crecerán solamente si el suelo tiene suficientes nutrientes. El siguiente el Cuadro 2.3 muestra los tres principales nutrientes químicos que las plantas necesitan y sus funciones (FAO, 2000).

CUADRO 2.2 FUNCIONES DE NUTRIENTES QUIMICOS			
Nutrientes	Función	Síntomas de deficiencia	Fuentes
Nitrógeno (N)	Crecimiento de hojas y tallos color verde y resistencia a plagas.	Hojas pálidas y amarillas. Caída de hojas. Crecimiento pobre.	Abonos orgánicos. Urea, nitrato o fosfato de amonio u otro fertilizante.
Fósforo (P)	Maduración temprana de semillas y frutos, formación de raíces, resistencia a sequías.	Poco crecimiento. Enfermedades. Formación pobre de brotes y flores.	Abonos orgánicos. Ceniza, Super fosfatos.
Potasio (K)	Raíces y tallos fuertes, semillas y hojas gruesas ayuda a mover los nutrientes alrededor de las plantas.	Hojas arrugadas e inesperada maduración. Crecimiento pobre.	Abonos orgánicos. Ceniza, Nitrato de potasio y Clorhidrato de potasio.

Fuente: FAO, 2000. Mejoramiento del suelo. Cartilla Tecnológica 5.

La mayor parte de nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica, siendo relativamente estable y no directamente asimilable, con excepción de la ocasional absorción de urea o aminoácidos, por lo que es preciso que los microorganismos mineralicen la materia orgánica para que los nitratos y amonio producidos sean absorbidos por las plantas (Gonzales, P. 2003).

Tanto el exceso como la deficiencia de nitrógeno afectan la duración del ciclo de cultivo de papa y en consecuencia el rendimiento de tubérculos, la elevada disponibilidad de nitrógeno puede prolongar el crecimiento vegetativo, retrasar el inicio de tuberización y reducir el rendimiento (Saluzzo et. al. 1999) y el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Ojala et. al. 1990; Cieslik 1997). El déficit de nitrógeno puede provocar una senescencia prematura de la parte aérea del cultivo debido a la traslocación del nitrógeno desde las hojas hacia los tubérculos (Kleinkopf et. al. 1981) citado por Giletto 2003.

El nitrógeno agregado en el llenado de los tubérculos provocó una disminución en el rendimiento y más aún en el índice de la cosecha; esto se debería a una menor tasa de movilización de materia seca desde los tallos hacia los tubérculos (Saluzzo et al., 1999) o a una restricción en el número o tamaño de los destinos (Giletto et al., 2003).

La aplicación alta de nitrógeno hace desaparecer al cobre, que es importante para evitar mayor incidencia de enfermedades en banano porque produce fitoalexinas (sustancia que sintetiza la planta para protegerse de patógenos) (Bernal, 2004).

C. El nitrógeno y sus compuestos

El nitrógeno tiene vital importancia para las plantas y su suministro puede ser controlado por el hombre; las formas más comúnmente asimilados por las plantas son los iones nitratos (NO^{-3}) o amonio (NH^{+4}). La urea $\text{CO}(\text{N}_{\text{H}_2})_2$ puede ser también absorbido por las plantas. Este nitrógeno absorbido por las plantas en el interior de las mismas es transformado en formas de $-\text{N}=\text{}$, $-\text{NH}-$ ó $-\text{NH}_2$. Este nitrógeno reducido es elaborado en compuestos más compuestos más complejos y formalmente transformados en proteínas (Tisdale y Nelson, 1970).

Probablemente, el nitrógeno constituye el elemento de mayor repercusión económica en la agricultura moderna y más concretamente en la producción forrajera; forma parte de proteínas y prótidos y de las moléculas de la clorofila, determinante de la asimilación fotosintética en el vegetal. De allí que una planta bien suministrada de nitrógeno presente un intenso color verde y, a su vez, un elevado contenido en clorofila sea causa de la asimilación de grandes cantidades de materia orgánica, y consecuentemente de la aceleración del crecimiento (Del Pozo, 1983).

El nitrógeno es la base de la nutrición de las plantas y uno de los componentes más importantes de la materia orgánica. Sin nitrógeno, la planta no puede elaborar los materiales de reserva que han de alimentar los órganos de crecimiento y desarrollo; el nitrógeno es el elemento fertilizante que más influye en el desarrollo de las plantas, pero debe ir siempre acompañado de fósforo y potasio de forma equilibrada para obtener el máximo rendimiento; incluso, si está exagerada aportación nitrogenada no va acompañada de fósforo y potasio en forma equilibrada, este exceso puede dar lugar a una carencia de cobre, repercutiendo en el suero sanguíneo de los animales de pasta (Juscarfresa, 1979).

El nitrógeno se distingue en varios aspectos de los demás nutrientes. Forma parte de algunas sustancias inorgánicas, y sobre todo de un sin número de compuestos orgánicos. Debido a su importancia para la producción vegetal, el nitrógeno hasta se ha convertido en objeto de conflictos políticos y sociales (Benzing, 2001).

C1. El ciclo de nitrógeno

El ciclo de nitrógeno es el proceso cíclico natural en el cual el nitrógeno se incorpora al suelo y pasa a formar parte de los organismos vivos antes de regresar a la atmósfera. La energía aportada por los rayos solares y la radiación cósmica sirven para combinar el

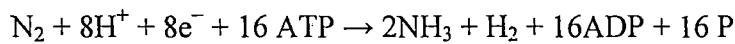
nitrógeno y el oxígeno gaseosos en nitratos, que son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones (Encarta, 2002).

Casi la totalidad del nitrógeno del planeta tierra se concentra en rocas ígneas de la corteza terrestre (99.8%), aunque en formas y profundidades que no son explorables. Casi todo el resto se encuentra en la atmósfera en forma de N_2 . Solo una ínfima parte se halla en la biosfera, en suelo y agua. Esta fracción es la que juega un papel decisivo en la productividad de los ecosistemas, sobre todo terrestres. Se encuentra en permanente circulación e intercambio con el N_2 atmosférico (Benzing, 2001). Durante este ciclo se produce diferentes estados y procesos de nitrógeno: Nitrógeno libre, fijación de nitrógeno, amonificación, nitrificación y desnitrificación.

Nitrógeno libre.-Los seres vivos cuentan con una proporción de nitrógeno en su composición. Éste se encuentra en el aire en grandes cantidades (78% en volumen) pero en esta forma sólo es accesible a un conjunto muy restringido de formas de vida, como las cianobacterias y las azotobacteriáceas. Los organismos foto autótrofos (plantas o algas) requieren por lo general nitrato (NO_3^-) como forma de ingresar su nitrógeno; los heterótrofos (Ej. los animales) necesitan el nitrógeno ya reducido, en forma de radicales amino, que es como principalmente se presenta en la materia viva. Gracias a los múltiples procesos que conforman el ciclo, todos los tipos metabólicos de organismos ven satisfecha su necesidad de nitrógeno (Duvigneaud, 1978).

La fijación de nitrógeno es la conversión del nitrógeno del aire (N_2) a formas distintas susceptibles de incorporarse a la composición del suelo o de los seres vivos, como el ion amonio (NH_4^+) o los iones nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-); y también su conversión a sustancias atmosféricas químicamente activas, como el dióxido de nitrógeno (NO_2), que

reaccionan fácilmente para originar alguna de las anteriores (Duvigneaud, 1978). Fijación abiótica. La fijación natural puede ocurrir por procesos químicos espontáneos, como la oxidación que se produce por la acción de los rayos, que forma óxidos de nitrógeno a partir del nitrógeno atmosférico; fijación biológica de nitrógeno, es un fenómeno fundamental que depende de la habilidad metabólica de unos pocos organismos, llamados diazotrofos en relación a esta habilidad, para tomar N_2 y reducirlo a nitrógeno orgánico (Ibid, 1978):



La **amonificación** es la conversión a ion amonio del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino ($-NH_2$) o imino ($-NH-$). Los animales, que no oxidan el hidrógeno, se deshacen del que tienen en exceso en forma de distintos compuestos. Los acuáticos producen directamente amoníaco (NH_3), que en disolución se convierte en ion amonio. Los terrestres producen urea, $(NH_2)_2CO$, que es muy soluble y se concentra fácilmente en la orina; o compuestos nitrogenados insolubles como la gúanina y el ácido úrico, que son purinas, y ésta es la forma común en aves o en insectos y, en general, en animales que no disponen de un suministro garantizado de agua. El nitrógeno biológico que no llega ya como amonio al sustrato, la mayor parte en ecosistemas continentales, es convertido a esa forma por la acción de microorganismos descomponedores (Duvigneaud, 1978).

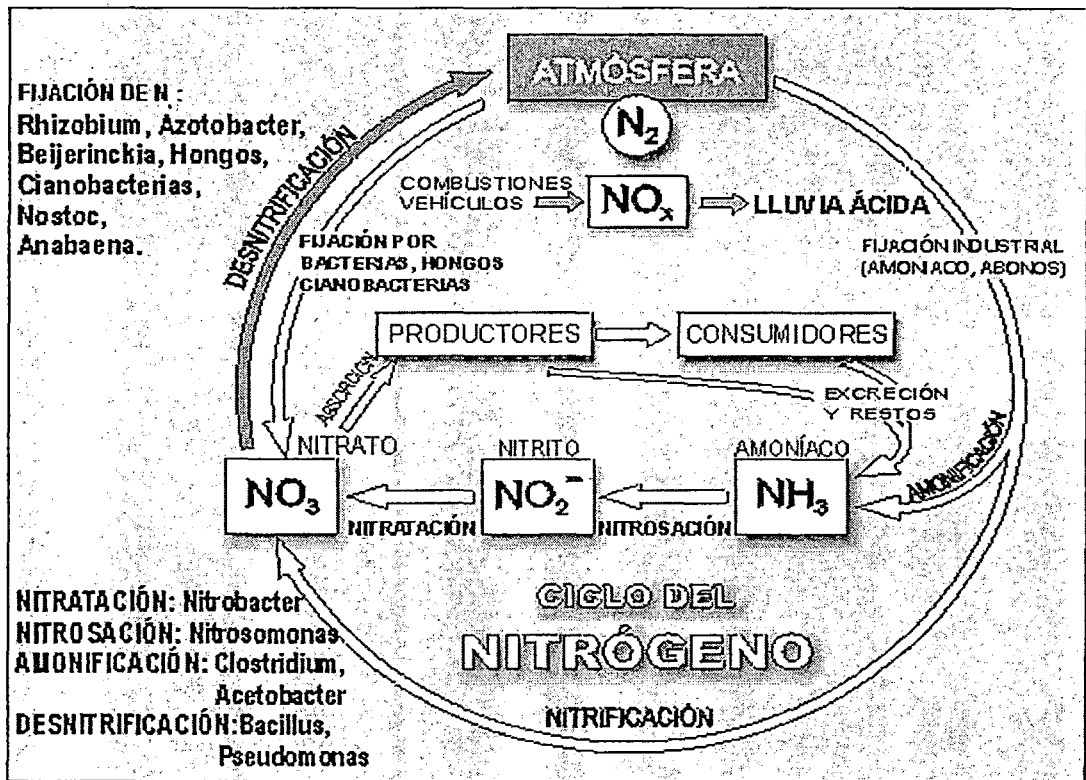
La **nitrificación** es la oxidación biológica del amonio a nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2) como aceptor de electrones, es decir, como oxidante. A estos organismos el proceso les sirve para obtener energía, al modo en que los heterótrofos la consiguen oxidando alimentos orgánicos a través de la respiración celular. El C lo consiguen del CO_2 atmosférico, así que son organismos autótrofos. Consiste en dos procesos distintos, separados y consecutivos, realizados por organismos diferentes: **Nitrosación**, partiendo de amonio se obtiene nitrito (NO_2^-); lo realizan bacte-

rias de, entre otros, los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus*. **Nitratación**, partiendo de nitrito se produce nitrato (NO_3^-), lo realizan las bacterias del género *Nitrobacter* (Duvigneaud, 1978). La combinación de amonificación y nitrificación devuelve a una forma asimilable por las plantas, el nitrógeno que ellas tomaron del suelo y pusieron en circulación por la cadena trófica.

La **desnitrificación** es la reducción del ion nitrato (NO_3^-), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o diatómico (N_2) la sustancia más abundante en la composición del aire. Este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno. Lo realizan ciertas bacterias heterótrofas, como *Pseudomonas fluorescens*, para obtener energía. El proceso es parte de un metabolismo degradativo de la clase llamada respiración anaerobia, en la que distintas sustancias, en este caso el nitrato, toman el papel de oxidante (aceptor de electrones) que en la respiración celular normal o aerobia corresponde al oxígeno (O_2). El proceso se produce en condiciones anaerobias por bacterias que normalmente prefieren utilizar el oxígeno si está disponible (Duvigneaud, 1978).

Como se ha dicho más arriba, la desnitrificación es fundamental para que el nitrógeno vuelva a la atmósfera, la única manera de que no termine disuelto íntegramente en los mares, dejando sin nutrientes a la vida continental. Sin él la fijación de nitrógeno, abiótica y biótica, habría terminado por provocar la depleción (eliminación) del N_2 atmosférico. La desnitrificación es empleada, en los procesos técnicos de depuración controlada de aguas residuales, para eliminar el nitrato, cuya presencia favorece la eutrofización y reduce la potabilidad del agua, porque se reduce a nitrito por la flora intestinal, y éste es cancerígeno (Duvigneaud, 1978).

GRAFICO 2.1 CICLO DEL NITROGENO



FUENTE: Encarta, 2002

En los sistemas naturales, el nitrógeno que se pierde por desnitrificación, lixiviación, erosión y procesos similares es reemplazado por el proceso de fijación y otras fuentes de nitrógeno. La interferencia antrópica (humana) en el ciclo del nitrógeno puede, no obstante, hacer que haya menos nitrógeno en el ciclo, o que se produzca una sobrecarga en el sistema. Por ejemplo, los cultivos intensivos, su recogida y la tala de bosques han causado un descenso del contenido de nitrógeno en el suelo (algunas de las pérdidas en los territorios agrícolas sólo pueden restituirse por medio de fertilizantes nitrogenados artificiales, que suponen un gran gasto energético). Por otra parte, la lixiviación del nitrógeno de las tierras de cultivo demasiado fertilizadas, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y las aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua y estimulando un crecimiento excesivo de las algas (Encarta, 2002).

C2. El nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de cultivos

Absorción del Nitrógeno. Las plantas verdes utilizan el nitrógeno inorgánico, las toman del suelo en forma de ión nitrato NO_3^- o de ión amonio NH_4^+ . La principal fuente de nitrógeno es NO_3^- , que normalmente se encuentra más abundantemente que el NH_4^+ en la rizosfera. El proceso de absorción requiere un consumo de energía (dependiente de la respiración). En consecuencia, en suelos fríos y mal aireados, los vegetales presentan caracteres de deficiencia en nitrógeno (Larcher, 1977). También son capaces de captar amoníaco (NH_3) y bióxido de nitrógeno (NO_2) directamente de la atmósfera, aunque en mucha menor medida (Gonzales, 2003).

La Asimilación. El nitrógeno absorbido se incorpora como grupo amino a moléculas orgánicas, originándose así los aminoácidos. Consiste en la reducción de nitrato a nitrito, reacción catalizada por una cadena de enzimas y cofactores. La fuerza reductora necesaria para la transformación de nitrato a un grupo amino proviene de la respiración (NADH_2) o de la fotorreacción de la fotosíntesis (NADPH_2 ; reducción fotosintética de nitratos). Los distintos aminoácidos se forman por afinación de productos intermedios y derivados del ciclo del ácido cítrico de la respiración y de la fase oscura de la fotosíntesis. PGA, ácido fosfoglicérico; Py, piruvato; OXAc, oxalacetato; α CG, ácido α -acetoglutárico; GLU, ácido glutámico y aminoácidos relacionados; ASP, ácido asparagínico y relacionados; ALA, alanina y relacionados; PHE, fenilamina y relacionados; SER, serina y relacionados; el ácido shikimico se deriva de la eritrosa-4-fosfato (paso intermedio de C4 en el ciclo de Calvin). A partir de estos aminoácidos primarios se derivan los restantes aminoácidos cuyo esqueleto carbonado procede de productos intermedios del metabolismo de los hidratos de carbono, del ciclo de Calvin y del ciclo oxidativo de la pentosa fosfato. A partir de los aminoácidos se formarán las proteínas, ácidos nucleicos y un gran número de otros compuestos de nitrógeno (Larcher, 1977).

Eliminación del Nitrógeno. El nitrógeno se excreta en su mayor parte en forma de compuestos nitrogenados orgánico; las raíces ceden aminoácidos y otros compuestos nitrogenados; se pierde nitrógeno en mayor proporción en la caída de las hojas y los frutos; el follaje contiene nitrógeno en el protoplasma y además nitrato en el citoplasma y las semillas almacenan también proteínas de reserva. El retorno de los compuestos orgánicos de nitrógeno a la forma inorgánica inicial se realiza a través de seres vivos heterótrofos con respecto al nitrógeno (animales, muchos hongos y bacterias). Estos completan el signo de nitrógeno de las plantas superiores que, de este modo, dependen del contenido en nitrógeno de los microorganismos (Larcher, 1977).

D. Contaminación con fertilizantes

En la agricultura el resultado final de la “revolución verde” se traduce en la contaminación de las aguas, a las que van a dar por lo general las sustancias químicas residuales de fertilizante y pesticidas, lo que representa riesgos para la salud humana y del medio ambiente, así como la producción de alimentos que pudieran contener tóxicos. El problema principal, no es el uso de químicos, sino su abuso. En la producción de caña se emplean dos y hasta casi cinco veces más fertilizantes y los cultivos de papa y tomate reciben varias aplicaciones de plaguicidas. Dichas sustancias pueden llegar a los consumidores en dosis bajas, a través de frutas y verduras o como residuos en la leche o el agua. El contacto directo con estas sustancias provoca intoxicaciones agudas y cáncer. De hecho, hay más casos de cáncer en niños en zonas rurales que urbanas (López, 2000).

El uso indiscriminado de los fertilizantes minerales ha tenido como consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, reducción en el contenido de materia orgánica, además de la obtención de productos agrícolas con cantidades excesivas de nitratos debido a las concentraciones altas de nitrógeno aplicadas en muchos casos (Castellanos et al., 1996).

El nitrógeno aplicado en forma de nitrato asegura una mayor disponibilidad para las plantas aunque su elevada solubilidad hace que sea altamente vulnerable al arrastre del agua que circula a través del suelo (Meyer y Marcum, 1998). La presencia de nitratos en el suelo en momentos en los que se produce un excedente hídrico, tanto por lluvias como por riego en exceso, provoca un lavado de estas moléculas ocasionando la consecuente contaminación de las aguas subterráneas (Adrover et al., 2002).

Se ha demostrado que en el cultivo de papa la eficiencia del uso de nitrógeno es baja (Rouge 1985; Porter Sisson 1991) citado por Giletto 2003, por lo que el uso inapropiado del fertilizante nitrogenado puede producir problemas ambientales (Costa et al., 2000).

D1. Elementos o Sustancias Contaminantes

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro planeta, y surge cuando, por presencia cuantitativa de materia o energía, se produce un desequilibrio ambiental; se puede definir también como la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidades tales, que cause efectos adversos en los seres humanos, animales, vegetales o materiales que se encuentran expuestos a dosis que sobrepasen los niveles de los que se encuentran regularmente en la naturaleza (Enkerlin et al., 1997). Los elementos químicos provienen de residuos tóxicos y peligrosos, que son materiales sólidos, líquidos o gaseosos que contienen sustancias que por su composición, representan un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor (Encarta, 2002).

CUADRO 2.3
LOS PRINCIPALES SUSTANCIAS QUE TIENEN EFECTOS EN LA SALUD HUMANA (RINCÓN DEL VAGO)

Sustancia	Efectos cancerígenos	Efectos no cancerígenos
Plomo	Tumores en el riñón (en animales de laboratorio)	Peso de nacimiento reducido, anemia, aumento de la tensión sanguínea, daños en el cerebro y riñones deterioro del IQ, disminución de la capacidad de aprendizaje
Arsénico (por inhalación)	Cáncer del pulmón	Daños en el hígado, fibrosis pulmonar, daños neurológicos
Cadmio (por inhalación)	Cáncer del pulmón (en animales de laboratorio)	Daños en riñones, osteoporosis, anemia
Cromo (por inhalación)	Cáncer de pulmón	Bronquitis, daños en hígado y riñones
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Cáncer de pulmón (por inhalación), estómago (por ingestión) y piel (por contacto epidérmico)	Daños en el hígado, dermatitis
Beñceno	Leucemia	Somnolencia, vértigo, dolores de cabeza, anemia, falta de inmunidad, fototoxicidad
Compuestos orgánicos clorados	Cáncer de hígado (en animales de laboratorio)	Daños en el hígado, efectos neurológicos (en animales de laboratorio)

Fuente: (Enlace *E1*)

D2. El nitrógeno como agente contaminante

El nitrógeno del suelo, está sujeto a un gran número de proceso de pérdidas: volatilización de NH_3 , nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y esorrentía, esto explica la baja eficiencia de su uso y posterior utilización por los cultivos (Carrillo et al., 1992). Indicando la necesidad de adoptar estrategias de manejo eficiente de N que conserven las fuentes naturales mientras minimizan los impactos ambientales adversos (Torres et al., 2002).

Los compuestos nitrogenados agregados al suelo, como los fertilizantes, abonos y residuos orgánicos son degradados mediante la acción microbiana produciendo, entre otros compuestos inorgánicos, nitratos, los cuales son esenciales para la nutrición vegetal, pero a su vez pueden ser contaminantes del medio ambiente; los nitratos son altamente solubles y no son retenidos por las cargas negativas de los coloides del suelo, de modo que se mueven libremente con el agua de drenaje, a través del perfil, hacia los acuíferos; altos

niveles de nitratos en el suelo pueden conducir a niveles relativamente altos de nitratos en el agua de consumo, afectando adversamente la salud humana (Picone et al., 2003). La mala utilización de los fertilizantes trae como consecuencia la contaminación de suelos y aguas y son numerosos los reportes que indican, por ejemplo, la presencia de altos niveles de nitratos en los productos agrícolas, lo que constituye una importante fuente de fitotoxicidad para el hombre (Martinez y Dibut, 1996).

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse en la planta, también en las napas freáticas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad auto-depuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos. La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado (Enlace E1).

Los nitratos y nitritos son compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato (NO_3^-) es la forma estable de las estructuras oxidadas del nitrógeno, y a pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbiológica. El nitrito (NO_2^-), es oxidado con facilidad por procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido originando diversos compuestos. En los

suelos, los fertilizantes y vertidos residuales conteniendo nitrógeno orgánico son descompuestos para dar en un primer paso amonio (NH^{+4}), que a continuación es oxidado a nitrito y a nitrato. Parte de este nitrato es absorbido por las plantas, que lo emplean en la síntesis de proteínas vegetales, pudiendo el resto pasar a las aguas subterráneas (Antón y Lizaso, 2001).

La mayor parte del nitrógeno proviene de las aguas residuales y de las actividades agropecuarias; como también el exceso de nitrógeno viene de las emisiones de combustibles fósiles que promueven las mareas rojas del ciclo de nitrógeno (Nierenberg, 2001).

La aportación de grandes cantidades de nitrógeno reactivo a los suelos y a las aguas tiene muchas consecuencias nocivas para el medio ambiente, problemas que van desde los sanitarios de determinadas regiones hasta cambios que afectan a todo el planeta y se extienden, en sentido muy literal, desde las profundidades de la Tierra hasta las alturas estratosféricas (Smil, 1997).

La lixiviación del N en los nitratos es la trayectoria principal por la cual se escapa el N de los sistemas agrícolas; aunque es la forma más preferida del nitrógeno mediante las plantas, sólo es absorbido débilmente por el suelo y queda en la solución del suelo, creando un anión altamente móvil, que puede moverse fácilmente hacia abajo (lixiviar) a través del perfil del terreno (Kiely, 2001). Este anión llega a las aguas subterráneas en concentraciones de nitratos que pueden exceder el valor crítico de $10 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ de agua, establecido por la Agencia de Salud Pública de EE.UU para consumo humano (Picone, et al., 2003); mientras que el Código Alimentario Argentino especifica un valor límite de $45 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$.

D3. Contaminación de Suelos Agrícolas

Toda la problemática presente en la hidrosfera se extiende a los suelos de uso agrícola, ya que si las aguas están contaminadas, y su utilización para el riego, termina por contaminar también el suelo de cultivo. Se produce la salinización y compactación del suelo, disminución de la actividad microbiana, problemas en drenaje, en adsorción de nutrientes por la solución suelo y en la absorción equilibrada de nutrientes por las plantas (Smil, 1997). Además, se produce la acidificación de suelos agrícolas, debido a la persistencia en el suelo de productos nitrogenados, junto con los compuestos azufrados que se forman durante los procesos de combustión y después precipitan desde la atmósfera. Si no se contrarresta esta tendencia mediante la aportación de cal, la acidificación excesiva puede originar un aumento de la pérdida de oligonutrientes y la liberación hacia los acuíferos de metales pesados del suelo (Smil, 1997). La acidez que provocan en el suelo, facilita que las plantas extraigan del mismo, elementos tóxicos, como el aluminio (López, 2000).

Algunos de los efectos de la contaminación por nitrógeno son mucho más sutiles que las mareas rojas, pero aún más peligrosos. Los óxidos de nitrógeno generados en la quema de los combustibles fósiles son un componente básico de las lluvias ácidas que afecta al suelo y a las aguas dulces en muchas partes del mundo (Nierenberg, 2001).

D4. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas

Debido al empleo indiscriminado de fertilizantes y todo tipo de productos químicos se presentan los problemas en las aguas tanto superficiales como subterráneas: i) acumulación de nitritos y fosfatos, que se traduce en una pérdida de la potabilidad (Smil, 1997); ii) eutrofización de las aguas continentales y mares costeros, originando graves cambios en las características del medio y desoxigenación de las aguas profundas, con la cobertura de las

algas y las cianobacterias (Lacasta, 2000; Smil, 1997); iii) Salinización de los acuíferos por sobreexplotación de las aguas subterráneas (Smil, 1997).

La concentración de nitratos en aguas superficiales normalmente es baja (0-18 mg/Litro), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos (especialmente granjas), o por la aportación de aguas subterráneas ricas en nitratos (concentraciones cada vez más elevadas) (Antón y Lizaso, 2001). Las dosis elevadas de fertilizantes y la mayor demanda de agua de riego en suelos permeables provoca un aumento de la lixiviación de nitratos y del riesgo de contaminación de aguas subterráneas (Petrovic, 1990).

En trabajo realizado en un suelo Argiudol típico con textura franco, se observaron pérdidas de nitratos por lixiviación de 16 a 166 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Rimski – Korsakov et al., 2003).

Concentraciones de nitratos en el agua de bebida superior a los 10 mg l⁻¹ N-NO₃ (U.S. EPA, 1995) son considerados tóxicas para el consumo humano. Se debe tener en cuenta que los nitratos se van acumulando en las aguas subterráneas (Francis, 1992).

Los nitratos también afectan al medio ambiente a través de la eutrofización de estuarios y ecosistemas costeros (Howart et al., 1996) citado por Picone et al., 2003. El movimiento de compuestos nitrogenados solubles desde el suelo hacia ecosistemas acuáticos afecta el equilibrio de los mismos y conduce a una disminución en el nivel de oxígeno del agua con la consecuente muerte de peces u otras especies acuáticas, y pérdida de la biodiversidad (Carpenter et al., 1998) citado por Picone et al., 2003. En el caso del barbecho y del abonado verde, una mayor producción de nitratos sin la consiguiente extracción por las plantas puede producir lavado y contaminación de las aguas continentales, ya que el

nitrate se lixivia rápidamente hacia profundidades por debajo de la zona de las raíces, hecho que se acentúa en el tratamiento de fertilización química (Lacasta, 2001).

D5. Contaminación de la atmósfera

El uso creciente de abonos nitrogenados ha contribuido también a enviar más óxido nítrico a la atmósfera. Las concentraciones de este gas, generadas por la acción de las bacterias sobre los nitratos del suelo, intervienen en dos procesos preocupantes. La reacción del óxido nítrico con el oxígeno excitado contribuye a la destrucción del ozono de la estratosfera, mientras que más abajo, en la troposfera, promueve el calentamiento excesivo producido por el efecto invernadero. La vida media del óxido nítrico atmosférico es superior a un siglo, al tiempo que sus moléculas absorben la radiación unas doscientas veces mejor que las de dióxido de carbono (Smil, 1997).

Todavía hay más perturbaciones atmosféricas debidas a la liberación de óxido nítrico por las bacterias que actúan sobre el nitrógeno de los abonos. El óxido nítrico reacciona con otros agentes contaminantes en presencia de la luz solar y produce una neblina o "smog" fotoquímico (Smil, 1997).

Los niveles de concentración de nitrate en la atmósfera varían enormemente de unas zonas a otras del planeta, encontrándose en las zonas de menor concentración un rango de 0.1-0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en las zonas de mayor concentración valores de 1-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En zonas industriales se han encontrado valores de hasta 5 mg/litro en agua de lluvia (Antón y Lizaso, 2001).

D6. Efectos de nitrógeno en la salud humana

Los efectos negativos del nitrógeno esta en sus formas de N-nitrosocompuestos que resultan cuando los nitritos pueden oxidarse a agentes nitrosantes (N_2O_3 , N_2O_4) y reaccionar con precursores nitrosables, que incluyen una gran variedad de componentes de la dieta tales como: aminas secundarias (pescados, huevos, quesos, carnes), precursores naturales en los alimentos (como ciertos aminoácidos), los alcaloides presentes en especias que se emplean para curar carnes (pimienta negra), y otros precursores que aparecen en los alimentos como contaminantes (plaguicidas, aditivos o medicamentos) Los N-nitrosocompuestos pueden tener dos orígenes diferentes: formación endógena, que es una formación natural de N-nitrosocompuestos en el estómago, y los N-nitrosocompuestos exógenos, presentes en los alimentos y en los fármacos, debidos a las técnicas de fabricación o de tratamiento (Antón y Lizaso, 2001).

El consumo de agua con nitratos produce metahemoglobinemia, una enfermedad mortal para Lactantes (Spalding y Exner, 1993) citado por Picone et al., 2003, y más recientemente se ha asociado con el desarrollo del linfoma de no-Hodgkin (Ward et al., 1996) citado por Picone et al., 2003.

Los riesgos más importantes derivados de nitratos y nitritos son dos: i) **Aumento de metahemoglobinemia**, que resulta principalmente a que una vez reabsorbido transforma la hemoglobina en metahemoglobina, pudiendo producir cianosis en la población infantil y en las embarazadas (Antón y Lizaso, 2001) o la enfermedad de los “niños azules” y la relacionado epidemiológicamente con algunos cánceres (Smil, 1997). ii) **Formación de nitrosaminas en adultos**, la mayoría de los compuestos N-nitroso de interés en toxicología alimentaría son probables o posibles carcinógenos en humanos. En animales de experimentación son potentes carcinógenos, en todas las especies ensayadas, y tiene amplia organotropidad, según donde se biotransforma para dar radicales libres alquilantes

(alquildiazonio y alquilcarbonio) (Antón y Lizaso, 2001). Las nitrosaminas generadas ejercen sus efectos carcinógenos mediante este poder alquilante: la unión de los grupos alquilo (incluso los metilos, de pequeño tamaño) es suficiente para interferir en el apareamiento de las bases en la doble hélice de ADN. Este daño conlleva mutaciones y, con éstas, una probabilidad mayor de carcinogénesis (Antón y Lizaso, 2001; López, 2000).

El nitrito fundamentalmente se emplea como aditivo alimentario (E-249 nitrito potásico, E-250 nitrito sódico), especialmente en carnes curadas. El nitrato es añadido en ocasiones junto con el nitrito como conservante (E-251 nitrato sódico, E-252 nitrato potásico), ya que sirve como reserva de éste al ir transformándose lentamente en nitrito (Antón y Lizaso, 2001).

2.1.3 Agricultura orgánica

A. Definición

La agricultura orgánica se define como una visión sistemática de la producción agrícola que usa como guía los procesos biológicos de los ecosistemas naturales (Hodges, 1982) citado por Suquilanda 1995; es una visión holística de la agricultura que promueve la intensificación de los procesos naturales para incrementar la producción (Patriquin y Moncayo, 1991) citado por Suquilanda 1995; se define como la agricultura apropiada a las particularidades de los ecosistemas en los que se desarrolla y con los cuales guarda relaciones armoniosas (Suquilanda, 1995); la agricultura orgánica no constituye un sistema elaborado que puede simplemente ser aplicado a cada sitio, sino una pauta ambiciosa: lograr un alto nivel de productividad con un mínimo de impacto ambiental y de insumos externos, aprovechando en un máximo los mecanismos de productividad biológica (Benzing, 2001); es un conjunto de prácticas agronómicas, basadas en la agroecología que tiene por objetivo la producción de alimentos sin utilizar agroquímicos tales

como: fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas sintéticos y hormonas (Universidad Católica de Temuco, 1998). Es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola; en lo posible reemplaza los recursos externos por recursos que se obtienen dentro del mismo predio (Altieri, 1997).

En el Perú, la agricultura ecológica tiene dos vertientes: por un lado, la proveniente de afuera a través de los logros de las ciencias ecológicas y agrícolas occidentales contemporáneas, y, por el otro, la proveniente de la larga experiencia de la agricultura andina, la cual se remonta a las culturas precolombinas y que ha dado muestras de desarrollo de tecnologías muy bien adaptadas tanto a los complejos ecosistemas de alta montaña, así como a los de las zonas áridas costeras (Torres, 1990).

La agricultura orgánica no se constituye en un conjunto (paquete) bien definido de prácticas o técnicas de manejo, más exactamente lo que ellas envuelven son una variedad de opciones tecnológicas y de manejo utilizadas con el objetivo de reducir costos, intensificar las interacciones biológicas de los procesos naturales y proteger la salud y el medio ambiente, además de dar sentido a la sabiduría del pueblo (Restrepo, 1997).

La diferencia más importante entre la agricultura orgánica y la convencional radica en que los agricultores orgánicos evitan o restringen el uso de fertilizantes y pesticidas químicos en sus prácticas agrícolas, mientras que los agricultores convencionales pueden usarlos extensivamente (Oelhaf, 1978) citado por Altieri 1997; de hecho los agricultores orgánicos utilizan maquinaria moderna, las variedades de cultivos recomendadas, semillas certificadas, manejo adecuado del ganado, las prácticas recomendadas para la con-

servación del suelo y del agua, e innovadores métodos de reciclaje de desechos orgánicos y manejo de residuos.

Según FAO, es un sistema global de gestión de producción que fomenta y realza la salud de los ecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo; esto se consigue siempre que es posible, empleando métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema (Tortosa, 2004).

B. Materia orgánica

El hombre ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados; durante 150 años los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica, que consideraba que las plantas se nutrían directamente del humus del suelo y la presencia de este material marcaba su fertilidad (Navarro et al., 1995).

El uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de agricultura orgánica; sin embargo es un error considerar que la agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos” (Julca-Otiniano, et. al. 2006). La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales: a) la diversidad estructural y de procesos, y b) el manejo ecológico del suelo y nutrición (Brenes, 2003).

Según Mustin (1987), la materia orgánica, representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2% (Navarro et al., 1995). Para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en suelos arcillosos medios es del 2%, pu-

diendo descender a 1.65% en suelos pesados y llegar a un 2.5% en los suelos arenosos. La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Graetz, 1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización (Gros y Domínguez, 1992).

La materia orgánica del suelo está formada por todo tipo de residuo orgánico (vegetal o animal) que son incorporados al suelo; de ella también forma parte los microorganismos encargados de descomponer esos residuos; las raíces son la fuente más importante de materia orgánica con la ventaja de que por su crecimiento subterráneo hacen posible la acumulación de materia orgánica a profundidades variables (Mamani, 1996).

La importancia de materia orgánica en el suelo ha sido comprobada por varios investigadores en el mundo; se ha demostrado, que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo (Kolmans y Vasquez, 1995). La materia orgánica en el suelo, produce varios efectos favorables (Guerrero 1993, Miranda 1997), entre las propiedades físicas, químicas y biológicas las cuales se puede mencionar: 1) aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, cobre, fierro, magnesio), 2) activa biológicamente el suelo, al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición que sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno, éstos últimos producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido indol acético, y 3) la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo.

La materia orgánica del suelo ha sido dividido en 5 fracciones diferentes 2 representa desechos y 3 representa materiales verdaderamente incorporados al suelo (Paustian et al.,

1992) citado por Mamani 1996; a) fracción estructural (paja), b) fracción metabólica del desecho, c) fracción activa del suelo, d) fracción del suelo de lenta descomposición, y e) fracción orgánica pasiva del suelo.

(Albrecht 1938; Cole et al. 1987; Doran y Smith, 1937, Follet et al. 1987)³, manifiestan que la materia orgánica es importante porque ofrece ventajas como: contiene la erosión del suelo, suministra nutrientes, tiene poder buffer que impide el cambio de pH, retiene agua, incrementa la CIC, protege la pérdida de nutrientes por lavado, disminuye la compactación, almacena nutrientes de estación a estación, calienta el suelo en primavera, facilita la labranza del suelo cuando, protege contra las plantas enfermas, da mayor aireación y mayor permeabilidad al suelo, protege de los metales pesados y sales tóxicas.

Desde el comienzo de la agricultura pudo conocerse que las plantas que crecían sobre las acumulaciones y desperdicios orgánicos, adquirían un mayor desarrollo y productividad; por este motivo, ya en épocas lejanas se planteaba que era necesario conservar la materia orgánica del suelo para hacer de este un medio más productivo (Reinol, 1978).

Se ha demostrado el efecto favorable de las aplicaciones de materia orgánica sobre las producciones de papa (*Solanum tuberosum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.), y esto por supuesto obedece a que los abonos orgánicos son mejoradores insustituibles de las características físicas del suelo (Guzman 1979; Cardoza, 1981).

³ Citado por Mamani, E. 1996. Materia orgánica y su importancia en la agricultura ecológica. 1ra Edición. Puno Perú. 120 p.

En sistemas productivos, parte de la biomasa producida es exportada bajo forma de producto y la restante permanece en el suelo constituyendo los residuos. Cuando estos residuos son aprovechados para alimentación animal, pueden volver al sistema bajo forma de deyecciones o de estiércol o bien ser degradados por los microorganismos del suelo. Este flujo energético natural ha funcionado durante milenios, manteniendo el sistema en equilibrio hasta que se comenzó a utilizar de forma indiscriminada la fertilización química (Lacasta, 2000).

La materia orgánica en el suelo, facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como plaguicidas; se sabe que la capacidad del suelo para adsorber compuestos químicos como clorofenoles o cloroanilinas aumenta con el contenido en materia orgánica (Vangestel, 1996). La aplicación de enmiendas orgánicas también aumenta la degradación de fumigantes como el 1,3-D (Gan, et al., 1998a), bromuro de metilo y el isotiocianato metilo (Gan et al., 1998b) y disminuye la volatilización de estos tres pesticidas, cuando la enmienda se aplica en los primeros 5 cm. del suelo (Gan et al., 1998a; Gan et al., 1998b). Los pesticidas con materiales catiónicos son firmemente adsorbidos por los coloides del suelo; en cambio, con los pesticidas ácidos hay muy poca adsorción, por lo tanto, se concentran en la solución suelo y en las fases gaseosas (Cremllyn, 1991).

La incorporación del rastrojo es suficiente para mantenimiento de los niveles de materia orgánica cuando éstos están al 1%, (Lopez-Fando, 1993) citado por Lacasta, 2001.

La descomposición de la materia orgánica aumenta la actividad redox beneficiando la solubilidad del Mn (Shuman, 1988). El efecto positivo de la materia orgánica en condiciones del pH alcalino, favorecen la formación de complejos orgánicos solubles con Mn y Cu, inhibiendo su precipitación (Prasad y Power, 1997). Mayores contenidos de mate-

ria orgánica y las fertilizaciones con fósforo favorecen la redistribución del Zn, Mn, Cu y Fe a formas químicas más disponibles para las plantas (Aruani y Sanchez, 2003).

C. Agricultura orgánica y control de contaminación

Como toda solución a los problemas de contaminación, la reducción de la carga o aportación de nutrientes constituye una estrategia básica para la disminución de la contaminación agraria difusa. Es la intensificación del cultivo de leguminosas, el enterrado de la paja, las rotaciones, las técnicas de mínimo laboreo y las cubiertas vegetales, disminuyen las pérdidas de elementos asimilables del suelo. La rotación con barbecho y veza produce un aumento generalizado de macro y micro elementos minerales del suelo. En contraposición, cuando se practica el monocultivo se produce una disminución de alrededor de un 30% de fósforo y potasio asimilable y una disminución generalizada de microelementos. Estos resultados se traducen en que la eficiencia de la fertilización es mejor en los cultivos sometidos a rotación, siendo el barbecho el que mejor se comporta a todos los niveles de fertilización (Lacasta, 2001).

2.1.4 Abonos orgánicos

A. Definición

Se denomina abono orgánico a toda sustancia de origen animal, vegetal o mixto que se añade al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Shoning y Wichmann, 1990). Existen diversas fuentes orgánicas como estiércoles, compost, humus de lombriz, bioabonos, abonos verdes, los cuales varían en su composición química (Guerrero, 1993 y Mamani, 1996). Es un fertilizante aquel que contiene nutrientes y otras sustancias necesarias para mantener la producción agrícola, la sanidad de las plantas y el buen estado del suelo (Universidad Católica de Temuco, 1998).

El uso de abonos orgánicos tiene una rica tradición en los Andes y otras regiones de América Latina, con adaptaciones muy particulares a las condiciones locales. En las formas, los objetivos y los problemas del abonado se encuentran algunas de las principales diferencias entre agricultura convencional y orgánica (Benzing, 2001). Una práctica muy conocida y aplicada en el mundo entero es el uso de estiércol, para restituir nutrientes al suelo; las dosis utilizadas fluctúan entre 25 a 80 t ha⁻¹ (Treto et al., 2005).

La fabricación de los abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos, quimiorganotróficos, que existen en los propios residuos, bajo condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables (Restrepo, 1998).

B. Abonos orgánicos en el suelo agrícola

Una de las estrategias fundamentales para la producción ecológica es el uso de abonos orgánicos como base de la fertilidad del suelo: Lo deseable es que dichos abonos se obtengan a partir de los residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como animal, que la propia chacra genera; ello no solo permite mejorar la fertilidad integral del suelo (física, química y biológica) sino que evita la dependencia de insumos externos a los que generalmente está sujeta la agricultura (Felipe-Morales, 2003). La importancia de la materia orgánica en el suelo ha sido comprobada por varios investigadores en el mundo. Se ha demostrado, que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo (Kolmans y Vasquez, 1995).

La materia orgánica, mejora la estructura, fertilidad y productividad del suelo, a través del efecto favorable que ejerce sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del

suelo (Gross, 1986; Coronado, 1997; Guerrero 1993; Miranda 1997). Una de las maneras de mejorar las condiciones de deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, es añadirle al suelo nutrimentos en forma natural para incrementar la productividad, mediante la aplicación de abonos orgánicos (Santamaría et al., 2001). Esto implica que la fertilización orgánica es considerada como una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos fertilizantes (Romero et al., 2000).

El abono orgánico influye favorablemente en la estructura del suelo, porque proporcionan un ambiente favorable, conservan y modifican la población de microorganismos en general, que asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas (Enlace E2).

Los abonos orgánicos incrementan el contenido de materia orgánica, fósforo y potasio asimilables y calcio intercambiable del suelo (Arzola et al., 2000). Además, aporte de otros nutrientes como microelementos, ácidos fúlvicos y húmicos, incrementa la actividad de microorganismos (Coronado, 1997). Es decir, la materia orgánica produce varios efectos favorables en el suelo, que a continuación se detalla: i) aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas tales como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, cobre, hierro, magnesio, etc. ii) activa biológicamente el suelo, al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición que sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno, estos últimos producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido-indol-acético, y iii) la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo (Guerrero 1993, Miranda 1997).

Los abonos orgánicos son sustancias complejas de lenta liberación de nutrientes, esto significa que una vez incorporadas al suelo se disuelven lentamente y ponen a disposi-

ción de las raíces los nutrientes en forma gradual y sostenida, acorde con el ritmo de crecimiento y desarrollo del cultivo (Felipe-Morales, 2003). Así mismo, otras características son que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo (Romero-Lima, et al. 2000). Contiene formas más asimilables para las plantas, que se encuentran en constante transformación en el suelo, que van a dar mayor vigor a las plantas, reduciendo la susceptibilidad a la incidencia de plagas y enfermedades, que significa menor gasto en compra de plaguicidas y adherentes (Coronado, 1997)

C. Beneficios de abonos orgánicos

Los beneficios que la materia orgánica proporciona al suelo son múltiples, pero los podemos agrupar en dos grandes funciones: ella actúa como un fertilizante o abono orgánico, y por otro lado, también funciona como una excelente enmienda, mejorando las propiedades del suelo (Felipe-Morales, 2003).

Numerosos estudios han demostrado que la incorporación de materia orgánica constituye una alternativa importante en la protección de cultivos; el daño causado por nematodos no es tan severo en suelos enriquecidos con materia orgánica como en suelos con bajo contenido de ésta; la aplicación de materia orgánica en forma de compost mejora las propiedades físicas del suelo y promueve un mejor desarrollo de la planta, proporcionando mayores rendimientos a pesar de la presencia de los nemátodos (Iriarte et al., 1999).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al., 2000). Además el valor de la materia orgáni-

ca que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Los abonos orgánicos al tener una composición tan completa de nutrientes, cuando se descomponen en el suelo liberan no solo nitrógeno, fósforo y potasio sino muchos otros nutrientes (macro y micronutrientes) y sustancia orgánicas diversas. Algunos como los bioabonos, liberan además hormonas vegetales (fitohormonas) que estimulan el crecimiento y floración de los cultivos (Felipe-Morales, 2003).

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de los patógenos del suelo, y sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (Romero-Lima et al., 2000). Abawi y Thurston (1994), mencionan la influencia de los mejoradores orgánicos sobre los patógenos del suelo y señalan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, en suelos cultivados varía de 100 a 600 mg kg-t de C-biomasa (Anderson y Domsch, 1989).

Algunos campesinos y técnicos piensan que el interés es porque tienen las siguientes ventajas: i) Se aprovechan los materiales orgánicos de la comunidad, ii) no hay que comprar los materiales, iii) dan trabajo a la comunidad, iv) participa toda la familia, v) su manejo es sencillo, vi) es fácil entender como se hace, vii) se pueden intercambiar o vender, viii) no dañan la tierra y nuestra salud, y ix) cambia la costumbre de usar fertilizante químico. A estas ventajas de trabajar con abonos orgánicos, se le suman las ventajas de su efecto sobre la tierra, las cosechas y los alimentos: i) mantienen y crean la vida de microbios en la tierra, ii) si la tierra es dura la hace más suave, iii) si la tierra es arenosa la hace más firme, iv) ayudan a retener el agua de lluvia, v) dan más tipos de nu-

trientes en un estado en que las raíces los pueden tomar, vi) aumentan el grueso de los tallos y tamaño de los frutos, vii) afirman los colores de tallos, hojas y frutos, viii) aumentan las cosechas, ix) los nutrientes permanecen por 2 ó 3 años en la parcela, x) aumentan y afirma el sabor y el olor de los frutos, y xi) aumentan la cantidad y calidad de proteínas de los frutos.

D. Abonos orgánicos y contaminación

Las medidas de nitratos en la pulpa de tubérculos parecen indicar que el nivel de nitratos era alto en las papas que recibieron mayores dosis de gallinaza. No obstante, dado que las determinaciones con varillas reflectométricas tienen carácter de sondeo, de confirmarse, si estaría hablando de una agricultura biológica (aquella que presenta los mismos problemas que se observan en la agricultura convencional, verbigracia, poca cantidad de materia seca, alto contenido en nitratos, etc.). Los niveles de materia seca y nitratos sean similares en ambos tipos de agricultura, también sería conveniente que se controlen los contenidos en materia seca y nitratos, que puedan dar pautas sobre si se está haciendo una agricultura ecológica correcta (Gonzales, et al., 1998).

Kulakovskaya y Brysozovskii (1984) citado por Romero-Lima et al., (2000), encontraron que la combinación de fertilizantes minerales y orgánicos mejoran la calidad de papa y que la fertilización mineral alta reduce el valor biológico de las proteínas en los tubérculos. Buchanan (1993) indica que al usar composta de pollinaza se incrementa el rendimiento de papa, aunque se observó también un efecto residual, pues en ciclos sucesivos encontró una alta concentración de N en suelo, con lo que la planta absorbió más N del requerido, lo que retardó la formación y maduración de tubérculos.

E. Tipos de Abonos orgánicos

Existen diversas fuentes orgánicas como abonos verdes, estiércoles, compost, humus de lombriz, bioabonos, los cuales varían en su composición química (Guerrero, 1993 y Mamani, 1996).

Existen 2 tipos de fertilizantes orgánicos, unos se aplican al suelo y otros directamente a las hojas de las plantas (Jaramillo, 1998), entre los que se aplican al suelo se encuentran el estiércol, la composta y el humus de lombriz y los que se aplican al área foliar se encuentran el biol y otros abonos líquidos. La fertilización de los suelos en la zona andina se basa en el uso del estiércol de ovino, llamado "jiri" su uso demostró que produce incrementos en el rendimiento del cultivo de papa (Tapia, 1992).

E1. Estiércol

Los estiércoles son los excrementos de los animales, cuyos resultados vienen a ser como desechos del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen; las principales ventajas que se logran con la incorporación del estiércol es el aporte de nutrientes, incremento en la capacidad de retención de humedad y mejora de la actividad biológica con los cuales se incrementa la productividad del suelo (Mamani, 1996).

La composición química del estiércol varía de acuerdo al tipo de animal, respecto al contenido de nitrógeno, existe más en el estiércol de gallina y cuy, con contenidos que varían entre 6.11 y 4.3% respectivamente. Relativo al fósforo existe mayor cantidad en estiércol de ovino, cerdo y gallina con 3.81, 4.52 y 5.21% respectivamente; mientras que el potasio existe mayor cantidad en estiércoles de cerdo, gallina y cuy con 2.89, 3.20 y 3%

respectivamente. El estiércol fresco si bien tiene mayor cantidad de nutrientes, al ser aplicado es fuente de patógenos y de semillas de plantas espontáneas (Suquilanda, 1996).

CUADRO 2.4
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ESTIÉRCOL DE ANIMALES

<i>Abonos</i>	<i>Nitrógeno (%) N</i>	<i>Fósforo (%) P₂O₅</i>	<i>Potasio (%) K₂O</i>
Vaca	0.4 – 1.67	0.15 – 1.20	0.45 – 1.89
Caballo	0.5 – 1.98	0.25 - 1.29	0.30 – 2.41
Oveja	0.6 – 3.81	0.4 – 3.81	0.30 – 2.62
Llama	3.93	1.32	1.34
Alpaca	1.3 – 3.60	0.5 – 1.12	0.5 – 1.29
Vicuña	3.62	2.0	1.31
Cerdo	0.6 – 3.73	0.4 – 4.52	0.3 – 2.89
Gallina	0.14 – 6.11	5.21	0.8 – 3.20
Conejo	0.2 – 1.91	0.13 – 1.38	0.12 – 1.30
Cuy fresco	4.3	1.1	3.0

Fuente: 1) Suquilanda, M. 1996. Agricultura orgánica.

2) Pascuali, J. 1980. Boletín Suelos FAO.

3) Universidad Católica de Temuco CDS-CET. 1998. Manual de producción orgánica. Chile

4) Cari, A. 1998. Laboratorio de Suelos UNA Puno.

A nivel nacional se estima que la cantidad total de estiércoles producidos por los 6 tipos de ganado, es de aproximadamente 50 millones de TM/año. Ello sin considerar otras especies de animales cuya extensión es minoritaria o muy localizada a ciertas zonas como es el caso de las alpacas, llamas, vicuñas y cuyes (Felipe-Morales, 2003).

E2. Composta

Se define como el producto de la degradación biológica de desechos orgánicos bajo condiciones controladas. Es básicamente un proceso aerobio, en la cual se desarrollan altas temperaturas que eliminan la mayoría de los patógenos; posteriormente cuando la temperatura baja nuevamente, el sustrato es colonizado nuevamente por bacterias y hongos saprófitos. Esta etapa final de maduración del compost es fundamental para que exprese condiciones supresivas de las enfermedades vegetales (Gepp, 1999).

Los microorganismos, hongos, insectos, gusanos, ácaros y otros animalitos convierten el carbono de las plantas muertas en energía para su propio crecimiento; al mismo tiempo, liberan dióxido de carbono al aire. Asimismo, incorporan los nutrientes de las plantas en descomposición a sus cuerpos y luego devuelven a la tierra. Otros microorganismos y plantas utilizan el carbono y nutrientes liberados por este proceso y el ciclo empieza de nuevo. El material que queda después del proceso de descomposición se parece a la materia orgánica que forma parte del suelo. Retiene agua y nutrientes y hace la tierra más porosa y fácil de labrar (Cooger, 2001).

El compost es el reciclaje de desperdicios y residuos (malezas, residuos de cultivos, desperdicios post cosecha, camada, orines, desechos humanos). La conversión de la materia orgánica en humus asegura la liberación lenta de nutrientes sobre el plazo, y tiene el efecto de estimular actividad microbial, mejorar la estructura del suelo y aumentar la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades (Fairbairn y Morales, 2001).

Se ha documentado que la adición de compostas contribuye a incrementar la disponibilidad de fósforo para las plantas (Manssur et al., 1983) citado por Mora (2006) y reducir la efectividad de la concentración de los pesticidas en el suelo mediante la formación de enlaces de sus moléculas con las moléculas orgánicas (Chopera y Magu, 1985a, 1985b, citados por Dick McCoy, 1993). También la materia orgánica puede enlazar o quelar minerales trazas disminuyendo la extracción por las plantas en período de crecimiento (Dick y McCoy, 1993) citado por Mora, 2006.

E3. Humus

Es el producto final de la descomposición de la materia orgánica, es insoluble en el agua. El humus es una fuente importante de nutrientes. Por consiguiente, el humus además de

presentar por este motivo una alta capacidad de cationes de cambio, adsorbe nutrientes disponibles, evita el lavaje y los pone a disposición de las plantas. Una de las más importantes características del humus es su contenido de nitrógeno el cual fluctúa entre 4 a 6% (Mamani, 1996). El humus constituye, casi siempre, el factor determinante de la fertilidad de los suelos. Un suelo ideal debería contener al menos del 2 al 2.5% de humus (5% de materia orgánica seca con un nivel de humificación del 40%). Se estima que se debe tender a establecer un porcentaje del orden del 3% para tener un adecuado nivel de seguridad en las buenas tierras agrícolas (Fuentes, 1987).

Ningún fertilizante químico consigue sustituir el efecto de la materia orgánica; la fertilización mineral por más completa que sea nunca consigue mantener la productividad del suelo; cuando la materia orgánica es humificada trae mayores beneficios: aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, aumenta el poder tampón, esto es, la resistencia contra la modificación brusca del pH siendo especialmente importante para tierras fertilizadas y provee sustancias como fenoles que contribuyen a la respiración y mayor absorción de fósforo además de mejorar la sanidad vegetal (Neugebauer, et. al. 1993). Además, que el humus es libre de estos patógenos y semillas, contiene otras sustancias que permite que la planta desarrolle mejor y está protegido (Suquilanda, 1996).

La velocidad de humificación de los materiales orgánicos es un parámetro muy importante a la hora de valorar el equilibrio húmico de un suelo y, por lo tanto, su fertilidad, que se ve favorecida al aumentar los valores de aquella. Los factores que regulan dicha velocidad de humificación son (Terrón, 1988): i) Naturaleza del residuo, los residuos vegetales, la lignina engloba la mayor parte de la celulosa y hemicelulosa retrasando su descomposición. ii) Humedad, la multiplicación microbiana exige la presencia de agua en el propio residuo (tallos y hojas tiernas, estiércoles frescos, etc.), o en el suelo. iii) Aireación, la flora microbiana aerobia presenta mayor actividad y por tanto se puede

beneficiar con las labores del suelo, un buen drenaje, con la disgregación de los montones de estiércol, etc. Por el contrario, en condiciones anaerobias la humificación es muy lenta e incompleta. iv) Temperatura, según la ley de Van't Hoff, la velocidad de reacción se duplica o triplica por cada 10°C que aumenta la temperatura media anual de una zona, aunque esta ley sólo es válida para un intervalo entre 5°C y 40°C. Si se supera esta temperatura, la oxidación de los compuestos carbonados y la pérdida de nitrógeno es tan intensa que se reduce el valor fertilizante del humus que se forma a estas temperaturas. Si se superan los 70°C, las pérdidas vuelven a ser pequeñas, pues la actividad microbiana se reduce a la actuación de la microflora termófila. v) Contenido en elementos minerales, la multiplicación microbiana exige la utilización de elementos minerales, tales como: nitrógeno fósforo, azufre, calcio, etc. Pero de todos ellos el que juega el papel más importante en la humificación es el nitrógeno, ya que actúa de elemento limitante, vi) Condiciones del suelo: pH y salinidad, para que se produzca una adecuada evolución de la materia orgánica el pH debe estar comprendido entre 6 y 7,2, siendo las condiciones más desfavorables las de pH menor de 5,5, en el que se desarrolla una flora acidófila, y las de pH superior a 7,5, donde la flora es basófila.

E4. Excreta de lombriz “Humus de Lombriz”

Se denomina humus de lombriz a los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión (Mamani, 1996). Se denomina también la excreta de lombriz ó vermicomposta (Miranda, 1997). El humus de lombriz, procede de alimentar a los lombrices con estiércoles bien maduros de ganado vacuno, ovino, porcino, equino, conejo, etc., con lo que se obtiene un fertilizante muy completo, un producto terminado, muy estable, imputrescible y no fermentable (Fuentes, 1987).

Los gusanos de tierra (lombriz), consumen residuos animales y vegetales en proceso de descomposición, predigeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros; estos degradan las proteínas y la celulosa transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación. Además, la excreta de lombriz tiene antibióticos y compuestos bio estimulantes que estaban contenidos en el citoplasma de los hongos y microorganismos fúngicos (Fuentes, 1987).

El humus de lombriz es un fertilizante ecológico, resultante de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufren los residuales sólidos orgánicos, durante el proceso de ingestión y digestión por parte de las lombrices de tierra, así como de los microorganismos asociados existentes en el tracto digestivo de éstas. Este fertilizante ecológico es de color pardo oscuro a negro, aspecto esponjoso, suave, ligero (densidad volumétrica entre 0.5 – 0.7 gr/cm³, granular e inodoro. Su granulometría es muy fina, lo que le confiere la propiedad de actuar rápidamente en el suelo y realizar sus efectos beneficiosos en breve espacio de tiempo; es rico en sustancias antibióticas y fitohormonas (citoquinonas, auxinas, entre otras) muy necesarias para los suelos y plantas (Bernaza y Paez, 2005).

En general, las ventajas de excreta de lombriz o vermicompost, según resultados logrados son numerosas:

- Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos (Fuentes, 1987).
- Inhibe el desarrollo de bacterias, hongos y nemátodos que afectan a las plantas (Miranda, 1997; Fuentes, 1987).
- Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces (Fuentes, 1987).

- Su pH neutro contribuye al mantenimiento, desarrollo y diversificación de la microflora y micro fauna del suelo (Fuentes, 1987).
- La acción microbiana del humus de lombriz hace asimilable para las plantas minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos (Fuentes, 1987).
- Transmite directamente del terreno a la planta hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras (Fuentes, 1987).
- Aporta e incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, y los libera gradualmente (Fuentes, 1987; Miranda, 1997).
- Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos mejora las características químicas del suelo (Fuentes, 1987; Guerrero, 1993 y Mamani, 1996).
- Es un abono rico en hormonas, contiene auxinas, giberelinas y citoquininas. El estiércol de lombriz se comporta como una hormona o contiene las fitohormonas estimulante del crecimiento vegetal, ya que 1 mg/g de humus es equivalente en actividad a 0.01 mg/litro de ácido indolacético (Ttito, 1999).

La excreta de lombriz interviene como cementante, porque un 1% de ácido húmico tiene la misma eficacia que un 11% de arcilla; Además del incremento de la capacidad de retención del agua, aumento de la temperatura del suelo, la función química, influencia esencial del complejo arcillo húmico sobre la fijación de cationes, de NH_3 y de fosfatos. Finalmente, es la base para la producción del CO_2 , que actúa muy energicamente en la solubilización de los elementos fertilizantes (Fuentes, 1987).

En el caso de la nutrición de las plantas de chile (*Capsicum annuum* L.), es posible utilizar alternativas a los fertilizantes químicos. Una de estas es la vermicomposta, cuya técnica además de recuperar energía de desechos orgánicos, permite disponer de nutriment-

tos suficientes para la planta. Este proceso se lleva a cabo en el intestino de la lombriz de tierra *Eisenia foétida*, cuyo producto final es un material rico en nutrientes fácilmente asimilables por las plantas y al aplicarse al suelo, ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo (Manjares-Martinez et al., 1999).

Lombricompost es el resultado del procesamiento por las lombrices de desechos orgánicos y posee efectos similares a los de compost, pero a diferencia de éste, no sufre el proceso de desinfección por alta temperatura, por lo cual determinadas estructuras de algunos patógenos, hongos en particular, pueden sobrevivir en él (Gepp, 1999).

El humus de lombriz es simplemente la materia orgánica en estado avanzado de descomposición, la cual adquiere la consistencia de una masa amorfa, homogénea y de color oscuro. Por medio del trabajo directo de la lombriz de la tierra, que es una técnica empleada para la transformación de residuos sólidos orgánicos, se obtiene el humus de lombriz, que es uno de los abonos de mejor calidad debido a su efecto en las propiedades biológicas del suelo (Peña, 2002).

Aporte de nutrientes del Humus

Es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad debido particularmente su efecto en las propiedades biológicas del suelo “vivifica el suelo”, debido a la gran flora microbiana que contiene 2 billones de colonias de bacterias por gramo de humus de lombriz. Además, una lombriz produce aproximadamente 0.3 gramos de humus diariamente, por lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus (Mamani, 1996).

El humus contiene hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas. La aplicación de excreta de lombriz, contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, contiene hormonas naturales como el ácido indolacético y ácido giberélico, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas) debido a su capacidad de absorción, su actividad residual se mantiene en el suelo hasta por cinco años, lo que indica que el humus puede almacenarse durante mucho tiempo sin alterar sus propiedades en condiciones de 40% de humedad, y tiene un contenido en carbono treinta veces superior al que posee de nitrógeno (Guerrero, 1993 y Mamani, 1996).

Igualmente, según varios autores (Cuadro 2), la composición química del humus de lombriz, también es variable, dependiendo si ésta proviene de abonos orgánicos o residuos domésticos. Relativo a la cantidad de nitrógeno en el humus de lombriz puede variar desde 1.5 a 3.3%; mientras que el contenido de fósforo varía desde 0.23 a 2.3% y finalmente el contenido de potasio varía desde 1.07 a 5.31% (Romero-Lima, et al., 2000).

La composición físico-química del humus de lombriz varía en función del tipo de alimento para las lombrices, del tiempo de producido el humus, del estado de conservación y manejo de la cría de lombrices, entre otros factores. El alto peso molecular de la fracción orgánica del humus, le facilita tener una gran capacidad de intercambio catiónico y un poder significativo de absorción de nutrientes y humedad (Bernaza y Paez, 2005). Recientes estudios han demostrado que la incorporación del humus de lombriz, así como de compost maduros, tiende a absorber y posteriormente a fijar metales pesados en el suelo lo que evita su traslocación a las plantas y animales, o bien su lixiviación hacia los acuíferos subterráneos. El uso de humus de lombriz puede fijar estos agroquímicos en el suelo, o bien biodegradarlos, atenuando su lixiviación y evitando su entrada en las aguas subterráneas (Martínez, 2003).

E5. Abono orgánico líquido o biol

El biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La técnica empleada para lograr éste propósito son los biodigestores. Los biodigestores se desarrollaron principalmente con la finalidad de producir energía y abono para las plantas utilizando el estiércol de los animales. El biol es el líquido que se descarga de un biodigestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Las excretas contienen nutrimentos que los cultivos pueden utilizar, pero también poseen altas concentraciones de coniformes fecales que producen enfermedades infecciosas, capaces de causar hasta la muerte en los humanos. Por ello, para utilizarlas como fertilizantes, es necesario darles un tratamiento que elimine estos agentes infecciosos. Una forma de hacerlo es mediante biodigestión. Al usar un bidigestor se utilizan los nutrimentos contenidos en las excretas y, además, se reducen la contaminación ambiental, ya que convierte las excretas que contienen microorganismos patógenos como bacterias protozoos, larvas, huevos, pupas de insectos, etc., en residuos útiles y sin riesgo de transmisión de enfermedades (McCaskey, 1990) citado por Soria et al., (2001).

Además de generar gas combustible, la fermentación anaerobia de la materia orgánica produce un residuo orgánico de excelentes propiedades fertilizantes, evitando en esta forma la competencia que se podría presentar con el aprovechamiento tradicional de los residuos animales y agrícolas con fines fertilizantes o como combustible. La composición del bioabono en promedio tiene 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5 (Botero y Thomas, 1987).

Entre los abonos orgánicos líquidos existe el biol que es una fuente orgánica cargada de fitoreguladores obtenido por medio de filtración o decantación del bioabono que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Se obtiene del

proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. El biol se aplica al área foliar de las plantas, se ha comprobado que aplicados foliarmente a los cultivos de alfalfa, papa y hortalizas en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas (Mamani, 2000).

La composición química del biol, también es variable, dependiendo de las diferentes sustancias utilizadas en su elaboración; una de ellas cuando los insumos son el estiércol fresco de vacuno, estiércol de cuy, humus de lombriz, azúcar rubia o melaza, leche de vaca, sales minerales, urea superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio, son los siguientes: nitrógeno (8%), fósforo (1.52%) y potasio (6%), además de los micro elementos hierro, magnesio, zinc, cobre, boro y azufre (Cahuana y Flores, 2003).

Existen diversas formas para enriquecer el biol en el contenido de fitoreguladores así como de sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5% del peso total de la biomasa, también se logra un mayor contenido en fósforo adicionando vísceras de pescado a 1 kg/m². El efecto de este producto permite que las plantas desarrollen más resistentes a plagas y enfermedades (Mamani, 2000).

Las ventajas conocidas del biol, son las siguientes: proporciona el micro nutriente esencial para los cultivos en forma de ácido húmico, es fuente de microorganismos útiles antibióticos naturales y elementos bioestimulantes, y reactiva la vida microbiana del suelo. Considerando que el 92% de la cosecha depende de la actividad fotosintética y el 8% de los nutrimentos que la planta extrae. El biol contiene además, ácido indolacético, gibberelinas, tiamina, piridoxina, riboflavina, ácido fólico, triptófano (Mamani, 2000).

Crocomo (1965) citado por Mamani (2000), menciona que cualquier planta absorbe los nutrientes minerales u orgánicos que se aplique a sus hojas e incluso en los tallos, dicha absorción es por vía estomática, cutícula foliar y facilitado por los ectodermos. Igualmente Mengel (1978) citado por el mismo autor, indica que la absorción foliar de los nutrientes minerales, es un proceso metabólico activo. Los mecanismos de la toma de los iones por las hojas son similares a aquellos realizados por las raíces.

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Abonos orgánicos en cultivos en general

Las aplicaciones de 6 t ha⁻¹ de humus de lombriz y de 30 t ha⁻¹ de estiércol vacuno produjeron en el primer año rendimientos de semillas de *Andropogum* (*Andropogum gayanus*) similares a los alcanzados con el fertilizante químico; en el segundo año, el humus de lombriz combinado con el 50% del fertilizante nitrogenado y el estiércol solo mostraron rendimientos semejantes al observado con la fertilización mineral; las aplicaciones de 6 t ha⁻¹ de humus de lombriz y de 30 t ha⁻¹ de gallinaza produjeron en ambos años rendimientos de semillas de kudzú similares a los obtenidos con la aplicación del 100% del fertilizante químico. En ambas especies, los mayores valores de germinación de las semillas se observaron en los tratamientos fertilizantes con los abonos orgánicos (Arzola, et. al. 2000).

El rendimiento de grano de maíz con el tratamiento de fertilización inorgánica 120-40-00 de NPK fue el mejor (6.05 t ha⁻¹); el abono orgánico de compost (5.66 t ha⁻¹) mostró similares resultados; los abonos orgánicos, principalmente compost con dosis de 20 a 30 t ha⁻¹, constituyen una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica (Dimas, J. et. Al. 2001).

El humus debe aplicarse en una cantidad mínima de 3 t por año. Su uso se justifica principalmente para la fertilización integral (orgánica-mineral) en cultivos de alta rentabilidad, particularmente hortalizas. La forma de aplicación más conveniente es localizar el humus en golpes entre las plantas o en bandas (Miranda, 1997 y Enlace E2).

2.2.2 Abonos orgánicos en el cultivo de papa

En la zona andina, generalmente siembran las variedades nativas de papa, las variedades mejoradas no son preferidas para consumo; porque se prefiere sus cualidades culinarias (Carney, 1980)⁴. Por lo cual se venden a precios más altos en los mercados urbanos, donde se les considera un producto de lujo; las variedades nativas están muy bien adaptadas a las condiciones de producción de las zonas más altas, y son mayormente resistentes a la helada y granizo, produciendo de manera razonablemente satisfactoria con pocos abonos químicos y pesticidas (Morlón, 1992).

Variedades nativas como imilla negra e imilla blanca, constituyen material genético más promisorio que las variedades introducidas a pesar de que estas puedan superar a las nativas en rendimiento; éstas variedades son estables en producción en el tiempo y en condiciones de riesgos en Puno (Reynoso, et. al. 1991).

Climent et al., (1990)⁵, indica que al añadir 18 a 36 t ha de residuos sólidos urbanos (RSU) compostado y con una relación de C/N, corregida con la aplicación de fertilizantes nitrogenado mineral, lograron incrementar el rendimiento de papa en un 25% con relación al control.

⁴ Citado por Morlon, P. 1992. Comprender la agricultura campesina de los andes Perú y Bolivia.

⁵ Citado por Julia-Otiniano, A. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura.

Empleando abono orgánico compost de RSU de recogida selectiva sobre un cultivo de patata variedad Jaerla, en la dosis de 22 t ha⁻¹(C1) y 44 t ha⁻¹ y su testigo, se han registrado diferencias significativas al nivel 5% en producción, de mayor a menor: C1, C2 y Testigo. El número de patatas /m² fue superior en los tratamientos C1 y T respecto a C2 (p<0.05), debido a la peor nascencia en C2 y a un menor número de patatas por planta en la dosis alta (Aguilar et al., 1994).

Utilizando distintas dosis de gallinaza comportado en el cultivo de papa, se han obtenido un promedio de 28.76 Kg/7.5 m², equivalente a 38 t ha⁻¹ (Gonzales et al., 1996).

A. Humus de Lombriz en el Cultivo de Papa

Kulakovskaya y Brysozovskii (1984)⁶ encontraron que la combinación de fertilizantes minerales y orgánicos mejora la calidad de papa y que la fertilización mineral alta reduce el valor biológico de las proteínas en los tubérculos.

El humus natural "jiri" en combinaciones con otros abonos como el "wanu", "wajra abono" y "fertilizante" (15-15-15) incrementan los rendimientos de la papa (Waych'a y Bola Luk'i). La incidencia de verruga (*Synchytrium endobioticum*) es menor, pero se desconoce la acción que puede incidir positivamente en la movilización de nutrientes en el suelo (actividad microbiana) o en la actividad biológica de las plantas (bioactivo, enzimas) (Valdez, 1995).

⁶ Citado por Romero-Lima, M. et al. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales.

La aplicación de vermicomposta (excreta de lombriz) produjo menores niveles de rendimiento de papa que gallinaza y composta, con reducción de rendimiento al elevar la dosis de vermicomposta, pero en la dosis recomendada obtuvo mayor concentración de N en tubérculos y, por tanto mejor calidad biológica al aumentar el contenido de proteína (Romero-Lima et al., 2000). Los rendimientos obtenidos en la variedad imilla negra fueron de 20,000 kg ha⁻¹ con la utilización de biol.

CUADRO 2.5
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HUMUS DE LOMBRIZ

Componente	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
N (%)	1.5-3.3	1.95-2.2	2.99	1.95	1.54	2.08
P (%)	0.07-0.25	0.23-1.8	2.30	1.55	0.21	0.80
K (%)	0.44-0.77	1.07-1.5	1.28	1.12	0.46	0.50
Ca-total ppm	2.8-87	2.7-4.8	0.80	5.03*		2.04
Mg-total ppm	0.2-0.5	0.3-0.81	0.40	0.77*		0.85
Mn-total ppm	260-576	455 mg/kg	328			408
Cu-total ppm	85-490	89 mg/kg	322			.
Zn-total ppm	87-404	125 mg/kg	133			217ppm
Boro		57.8 mg/kg	3.1			.

Fuentes: 1) Asociación Nacional de Lombricultura, 1996.

2) Centro de Investigación y Desarrollos de lombricultura

3) IPAE AGRISUR

4) Arzola, et al., 2000. * = Se refiere a porcentaje (%)

5) Coronado, M. 1997.

6) Finca Experimental Santa Lucía UN, 2002.

CUADRO 2.6
OTROS COMPONENTES DEL HUMUS DE LOMBRIZ

Componentes	Concentración	Rango
pH	.	6.8-7.2
CaCO ₃	%	8-14
Cenizas	%	27.9-67.7
Carbono orgánico	%	18.7-38.8
NH ₄ /N total	%	20.4-6.1
NH ₃ /N total	%	79.6-97
N-NH ₄	ppm	52-70
N-NH ₃	ppm	210-1698
CIC	meq/100 gr	75-81
Acid H/acid F	ppm	1.4-2
Capacidad de retención de humedad	ppm	1300 cc/kg seco
Actividad fitohormonal	.	1 mg/L de C.H.S= 0.01 mg/l de A.1
Superficie específica	.	700-800 m ² /g

Fuente: Asociación Nacional de Lombricultura, 1999

Producción de Humus de Lombriz

En la crianza de lombriz se requiere dos áreas: una para la preparación de alimento y otra para las camas, ambas deben ser techadas. La relación adecuada entre el área neta de las camas y el área requerida para preparación de alimentos es de aproximadamente 2 a 1; si esta es de 300 m² entonces hay que considerar para la preparación del compost-alimento un área aproximada de 150 m². El requerimiento de estiércol se estima en función al tamaño de la planta; para 300 m² de camas, que van a producir 150 tm de humus por año se requieren 250 tm de compost-alimento y para poder preparar esta cantidad de alimento se requiere 175 tm de estiércol y 75 tm de paja o rastrojo de cosecha (la relación de 7: 3 en peso). Para obtener estas 175 toneladas de estiércol al año se necesitarían 23 cabezas de ganado de aproximadamente 300 kg que estén permanentemente en el fundo.

B. Biol en el Cultivo de Papa

El biol, puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, suelo, semilla y a la raíz.

La dosis recomendable de abono foliar orgánico es 1.5 litros/4 litros de agua es el tratamiento que mejores resultados ha dado principalmente para la obtención de tubérculos de mayor peso; además la aplicación de 6 veces con un intervalo de 10 días, fue el tratamiento que mejor efecto ha tenido en la producción de tubérculos, en toda las clases salvo en la 4ta. clase (Mamani, 2000).

Producción de Biol

Al nivel de productores pequeños, el propósito fundamental para la implementación de los biodigestores es la producción de abono líquido y sólido, esta se puede realizar de diversas formas, pero garantizando las condiciones anaeróbicas. Una de las formas para producir abono, es lo que se viene implementando con el nombre de los biodigestores campesinos que consiste en lo siguiente: los materiales que se utilizan son una manga de plástico gruesa cerrada de 5m como mínimo, 40 cm de un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro, una botella de gaseosa (1,5 l) descartable y tiras de jebe. La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación, sin embargo si utilizamos estiércol fresco utilizaremos 3 cantidades de agua por una de estiércol.

Según Suquilanda (1996) citado por Zvietcovich (2003), la composición bioquímica del biol obtenido del estiércol de ganado lechero estabulado, que recibe en promedio una

ración diaria de 60% de alfalfa, 30% de maíz ensilado y 10% de alimentos concentrados (BE), contiene elementos precursores y hormonas vegetales.

CUADRO 2.7
COMPONENTES DE BIOL, EN BASE A ESTIÉRCOL DE VACUNO

COMPONENTE	UNIDAD	COMPOSICION BIO-QUIMICA*
Sólidos Totales	%	5.6
Materia Orgánica	%	38
Fibra	%	20
Nitrógeno	%	1.6
Fósforo	%	0.2
Potasio	%	1.5
Calcio	%	0.2
Azufre	%	0.2
Ácido indol acético	Ng/g	12.0
Giberelinas	Ng/g	9.7
Purina	Ng/g	9.3
Tiamina B1	Ng/g	187.5
Riboflavina B2	Ng/g	83.3
Piridoxina B6	Ng/g	31.1
Acido Nicotínico	Ng/g	10.8
Acido Folico	Ng/g	14.2
Cisterna	Ng/g	9.2
Triptofano	Ng/g	56.6

Fuente: Manuel Suquilanda B. 1996

* Se refiere a la composición bioquímica del biol obtenido del estiércol de ganado lechero estabulado, que recibe en promedio una ración diaria de 60% de alfalfa, 30% de maíz ensilado y 10% de alimentos concentrado, contiene elementos precursores y hormonas vegetales.

Al usar un biodigestor se utilizan los nutrientes contenidas en las excretas y, además se reduce la contaminación ambiental, ya que convierte las excretas que contienen microorganismos patógenos como bacterias, protozoos, larvas, huevos, pupas de insectos, etc. En residuos útiles y sin riesgo de transmisión de enfermedades (McCaskey, 1990).

CUADRO 2.8
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE BIOL.

<i>Elementos nutritivos</i>	<i>Concentración (%)</i>	<i>Método de Análisis</i>
Nitrógeno	8.00	Semi micro Kjeldahl
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.52	Metavanadato de Amonio
Potasio (K ₂ O)	6.00	Combustión húmeda lectura fotómetro de llamas
Hierro (Fe)	0.070	EDTA
Magnesio (Mg)	0.260	EDTA
Zinc (Zn)	0.080	EDTA
Cobre (Cu)	0.035	EDTA
Boro (B)	0.026	Carmín Acido Sulfúrico Q.P.
Azufre (S)	0.105	Vía húmeda con Acido Sulfúrico Q.P.

Fuente: Laboratorio de Servicio Nacional de Análisis en Salcedo Puno, 2003.

CUADRO 2.9
ANÁLISIS QUÍMICO DEL ABONO FOLIAR ORGÁNICO

<i>Componente químico</i>	<i>Unidad</i>	<i>Abono foliar orgánico</i>
CE 25°C	mmhos/cm	2.35
pH	.	5.1
Ca	meq/l	7.4
Mg	meq/l	105
Na	meq/l	165
K	meq/l	7.4
P	meq/l	73
NO ₃	meq/l	8.85

Fuente: Mamani, D. O. 2000.

2.2.4 Contaminación del ambiente con nitrógeno

Nierenberg (2001), indica que en el mar Báltico, más de un tercio del nitrógeno que entra consiste en óxidos de nitrógeno generados por la combustión del carbón y el petróleo en los países circundantes. El Báltico es un ambiente natural bajo en nitrógeno que soporta una única comunidad de organismos adaptado a esas circunstancias. Pero al aumentar los niveles de nitrógeno, las cianobacterias proliferan, alterando el equilibrio ecológico. Al descomponerse las floraciones, absorben el oxígeno del agua, un cambio al que el Mar Báltico es especialmente sensible, dado que sus aguas son bajas en oxígeno.

Smil (1997), describe que la eutrofización constituye una plaga de las zonas sobrecargadas de nitrógeno, como son el brazo de mar de Long Island en el estado de Nueva York, la bahía de San Francisco en California o enormes zonas del mar Báltico. La escorrentía superficial de fertilizantes que escapan de los campos de Queensland amenaza con un crecimiento excesivo de algas en algunas partes de la Gran Barrera de arrecife australiana. Además, señala que el agua de los pozos del “cinturón del maíz” americano y las aguas subterráneas de muchas partes de Europa occidental presentan una peligrosa acumulación de nitratos. Concentraciones que exceden con mucho los límites legalmente autorizados aparecen no sólo en los arroyuelos que drenan las áreas de cultivo, sino también en ríos principales, como el Mississippi o el Rin.

Picone et al., (2003), señalan que de los 39 pozos examinados, 13 presentaron concentraciones de nitratos que excedieron en 0,2 a 6,5 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ de agua al valor crítico de 10 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ de agua, establecidos por la Agencia de Salud Pública de EE.UU. para consumo humano. En las restantes muestras, los niveles de nitratos fluctuaron desde 0 hasta 9,6 mg N-NO₃⁻ L⁻¹ de agua. Las concentraciones altas de nitratos se registraron en pozos ubicados en áreas que tuvieron un uso agrícola intensivo, con aplicación de fertilizantes a largo plazo.

Nierenberg (2001), afirma que las floraciones de algas y las zonas muertas hoy son un rasgo regular de la vida costera en muchos otros lugares del mundo, desde la costa de Nueva Inglaterra, a la costa oriental de India, y frente a Japón y Corea. La mayoría de los ecosistemas costeros del mundo sufren algún grado de hipoxia, en los años ochenta y noventa se nota una proliferación de mareas rojas. Igualmente ha aumentado el número de especies de algas involucradas. A comienzos de los noventa, sólo se conocían 20 especies que provocaran floraciones tóxicas; hoy, por lo menos se han identificado 85 especies. El exceso de nitrógeno del suelo afecta también de otras maneras a los bosques y campos. Puede reducir la resistencia al frío en ciertas especies de árboles y hacerlos más propensos a las enfermedades o a la muerte durante el invierno. Igualmente tiende a reducir la densidad de las raíces finas que a su vez restringe la captación de agua y nutrientes y hace a las plantas más susceptibles a la sequía. En las capas altas de la atmósfera, el óxido nitroso tiende a destruir la capa de ozono estratosférico que protege la Tierra contra la dañina radiación ultravioleta. El óxido nitroso también es un potente gas de invernadero. Molécula-por-molécula, es 200 veces más potente en retener el calor que el CO₂. Por suerte, es menos común que el CO₂, pero aún así representa del 2 al 3 por ciento del calentamiento global.

Todo el mundo está expuesto a pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno en el aire. La exposición a niveles más altos puede ocurrir cerca de cocinas de gas, al quemar madera o querosén o si usted fuma. La exposición a altos niveles de óxidos de nitrógeno puede dañar las vías respiratorias. El contacto con la piel o los ojos puede producir quemaduras. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno se han encontrado en por lo menos 9 y 6, respectivamente, de los 1,585 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 EL MEDIO EXPERIMENTAL

3.1.1 Localización del área experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2004-2005 complementado en la campaña agrícola 2005-06, en la Comunidad Campesina de Cusini a 3,867 msnm ubicada a 15 Km desde la ciudad de Ilave hacia el lado Sur Oeste, jurisdicción del Distrito de Acora, Provincia y Departamento de Puno; corresponde a la zona agro ecológica Suni. En esta comunidad una familia siembra aproximadamente una hectárea de papa en cada campaña agrícola; en el área pecuaria, realiza la crianza de 5 cabezas de ganado vacuno, 30 ovinos criollos, 2 porcinos y 2 gallinas.

3.1.2 Características edáficas

Para determinar las características del suelo se tomó 15 muestras de tierra, para el análisis físico, siguiendo el procedimiento establecido por (Laura y Canahua, 1983): se observa el terreno y su fisiografía, se limpió los rastros de la superficie del suelo, se sacó una tajada de tierra con la pala hasta 25 cm de profundidad, se colocó la tierra en una manta para mezclar adecuadamente, se tomó una muestra pequeña de medio kilo y se llevó en una bolsa de polietileno al laboratorio de Suelos del INIA Salcedo, debidamente identificada con su respectivo clave para su análisis.

El análisis físico químico del suelo experimental se ha realizado siguiendo los métodos recomendados por Jackson, (1970), que se basa en los siguientes principios.

Método del hidrómetro, para determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla.

Método del potenciómetro, para determinar el pH.

Método Semimicrokjeldahl (digestión con ácido sulfúrico), para determinar el nitrógeno (N).

Método Metavanadato de Amonio (Espectrofotómetro digital 21, para determinar el Fósforo disponible (P).

Método fotómetro de llama (ataque con ácido sulfúrico), para determinar Potasio (K).

Según los resultados del análisis del suelo (Cuadro 3.1) el suelo se caracteriza porque tiene textura media por ser Franco Limoso, porcentaje de materia orgánica varía entre 1.65 a 2.17 calificada como de categoría media, porcentaje de nitrógeno (N) entre 0.06 y 0.08 que indica bajo contenido de este elemento, fósforo (P) entre 10.5 a 12.0 ppm que se encuentra en categoría media con tendencia a alta, potasio (K) entre 277 a 280 ppm considerándose de categoría media con tendencia baja. El pH del suelo entre 5 a 5.10 que es moderadamente ácido, conductividad eléctrica entre 0.7 a 2.2 mmhos/cm libre a ligeramente afectado, con contenido de aluminio (Al) entre trazas a 0.1 y finalmente es un suelo que es libre de carbonatos.

CUADRO 3.1
ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO DE CUSINI

Ítems	Elementos	Muestra 1	Muestra 2
Análisis mecánico	Arena (%)	41.44	43.44
	Arcilla (%)	3.68	1.68
	Limo (%)	54.88	54.88
	Textura	FL	FL
Macro nutrientes	N (%)	0.06	0.08
	P (ppm)	10.50	12.00
	K (ppm)	280	277
Suelo:Agua 1:2.5	pH	5.00	5.10
	C.E. mmhos/cm	0.715	2.198
Otros	M.O. (%)	1.65	2.17
	Al (meq/100g)	0.10	0.05
	CO ₃ Ca (%)	0.00	0.00

Nota: T = Trazas, FL= Franco Limoso

Fuente: Laboratorio de Análisis INIA – Salcedo, 2005

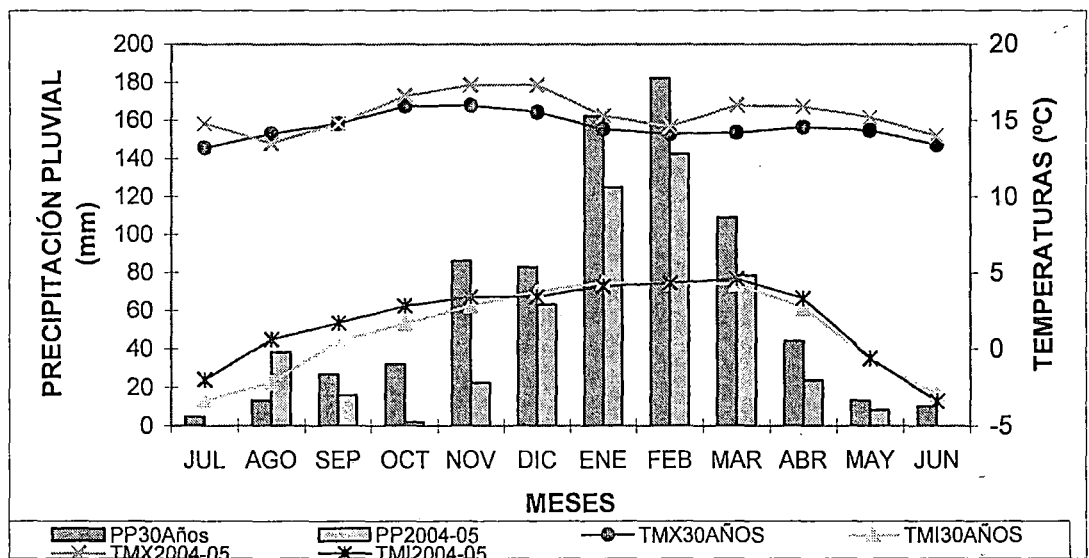
Por tanto, el suelo experimental tiene una fertilidad media, baja presencia de elementos nocivos como aluminio o elementos contaminantes del suelo y del cultivo; pero demanda o requiere reposición de nitrógeno que es de bajo contenido como prevención para las futuras campañas agrícolas a fin de evitar el empobrecimiento del suelo de estos nutrientes.

3.1.3 Comportamiento del medio climático

Los datos de la información meteorológica, pertenecen a la Estación Hidrometeorológico de Ilave (879) a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) ubicada a 3 880 msnm, 16°05'17.7" de latitud Sur y 69°38'42" de longitud Oeste. La información meteorológica se refiere a promedios de precipitación y promedios de temperatura máxima y mínima (promedio de 30 años, 2004-2005 y 2005-2006) se observa en los Cuadros A22 y A23 del anexo.

Durante la campaña agrícola 2004-05, las temperaturas máximas son algo superiores que las de normal de 30 años; en cambio las temperaturas mínimas tienen la misma tendencia, es decir están superpuestas, excepto en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre las temperaturas mínimas son superiores a las de normal de 30 años. Es decir, las oscilaciones mensuales son similares entre las dos series mencionadas, a pesar que existen ligeros incrementos para la campaña agrícola 2004-05, por tanto, el comportamiento de temperaturas máximas y mínimas son propias de la zona en estudio.

GRAFICO 3.1
TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, CAMPAÑA AGRÍCOLA 2004-05,
ESTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICO SENAMHI DE ILAVE



Fuente: SENAMHI, Estación de Ilave, 2006

Las precipitaciones pluviales en la presente campaña agrícola 2004-05 (Gráfico 3.1) es deficitaria en casi todos los meses, sobre todo en los meses de instalación del cultivo como son los meses de octubre y noviembre, pero en el mes de agosto si hubo precipitación pluvial muy superior de la campaña agrícola sobre la normal de 30 años, aunque sin mayores consideraciones sobre la campaña agrícola. En general, hubo déficit hídrico considerado como factor muy importante que causa la reducción en el

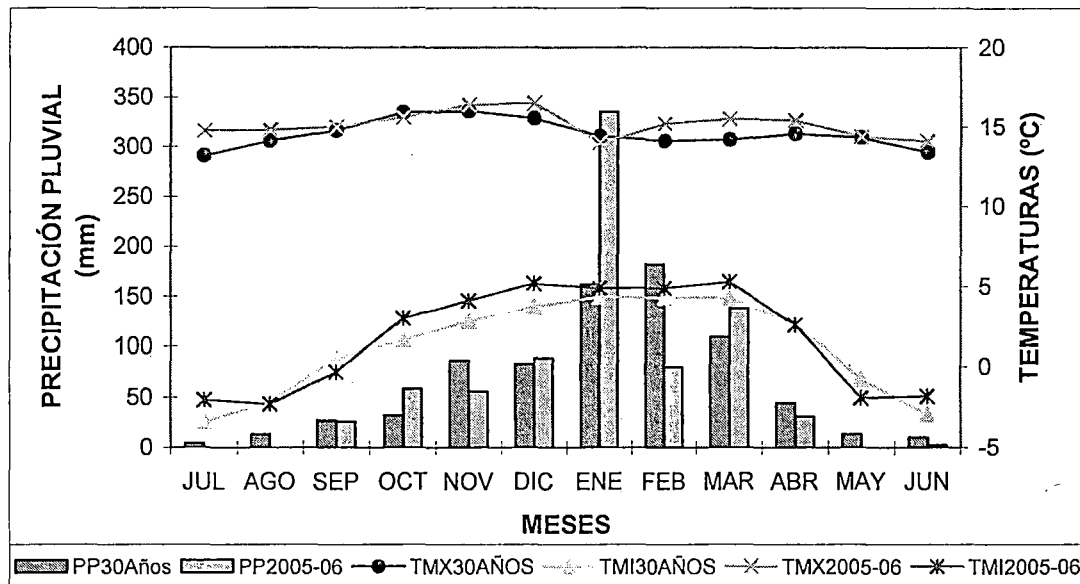
crecimiento de la planta, y como consecuencia afectó negativamente en el rendimiento del cultivo de papas nativas.

Durante la campaña agrícola 2005-06 (Gráfico 3.2), las temperaturas máximas son superiores en los meses de noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril que las de normal de 30 años; en cambio las temperaturas mínimas de la campaña agrícola son inferiores que las de normal de 30 años, durante los meses de octubre hasta marzo. Conociendo las tendencias de temperaturas máximas y mínimas, indica que las oscilaciones mensuales son más amplias que las de normal de 30 años; por tanto, el comportamiento de temperaturas máximas, mínimas y las oscilaciones mensuales de temperatura, reflejan que esta última ha sido más pronunciada durante el día y han sido muy adversas para el cultivo de papa sobre todo por la presencia de heladas durante la campaña agrícola. Según el registro de información en febrero del 2006, el cultivo de papa fue afectado con helada en forma irreversible, en especial el cultivo de papa variedad imilla blanca.

Igualmente las precipitaciones pluviales de la campaña agrícola 2005-06 (Gráfico 3.2) es muy irregular, se aprecia excesiva precipitación en el mes de diciembre, superior en el mes de febrero, pero deficitaria en los meses de noviembre, enero y marzo, no hubo precipitación pluvial en el mes de abril, lo cual significa que hubo presencia de heladas que hizo mucho daño al cultivo de papa en los últimos días del mes de enero. En conclusión, las condiciones hídricas de la campaña agrícola no han sido favorables para el cultivo de papa.

GRAFICO 3.2

TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, CAMPAÑA AGRÍCOLA 2005-06, ESTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICO SENAMHI DE ILAVE



Fuente: SENAMHI, Estación de Ilave, 2006

El efecto de los déficits hídricos, está relacionado directamente con los procesos fisiológicos y metabólicos de la planta, debido a la reducción del crecimiento (división celular disminuye), reducción del potencial hídrico en respuesta a la sequía progresiva del suelo. En conclusión, durante las 2 campañas agrícolas, el experimento se ha conducido bajo condiciones deficitarias de agua.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de contrastar las hipótesis planteadas en este trabajo, se ejecutó en dos fases de experimentación. La primera para determinar la tendencia cuadrática y su punto máximo de inflexión del rendimiento en función a los factores de abonamiento (dosis de excreta de lombriz y biol) y la otra para contrastar el contenido de nitratos, materia seca y rendimientos de tubérculos de papa, en función a la aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) y fertilizantes (abonos químicos).

3.2.1 EXPERIMENTO I. EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE PAPA

a. Hipótesis

El intervalo donde se ubican los niveles de los abonos orgánicos ‘humus de lombriz’ y ‘Biol’ son apropiados para ajustar la tendencia cuadrática y el punto de máxima inflexión, como una función del rendimiento de tubérculos de papa.

b. Variables

A partir del punto anterior se deduce las siguientes variables:

Variables independientes:

Abono orgánico sólido “Humus de lombriz” (H)

Abono orgánico líquido “Biol” (B)

Variable dependiente:

Rendimiento de tubérculo

c. Arreglo de tratamientos

Para determinar el tipo y número de tratamientos se combinan los niveles de las dos variables independientes planteadas en la hipótesis, resultando un experimento factorial y como se trata de ajustar a una ecuación de tendencia cuadrática lineal se requiere por lo menos cinco niveles de cada factor o variable en estudio, con un total de 25 tratamientos. Felizmente existen metodologías de superficie de respuesta para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables y el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 1991), que permite reducir el número de tratamientos y manejo apropiado del experimento.

Las metodologías de Superficie de Respuesta (MSR), fue introducida por Box y Wilson (1951) citado por Figueroa, 2003, es una colección de técnicas utilizadas en el

estudio de la relación entre una o más respuestas y un conjunto de factores o variables independientes y donde el objetivo es optimizar esta(s) respuesta(s), que permite al investigador inspeccionar una respuesta, que se puede mostrar como una superficie. Se trata de encontrar los valores óptimos para las variables independientes que maximizan, minimizan o cumplen ciertas restricciones en la variable respuesta.

En este experimento, los tratamientos se ajustan a las condicionantes que requiere el Diseño Central Compuesto Rotable con dos variables independientes (x). El tipo y número de tratamientos (Cochran y Cox, 1973) obedece a la siguiente relación:

$$p^k + pk + c$$

Donde:

k = número de variables independientes (x)

p = número de niveles de cada variable del factorial básico (siempre es 2 para todas las variables)

Además cada componente de la adición determina el número de tratamientos

p^k = número de tratamientos del factorial básico (2^2)

pk = número de tratamientos adicionales para formar un diseño compuesto central y se denomina puntos axiales ($2*2$)

c = número de repeticiones del tratamiento central

El diseño central compuesto rotatable requiere de los antecedentes de las variables en estudio, o sea del intervalo predecible, para el caso del cultivo de papa comprende los siguientes intervalos:

- | | | |
|--------------------------|---|--------------------|
| i. Humus de lombriz: (H) | : | 1,5 TM/ha (h1) |
| | | 2,0 TM/ha (h2) |
| ii. Biol: (B) | : | 200 litros/ha (b1) |
| | | 300 litros/ha (b2) |

Estos valores constituyen los niveles del factorial básico (2^2), donde el valor inferior constituye el primer nivel y el valor superior el segundo nivel de cada una de las variables independientes (x), de esta manera se genera los primeros cuatro tratamientos:

CUADRO 3.2
ARREGLO DE TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL BÁSICO 2^2

Niveles de Humus (H) (Kg/ha)	Niveles de Biol (B) (l/ha)	Tratamientos	Código de Tratamientos
1500 = h1	200 = b1	h1, b1	T ₁
	300 = b2	h1, b2	T ₂
2000 = h2	200 = b1	h2, b1	T ₃
	300 = b3	h2, b2	T ₄

Fuente: Elaboración propia, en base a variables de estudio.

Los niveles establecidos para los tratamientos del factorial básico permiten también determinar los niveles para el arreglo de tratamientos axiales ($pk=2 \times 2$); para ello estos valores se relacionan con los puntos (niveles) que son establecidos para el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) por cada variable y los puntos o niveles se representan por los siguientes coeficientes (Montgomery, 1991):

$$[-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha]$$

Siendo $\alpha = 1.414$, los coeficientes corresponden a cinco niveles del DCCR con dos factores en estudio y son como sigue:

$$[-1.414, -1, 0, +1, 1.414]$$

El cálculo de los valores reales de cada nivel, consiste en que el nivel inferior h1 o b1 equivale a -1 y el valor h2 o b2 equivale a uno (+1); el coeficiente cero (0) o nivel centro es igual a $\left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)$ ó $\left(\frac{b_1 + b_2}{2}\right)$, el coeficiente 1.414 es proporción simple de los valores anteriormente calculados a partir del punto medio o cero.

Los niveles reales correspondientes a cada coeficiente, por factor en estudio se presentan en el siguiente cuadro resumen:

CUADRO 3.3
COEFICIENTES Y NIVELES REALES DE LOS FACTORES HUMUS DE LOMBRIZ Y BIOL PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL

<i>Coefficientes (Xi)</i>	<i>Niveles de Humus(TM)</i>	<i>Niveles de Biol(l)</i>
$-\alpha = -1.414$	1.3965	179.3
-1	1.500	200
0	1.750	250
+1	2.000	300
$+\alpha = 1.414$	2.1035	320.7

Fuente: Elaboración propia, en base a variables de estudio.

Entonces los tratamientos axiales resultan de la combinación del nivel centro de una variable con los niveles α de la otra variable, tal como sigue:

CUADRO 3.4
ARREGLO DE TRATAMIENTOS AXIALES (2*2)

<i>Combinación de niveles (central y α)</i>	<i>Tratamientos</i>		<i>Código de Tratamiento</i>
	<i>Humus (TM)</i>	<i>Biol (l)</i>	
$(-\alpha, b_0)$	1.3965	250	T ₅
$(+\alpha, b_0)$	2.1035	250	T ₆
$(h_0, -\alpha)$	1.750	179.3	T ₇
$(h_0, +\alpha)$	1.750	320.7	T ₈

Fuente: Elaboración propia, en base a variables de estudio.

Nota: Nivel central = b_0 para Biol y h_0 para Humus

El tratamiento central (c) es la combinación del nivel centro del humus de lombriz con nivel centro del Biol, se repite cinco veces para calcular el error experimental para su inferencia estadística y se muestra en el Cuadro 3.5.

CUADRO 3.5
ARREGLO DE TRATAMIENTOS CENTRALES (c)

<i>Combinación de niveles centrales</i>	<i>Tratamientos</i>		<i>Código de Tratamientos</i>
	<i>Humus (Kg)</i>	<i>Biol (l)</i>	
(ho, bo)	1750	250	T ₉
(ho, bo)	1750	250	T ₁₀
(ho, bo)	1750	250	T ₁₁
(ho, bo)	1750	250	T ₁₂
(ho, bo)	1750	250	T ₁₃

Fuente: Elaboración propia, en base a variables de estudio.

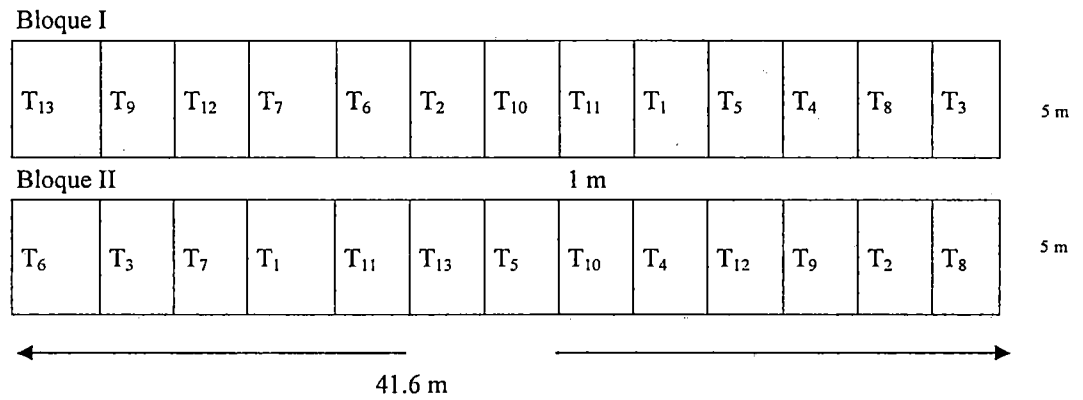
Nota: Nivel central = bo para Biol y ho para Humus

Entonces, el total de tratamientos para el presente experimento del Diseño Central Compuesto Rotable es: $2^2 + 2(2) + 5 = 13$ tratamientos.

d) Diseño Experimental

Con base al número de tratamientos (13), el medio experimental (suelo) se determina el diseño experimental Bloque completo al azar, donde las variedades son bloques en la campaña agrícola 2004-05, pero irrestrictamente aleatorio en la campaña agrícola 2005-06 por la irregularidad de la campaña agrícola 2005-06 (presencia de heladas y déficit hídrico), donde sólo se pudo lograr datos con la variedad Imilla Negra.

GRAFICO 3.3
CROQUIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS EN EL DISEÑO DE CAMPO



El campo experimental tiene las siguientes dimensiones y especificaciones técnicas:

d1. Campo experimental: 2 campos

Largo de campo: 41.6 m.
 Ancho de campo: 11.0 m.
 Área de campo: 457.6 m².

d2. Bloques:

Número de bloques : 2.0
 Largo : 41.6 m.
 Ancho : 5.0 m.
 Distancia entre bloques : 1.0 m.
 Área Total : 416.0 m.
 Área efectiva/bloque : 208.0 m.

d3. Parcelas:

Nº de parcelas : 26.0
 Largo : 5.0 m
 Ancho : 3.2 m.

Área total/parcela : 16.0 m.

Área efectiva/parcela : 16.0 m

d4. Datos Generales

Tipo de siembra en surcos al golpe

Densidad de siembra: 1,400 Kg/ha

Profundidad de siembra: 5.0 cm

Rotación: terreno de rompe (2 ciclos de rotación)

e. Análisis Estadístico

e1. Análisis de variancia

Se realizó análisis de variancia para ver si hay diferencias o no entre repeticiones o ambientes y entre los tratamientos, en forma preliminar, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j -ésimo bloque y que recibe el tratamiento i . siendo $i = 1, \dots, t$ (t = tratamientos);
y $j = 1, \dots, r$ (r = bloques)

μ = Es la media de la población

α_i = Es el efecto de repetición i -ésimo (año x variedad)

τ_j = Es el efecto del tratamiento j -ésimo

ε_{ijk} = Es el efecto aleatorio.

e2. Estimación de parámetros de superficie de respuesta

La estimación de parámetros de superficie de respuesta se ajusta al siguiente modelo matricial:

$$X = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_1^2 & X_2^2 & X_1X_2 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1.414 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 1.414 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1.414 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1.414 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{13} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_6 \end{bmatrix}$$

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y$$

Donde: Y es la matriz de variable dependiente (rendimiento de tubérculos), X la matriz de variables independientes, β la matriz incógnita (coeficientes de regresión múltiple)

e3. Análisis de variancia de regresión

El análisis de regresión corresponde a los siguientes componentes:

CUADRO 3.6
RESUMEN DE ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO DE REGRESIÓN

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios esperados	Fc
Regresión	P	$\beta'(X'Y) - nY^2$	SC Reg./G.L. Reg.	CMReg./CMRes.
Residual	N-P-1	$\Sigma_{yy} = Y'Y - \beta'(X'Y)$	$S^2_E = \frac{Y'Y - \beta'X'Y}{n-p-1}$	
Total	N-1	$\Sigma Y^2 = Y'Y$		

Fuente: Elaboración propia, en base a variables de estudio.

P= número de parámetros estimados y N = número de tratamientos

e4. Ajuste de punto estacionario

El punto estacionario se halló mediante la siguiente ecuación matricial:

$$X_o = \frac{1}{2} B^{-1} b$$

Donde:

$$b = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12}/2 \\ \beta_{12}/2 & \beta_{22} \end{bmatrix}$$

X_o = matriz del punto estacionario de las variables independientes

La respuesta predicha en el punto estacionario o máximo se determina con la ecuación:

$$\hat{Y} = \beta_o + \frac{1}{2} X'_o b$$

Donde:

\hat{Y} = Valor de respuesta de rendimiento

β_o = Coeficiente de intercepción

X'_o = Transpuesta de la matriz X_o

b = Matriz de coeficientes de regresión de primer orden

B = Matriz simétrica cuya diagonal principal está formada por los coeficientes de regresión de los términos cuadráticos puros, mientras que los elementos fuera de esta diagonal corresponden a un medio valor de los coeficientes cuadráticos mixtos.

3.2.2 EXPERIMENTO II: CONTRASTE ENTRE ABONOS ORGÁNICOS Y FERTILIZANTES QUÍMICOS

a. Hipótesis

El contenido de nitratos y materia seca del tubérculo (calidad) y rendimientos de tubérculos de papa, varían en función a la aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) y fertilizantes (abonos químicos).

b. Variables

b.1 Variables independientes:

Se consideran como primer factor a las variedades de papa y el segundo factor son los tipos de abonos: orgánico y químico; la cual se detalla a continuación:

- i. Variedades de papa: Imilla blanca (V1)
Imilla negra (V2)
- ii. Abonos: Orgánicos: humus 1750 kg/ha + Biol 250 litros/ha (AO)
Químicos: Máxima dosis de NPK (160-140-100) (AQ)

b.2 Variables de respuesta o dependientes

Rendimiento de tubérculos (kg/m^2)
Presencia de residuos tóxicos en el suelo (NO_3^-).
Altura de planta
Nº tallos principales por planta
Contenido de Humedad y Materia Seca

b.3 Variables exógenas (variables imponderables presentes durante la conducción del experimento)

Precipitación pluvial (mm)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Ataque de plagas y enfermedades

c. Tratamientos:

T1: V1 x AO

T2: V1 x AQ

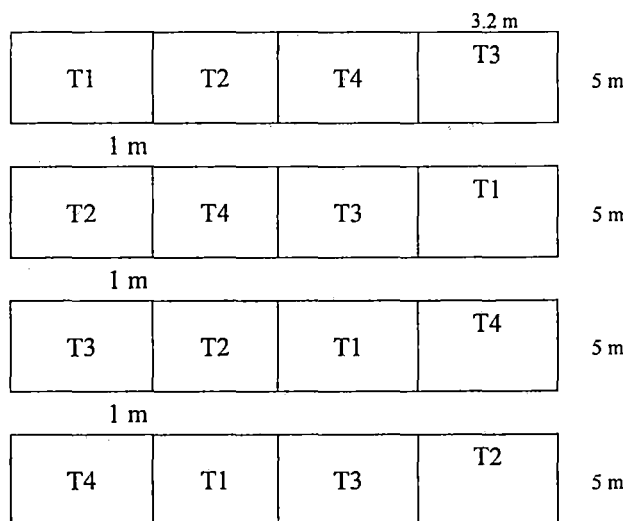
T3: V2 x AO

T4: V2 x AQ

d. Diseño Experimental

El presente experimento fue conducido en un Diseño Bloque Completo al Azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, ubicado en la localidad de Cusini.

GRAFICO 3.4
CROQUIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS EN
EL DISEÑO DE CAMPO DEL EXPERIMENTO II



d1. Campo experimental:

Largo de campo : 23.0 m.

Ancho de campo : 12.8 m.

Área de campo : 294.4 m².

d2. Parcelas:

Nº de parcelas	: 16.0
Largo	: 5.0 m
Ancho	: 3.2 m
Área de parcela	: 16.0 m ² .

d3. Datos Generales

Tipo de siembra: en surcos al golpe

Densidad de siembra: 1,400 Kg/ha

Profundidad de siembra: 5.0 cm

Rotación: terreno de rompe (2 ciclos de rotación)

e. Análisis Estadístico

e1. Modelo estadístico lineal aditivo

El modelo estadístico lineal aditivo en el Diseño Bloque Completamente al Azar es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + v_j + (\alpha v)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j -ésimo bloque y que recibe el tratamiento i . siendo $i = 1, \dots, t$ ($t =$ tratamientos); $j = 1, \dots, r$ ($r =$ bloques); $k = 1, \dots, r$.

μ = Es la media de la población

β_k = Es el efecto de k -ésimo repeticiones

α_i = Es el efecto del abono i -ésimo

v_j = Es el efecto de la variedad j -ésimo.

$(\alpha v)_{ij}$ = Efecto de la interacción del abono i -ésimo y de la variedad j -ésimo

ε_{ijk} = Término que representa el error de su respectiva Y_{ijk} se considera variable aleatoria distribuida en forma normal e independiente con media cero y variancia constante, es: $\varepsilon_{ij} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$.

e.2 Homogeneidad de variancia

Previo al análisis de variancia, se realizó la homogeneidad de variancia para los tratamientos, mediante la Prueba de Cochran. Aunque la Prueba de Bartlett se utiliza con más frecuencia para probar la homogeneidad de las varianzas, se dispone de otros métodos. El método Cochran proporciona un procedimiento simple de cálculo, pero se restringe a situaciones en las que los tamaños muestrales son iguales y útil en particular para detectar si una varianza es mucho más grande que las otras (Vasquez, 1990). La estadística que se utiliza es:

$$G = \frac{\text{la.mayor}.S_i^2}{\sum_{i=1}^k S_i^2}$$

y la hipótesis de homogeneidad se rechaza si $g > g_\alpha$ con k, n grados de libertad

El siguiente cuadro muestra las varianzas, valores Cochran calculados y valores tabulares ($\alpha = 0.05$) de los diferentes tratamientos. Para los tres variables de respuesta los valores Cochran calculados no superan al valor tabular y se infiere que existe homogeneidad de variancia y por consiguiente se puede realizar el análisis de variancia.

CUADRO 3.7
VALORES DE VARIANZAS, COCHRAN CALCULADOS Y TABULAR DE LAS
VARIABLES DE RESPUESTA, CUSINI 2004-05

Variables Respuesta	VARIANCIAS				Valor Cochran Calculado	Valor Cochran tabular
	IB*AO	IB*AQ	IN*AO	IN*AQ		
Materia seca	4,3146	8,0698	1,3558	2,5158	0,4964	0,6841
Nitratos	2,6667	2,6667	8,9167	2,9167	0,5194	0,6841
Rendimiento tubérculos	2866,6667	13100,0000	33266,6667	18333,3333	0,4924	0,6841

Fuente: Elaboración propia, en base a los valores de varianzas

IB = Imilla Blanca, IN = Imilla Negra, AO = Abono orgánico, AQ = Abono químico

3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

El material experimental fueron el uso de abonos orgánicos: humus de lombriz y biol. La excreta de lombriz, más comúnmente denominado como humus de lombriz, fue procesado por algunos productores líderes de la Comunidad de Cusini que trabaja con la Asociación Solaris Perú Terras Acora, perteneciente al Distrito de Acora y Provincia y Departamento de Puno; el humus se procesa en unos lechos de lombricultura cuyas dimensiones son 1m x 0.3m x 5m y cada familia posee en número de 2 lechos, que tiene una capacidad de producción de 1,000 kilos de humus de lombriz por cada familia, de ésta una parte se ha tomado para el experimento; mientras que el biol fue preparado también por los mismos productores líderes, preparado a base de productos naturales, utilizando estiércol de ganado familiar, excreta de lombriz, plantas y otros; esta combinación de diferentes productos, fueron preparados en cilindros de plástico con una capacidad de 200 litros.

Estos abonos orgánicos fueron sometidos a un análisis de NPK, conductividad eléctrica y pH, en el Laboratorio de Análisis de INIA-Salcedo, empleando el método de semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico) para Nitrógeno; Método del Metavanadato de amonio (Espectrofotómetro digital 21) para Fósforo y para Potasio el fotómetro de flama (ataque con ácido sulfúrico). Los resultados obtenidos han servido para calcular las dosis o niveles de abonamiento y se observa en Cuadro 3.8.

CUADRO 3.8
CANTIDAD DE MACRONUTRIENTES EN LOS ABONOS ORGÁNICOS

<i>Elementos analizados</i>	<i>Humus de lombriz</i>	<i>Biol</i>
Nitrógeno (%)	2.90	3.00
Fósforo (%)	2.00	0.40
Potasio (%)	1.25	4.25
CE (mmhos/cm 15°C)	0.92	0.22
Ph	6.48	9.20

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, Salcedo INIA, 2005

Para el experimento, se han utilizado tubérculos semillas de dos variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum* sp andigenum) Imilla Negra e Imilla Blanca, en la cantidad de 100 kg de semilla en la siembra (a razón de 1400 kg/ha); 50 kilos variedad Imilla Negra y 50 kilos variedad Imilla Blanca. La semilla de papa fue adquirida del INIA Salcedo.

3.4 ESTRATEGIA OPERATIVA DE LA EXPERIMENTACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó con las siguientes actividades claves:

- Ubicación del área experimental, como resultado de una previa coordinación con los productores líderes de la comunidad campesina de Cusini; se ha ubicado el terreno propiedad del Sr. Humberto Cusi Chacolla.
- Para la preparación del terreno (roturado y mullido) se ha utilizado tractor agrícola, en la cual se ha hecho participar activamente los productores propietarios. En este momento, previamente se tomó las muestras del suelo para su análisis de fertilidad en el Laboratorio de Suelos.
- El trazado de las parcelas experimentales, se ha efectuado con ayuda de una wincha métrica de 50 metros, estacas, cordel y cal.
- La siembra del experimento se ha realizado el día sábado 23 de octubre del 2004, en el momento en que la mayoría de los productores realizan esta actividad en el interior de la comunidad; la densidad de siembra fue el equivalente a 1,400 kilos por hectárea; en este momento se aplicó el humus de lombriz en las cantidades que indica los tratamientos en el diseño experimental.
- Labores culturales efectuadas consistió en deshierbos que se hizo en forma manual para extraer las malezas del campo experimental; también se realizó aporques en forma manual, utilizando herramientas como lijuanas ó zapapicos; el primer aporque

se realizó cuando las plantas tenían 15 a 20 cm de altura (60 o 70 días de la siembra) y el segundo aporque a los 45 a 50 cm de altura (20 a 25 días del primer aporque).

- La aplicación del humus se realizó colocando manualmente en la cantidad de 50 a 70 gramos sobre cada tubérculo semilla colocada en el fondo del surco y de acuerdo a las dosis descritas en cada tratamiento por parcela, en el momento de la siembra.

- La aplicación del fertilizante se ha realizado en dos momentos, en especial el fertilizante nitrogenado; mientras que el fertilizante fosfatado y potásico solo se han aplicado en el momento de la siembra.

- La aplicación del biol, se realizó en el área foliar del cultivo de papa y solo durante el primer aporque; las dosis de biol aplicadas fueron de acuerdo a los tratamientos descritas anteriormente.

- Se midió el crecimiento en altura (cm) por parcela para comparar el mismo entre tratamientos.

- La cosecha se realizó cuando las plantas de cada una de las parcelas alcanzaron su madurez fisiológica; esta labor se realizó en forma manual utilizando la herramienta "Ijuana". La fecha de cosecha fue 23 de abril del año 2005. En este momento se ha evaluado el rendimiento por parcela, expresándose en peso fresco y en kg/ha.

- La preparación del suelo, atenciones culturales y cosechas se programaron de acuerdo a los instructivos técnicos vigentes para el cultivo de papa; las mismas que coinciden con la práctica que desarrollan los productores de Cusini.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1 Análisis químico del tubérculo

a. Nitratos

La concentración de nitratos, expresada como mg N-NO₃, cuyo análisis en tubérculos de papa se realizó en el Laboratorio de la Estación Experimental ILLPA PUNO Anexo Salcedo, del Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA. Primeramente se realizó un muestreo de tubérculo por unidad experimental, estas muestras se secaron en una estufa a 60°C durante 18 horas y se molió en un molino con una malla de 1 mm. La estructura de Nitrato se realizó colocando 0.5 g de muestra con 200 ml de SO₄K₂ (0.05N). Se ha lecturado en un Spectro fotómetro 21 en 420 nm.

b. Materia seca

La determinación de materia seca en tubérculos de papa, se realizó en el Laboratorio de la Estación Experimental ILLPA PUNO Anexo Salcedo, del Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA. En las mismas muestras que se empleó para el análisis de nitratos, también se determinó el contenido de humedad a peso constante en una balanza de precisión, y por diferencia de peso húmedo con peso seco, se ha obtenido el contenido de materia seca de cada unidad experimental.

3.5.2 Medición rendimiento y número de tubérculos

Para la medición del rendimiento de tubérculos se ha medido en g/planta, para lo cual se muestreó diez plantas por parcela y se pesó en una balanza gravimétrica, este dato se registra en una guía de observación previamente diseñada e impresa. Para el análisis estadístico se obtuvo la media de la parcela.

El número de tubérculos por planta se realizó en el momento de la cosecha, para la cual se muestreó diez plantas por unidad experimental, contándose en forma directa el número de tubérculos por planta y se obtiene la media para el análisis estadístico.

3.5.3 Medición de caracteres vegetativos del follaje

La altura de planta se midió utilizando cinta métrica, efectuada al estado vegetativo de madurez fisiológica, desde el punto de incisión entre el tallo y la raíz hasta el ápice de la planta, cuando se encontraba en el campo en forma erguida.

El número de tallos se contó en el estado fenológico de maduración, el conteo fue directo mediante la observación del número de tallos que presentaba cada planta y se obtiene la media para el análisis estadístico.

3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se realizó a través de los siguientes pasos:

- Recopilación de datos en registros de campo o guías de observación y su validación correspondiente.
- Elaboración de la matriz de Base de Datos con variables de respuesta en las columnas y registros en las filas (se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft EXCEL).
- Análisis estadístico bajo el modelo aditivo lineal planteado para los dos experimentos, mediante el uso del Software SAS para Windows.
- Verificación de los resultados según el modelo planteado, número de tratamientos, número de observaciones y parámetros estimados.
- Análisis e interpretación de la información estadística obtenidos en el análisis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que a continuación se presentan, se dividen en dos aspectos principales que responden a los objetivos planteados en la investigación: a) Determinar los niveles apropiados de aplicación de abonos orgánicos (excreta de lombriz y biol) en el rendimiento de tubérculos de papa, y b) Comparar el contenido de nitratos, materia seca y rendimientos de tubérculos en las papas nativas, con aplicación de excreta de lombriz y biol (abonos orgánicos) y fertilizantes (abonos químicos).

4.1 NIVELES APROPIADOS DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS

4.1.1 Rendimiento de tubérculos por efecto de abonos orgánicos

a) Efecto de repeticiones (años por variedad)

Los efectos de repeticiones (año x variedad) sobre el rendimiento de tubérculos se observa en el Cuadro A1 del Anexo; allí se observa que las repeticiones conformados por Imilla Negra 2004-05, Imilla Negra 2005-06 e Imilla Blanca 2004-05 difieren al nivel de alta significación ($\alpha = 0.01$ de la prueba estadística de F) y que a la vez justifica la alta significación del modelo del diseño empleado; en cambio los tratamientos tienen similar comportamiento, mostrando de que no discrepa del modelo planteado. El coeficiente de variabilidad (20.48 %) indica que el experimento está dentro de la confiabilidad requerida para un experimento de campo (Calzada, 1965).

CUADRO 4.1
GRUPOS DUNCAN ($\alpha = 0.05$) DE RENDIMIENTOS DE TUBERCULOS
SEGUN REPETICIONES (AÑO X VARIEDAD), CUSINI 2004-05.

<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedio (g/pl)</i>	<i>Promedio (TM/ha)</i>	<i>Repeticiones (año x variedad)</i>
A	630.000	20.8	I. Blanca 2004-05
A	617.690	20.4	I. Negra 2004-05
B	388.460	12.8	I. Negra 2005-06

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

La alta significación entre repeticiones se explica mejor en el Cuadro 4.1, donde según la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) los rendimientos de tubérculos durante la campaña agrícola 2004-05 tuvieron alrededor de 20 TM/ha en promedio, tanto para la variedad Imilla Blanca como para Imilla Negra; en cambio la campaña agrícola 2005-06 fue muy adversa para el cultivo de papa sobre todo para la variedad Imilla Blanca que es una variedad muy susceptible al efecto adverso de helada (Cahuana y Arcos, 2002), en la cual algunos tratamientos han sido desaparecidos del experimento, pero se nota una recuperación interesante de la variedad Imilla Negra al daño causado por heladas, la distribución irregular de precipitación pluvial que se presentó durante esta campaña agrícola y otros factores como la calidad genética de la variedad, como se explica en el Gráfico 3.2 y sección 3.2.2 de materiales y métodos. Sin embargo, aquí se nota la gran plasticidad del cultivo de papa expresado a través de la variedad Imilla Negra por su tolerancia a la helada y habrá otras variedades que son tolerantes a otras condiciones climáticas que son tan variadas en el contexto andino (Vasquez, 1988; CIP, 1991; Cahuana, y Arcos, 1993).

b) Ajuste cuadrático de la función de respuesta

La similitud de rendimiento de tubérculos, expresada por los tratamientos y las diferencias altamente significativas entre repeticiones del Cuadro A1 del anexo, conduce

a que sea analizada en detalle los tratamientos en cada repetición (año x variedad). Por tanto, se recurre al análisis de varianza de regresión y los resultados se muestran en los Cuadros A5 del anexo para Imilla Blanca 2004-05, A6 y A7 para Imilla Negra durante las campañas agrícolas 2004-05 y 2005-06 respectivamente. En estos cuadros se observa que para el componente modelo o debido a la regresión no es significativo; es decir, no difiere del modelo de superficie de respuesta planteada como hipótesis y tiene el mismo comportamiento en las tres repeticiones. Estos resultados se respaldan con los valores de los coeficientes de variación para proyectar una ecuación de regresión cuadrática mediante el Diseño Central Compuesto Rotable.

CUADRO 4.2
COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN POR CAMPAÑAS
AGRÍCOLAS Y VARIEDADES EN LA LOCALIDAD DE CUSINI

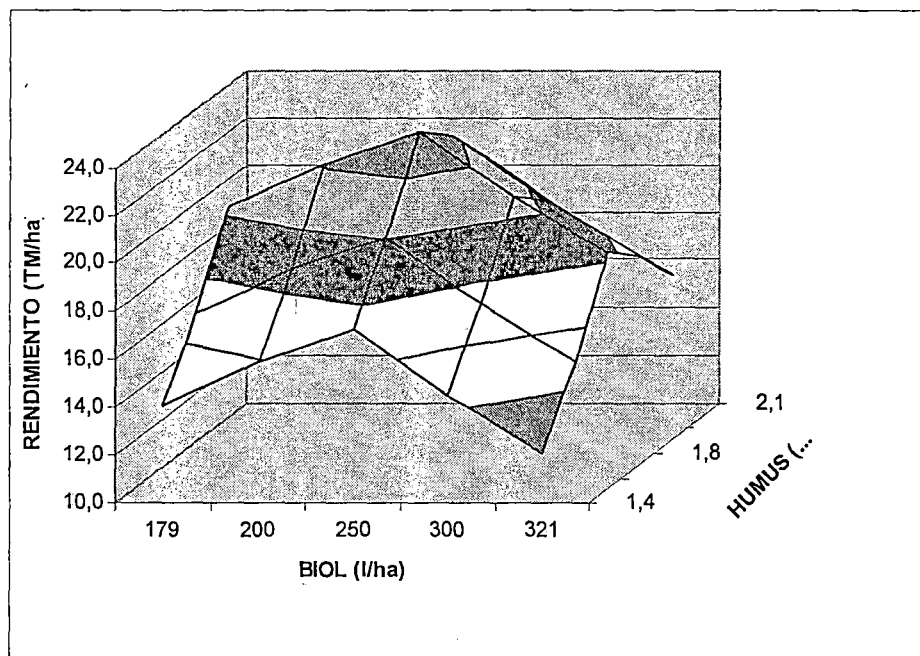
Coeficientes	2005		2006
	<i>I. Blanca</i>	<i>I. Negra</i>	<i>I. Negra</i>
INTERCEPCIÓN ($\hat{\beta}_0$)	711.9815	705.9920	365.0063
H ($\hat{\beta}_1$)	8.8388	33.9301	57.7712**
B ($\hat{\beta}_2$)	-21.2132	46.3045	-13.2583
HH ($\hat{\beta}_{11}$)	-70.3785	-68.0096	47.2013**
BB ($\hat{\beta}_{22}$)	-62.8747	-75.5133	-9.0769
HB ($\hat{\beta}_{12}$)	25.0000	-17.5000	-25.0000

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

** = Altamente significativos

El Cuadro 4.2 presenta todos los coeficiente de regresión para cada una de las variedades en cada campaña agrícola, allí se observa el coeficiente de intercepción, coeficientes de primer orden (lineal), coeficientes cuadráticos puros y coeficientes cuadráticos mixtos (Montgomery, 1991) que expresan la ecuación de regresión de superficie de respuesta para cada uno de las repeticiones (año x variedad) y expresan la tendencia del plano según los niveles de abonos orgánicos en el rendimiento del tubérculo.

GRAFICO 4.1
TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE RENDIMIEN-
TO DE TUBERCULOS (TM/ha) DE IMILLA BLANCA COMO EFECTO
DE ABONOS ORGÁNICOS, 2004-05



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

Es decir, los coeficientes obtenidos del experimento en la campaña agrícola 2004-05 con Imilla Blanca corresponden a la segunda columna del Cuadro 4.2 y se puede representar con la siguiente ecuación cuadrática:

$$\hat{y} = 711.99 + 8.84x_1 - 21.21x_2 - 70.38x_1^2 - 62.87x_2^2 + 25.00x_1x_2$$

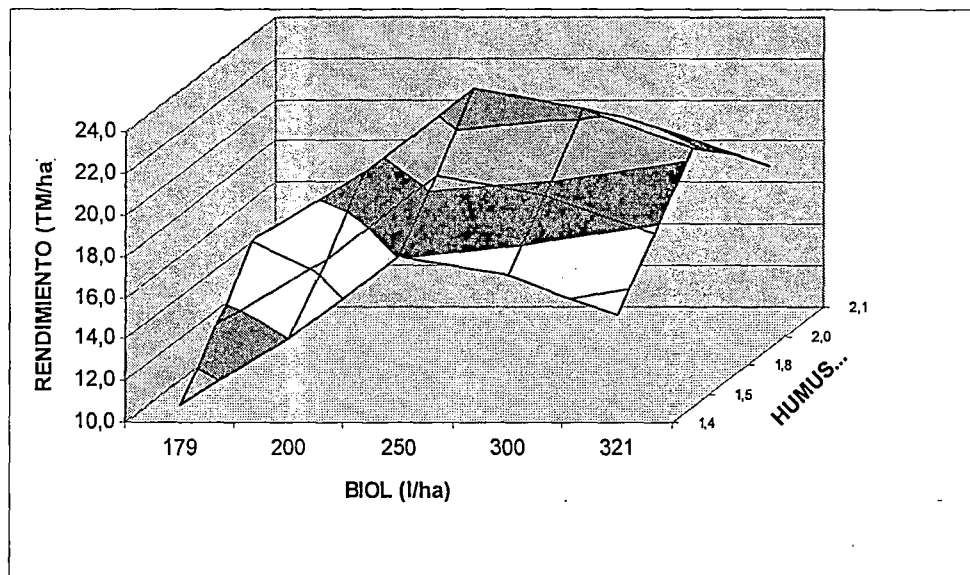
De igual manera en la campaña agrícola 2004-05, la variedad Imilla Negra, se representa por la siguiente ecuación cuadrática:

$$\hat{y} = 705.99 + 33.93x_1 + 46.30x_2 - 68.00x_1^2 - 75.51x_2^2 - 17.50x_1x_2$$

Finalmente la última columna corresponde a la ecuación cuadrática de la campaña agrícola 2005-06 para variedad Imilla Negra.

Los coeficientes de las ecuaciones miden el grado de cambio de variables de respuesta (rendimiento de tubérculos) debido al incremento en una unidad de excreta de lombriz (0.250 TM/ha) y biol (50 l/ha). Estos cambios son positivos o incrementos y en otros casos son negativos o disminuciones del rendimiento de tubérculos, como se observa en los coeficientes del Cuadro 4.2; que en conjunto expresan el plano convexo del Gráfico 4.1 y al mismo tiempo expresa el punto estacionario, en este caso el punto máximo de rendimiento de tubérculo se encuentra en esta superficie o plano.

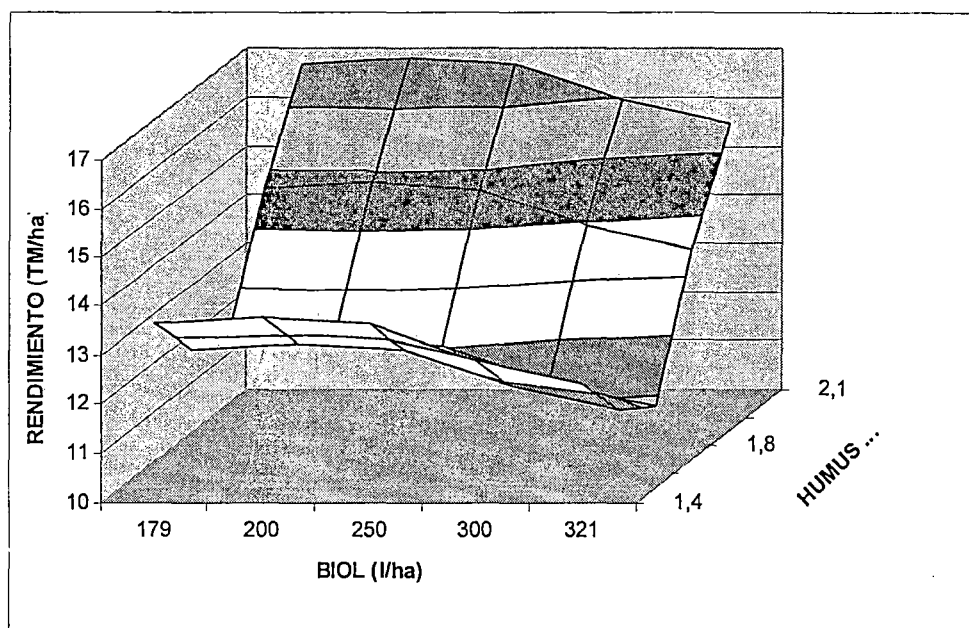
GRAFICO 4.2
TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE RENDIMIENTO DE TUBERCULOS (TM/ha) DE IMILLA NEGRA COMO EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, 2004-05



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

Los Gráficos 4.2 y 4.3 expresan la tendencia de la superficie o plano similar al Gráfico 4.1 para variedad de papa Imilla Negra en la misma campaña agrícola; aunque en la campaña agrícola 2005-06 (Gráfico 4.3) se diferencia de los primeros (Gráficos 4.1 y 4.2) en que el plano de respuesta no tiene suficiente curvatura para expresar el punto máximo; es decir, está todavía en la parte ascendente de la tendencia.

GRAFICO 4.3
TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE RENDIMIENTO
DE TUBERCULOS (TM/ha) DE IMILLA NEGRA COMO EFECTO DE
ABONOS ORGÁNICOS, 2005-06



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

Es decir, la tendencia de la variedad Imilla Negra durante la campaña agrícola 2005-06 (Gráfico 4.3) es una respuesta a la intervención de una variable exógena, que ha sido difícil de controlar mediante el diseño experimental; dicho en otras palabras que se ha presentado una helada negra donde se ha producido un congelamiento de agua contenida en los tejidos de la planta de papa, afectando al 90% del campo de papa (aynoqa) y un 95% del área foliar en el campo experimental; como consecuencia prácticamente ha anulado los efectos de los abonos orgánicos en algunos tratamientos, sobre todo el abono orgánico líquido Biol que ha sido aplicado sólo en el área foliar; lo cual significa que por su forma de aplicación no se logra almacenar en el suelo para ser utilizada después del daño; en cambio el humus de lombriz que se aplican en el suelo al momento de la siembra si se nota su aporte en la recuperación del daño de la helada (Mamani, 2000), estos resultados son confirmados por Rubio (1974), quién encontró que la adición de abono orgánico (estiércol o composta) incrementa la

humedad disponible de los suelos que se humificaron en 10 a 20%. Sin embargo, la recuperación para la variedad Imilla Negra no ha sido total y la interrupción por la helada en fecha de 17/01/2006 ha sido crítica para la variedad Imilla Blanca. Estos resultados son corroborados por Pereira (2002), quién indica que la variedad Imilla Negra puede soportar a fríos fuertes o heladas hasta de -1°C y a sequías de poco tiempo que duren más o menos 10 días.

En general, los rendimientos de tubérculos promedio logrados (20 t/ha) son resultados del aporte de nutrientes por aplicación de humus y biol, por lo que supera significativamente al promedio de producción en Puno que oscila en 6.1 t/ha y a nivel nacional oscila en 8.5 t/ha (Cahuana y Arcos, 2002). El humus de lombriz se caracteriza por ser estable y se encuentra parcialmente humificada, que le confiere una capacidad de absorción de nutrientes para la planta y la capacidad de retención de humedad (Castellanos, 1982). Los resultados anteriores demuestran que los abonos orgánicos en estudio constituyen una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica, porque abastecen al suelo de nutrimentos como el nitrógeno y los demás elementos esenciales (Cuadro A23 del anexo).

c) Estimado de dosis o niveles apropiados de abonos orgánicos

La estimación del punto máximo de una variable agronómica como es el rendimiento de tubérculo por planta, es quizás el anhelo esperado donde se quiere llegar en este tipo de experimentos, en este caso obtenerlo como efecto de niveles de abonos orgánicos humus de lombriz y biol. Para la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05 se encuentra en el Cuadro 4.3, donde se obtuvo 23 TM/ha de rendimiento tubérculo máximo promedio como efecto de la aplicación de 1.751 TM/ha de humus de lombriz y con 191.63 l/ha de Biol.

CUADRO 4.3
VALORES MAXIMOS DE VARIABLES RESPUESTA PRODUCIDOS EN LA
VARIEDAD IMILLA BLANCA POR NIVELES RECOMENDABLES DE HUMUS
DE LOMBRIS Y BIOL EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Humus (TM/ha) (x_{o1})</i>	<i>Biol (l/ha) (x_{o2})</i>	<i>Valor máximo logrado (y_o)</i>	<i>Variables respuesta</i>
1.7508	191.6318	23.49	Rendimiento de tubérculos (TM/ha)
1.1673	174.9704	57.83	Altura de planta (cm)
1.7648	197.0424	3.03	Numero de tallos
1.5336	304.0539	22.97	Número de tubérculos

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

En el caso de la variedad Imilla Negra en la campaña agrícola 2004-05 (Cuadro 4.4), también se obtuvo 23.30 TM/ha de rendimiento de tubérculos, muy similar a la variedad Imilla Blanca en la misma campaña agrícola; pero con dosis ligeramente mayores de humus de lombriz (1.79 TM/ha) y 213 l/ha de biol.

CUADRO 4.4
VALORES MAXIMOS DE VARIABLES RESPUESTA PRODUCIDOS EN LA
VARIEDAD IMILLA NEGRA POR NIVELES RECOMENDABLES DE HUMUS
DE LOMBRIS Y BIOL EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Humus (TM/ha) (x_{o1})</i>	<i>Biol (l/ha) (x_{o2})</i>	<i>Valor máxi- mo logrado (y_o)</i>	<i>Variables respuesta</i>
1.7953	213.2283	23.3007	Rendimiento de tubérculos (TM/ha)
1.5103	195.1345	59.9209	Altura de planta (cm)
1.7872	245.4482	4.4745	Numero de tallos
1.8099	189.9767	23.7199	Número de tubérculos

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

CUADRO 4.5

VALORES MAXIMOS DE VARIABLES RESPUESTA PRODUCIDOS EN LA VARIEDAD IMILLA NEGRA POR NIVELES RECOMENDABLES DE HUMUS DE LOMBRIS Y BIOL EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2005-06

<i>Humus (TM/ha)</i> (x_{o1})	<i>Biol (l/ha)</i> (x_{o2})	<i>Valor máximo logrado</i> (y_o)	<i>Variables respuesta</i>
1.6484	219.4238	11.5730	Rendimiento de tubérculos (TM/ha)
1.8423	197.2547	4.0845	Numero de tallos
1.6505	252.7583	17.7013	Número de tubérculos

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

Sin embargo, la variedad Imilla Negra en la campaña agrícola 2005-06 (Cuadro 4.5), el rendimiento de tubérculos sólo alcanzó 11.57 TM/ha, casi con las mismas dosis de abono orgánico; es decir, 1.65 TM/ha de humus de lombriz y 219 l/ha de biol. Este comportamiento de rendimiento de tubérculos alcanzando sólo el 50 % de la campaña anterior es una respuesta que se debe a la intervención de una variable exógena que ha sido difícil de controlar mediante el diseño experimental; es decir, la presencia de fuertes heladas durante la campaña agrícola ha anulado los efectos de los abonos orgánicos, sobre todo del abono orgánico líquido Biol, cuya aplicación ha sido en el follaje o sólo foliar; ha significado un almacenamiento nulo en el suelo para ser utilizada después del daño; en cambio con aplicación de humus de lombriz en el suelo en el momento de la siembra, si se nota su aporte en la recuperación del daño de la helada (Mamani, 2000). Sin embargo, la recuperación no ha sido total para la variedad Imilla Negra y la interrupción por la helada ha sido irremediable para la variedad Imilla Blanca. En Variedad Imilla Negra, la maduración incompleta se debe primero porque faltó tiempo para completar su desarrollo vegetativo y segundo porque fue insuficiente los nutrientes del suelo para la pronta y completa recuperación de las plantas y alcanzar los rendimientos deseados. En el primer caso es muy difícil controlar, salvo con uso de variedades precoces, pero en caso de la deficiencia provocada por la helada está sujeto al manejo de abonos, como tal se puede resolverse aunque no en su

totalidad, con aplicación de estos abonos en el rebrote y su efectividad es materia de investigación para su inferencia.

Durante la campaña agrícola 2004-05 tanto la variedad Imilla Blanca como Imilla Negra, han completado su ciclo vegetativo y han aprovechado los macro nutrientes y micro nutrientes que se encontraban disponibles en el suelo, gracias al aporte de excreta de lombriz, fue favorecida por las condiciones ambientales benignas de la campaña agrícola (Guerrero, 1993; Lacasta, 2000). Igualmente la aplicación de biol en el follaje que proporciona micro-nutrientes, elementos bioestimulantes y antibióticos se expresa en el rendimiento del tubérculo durante la campaña agrícola 2004-05 fueron aprovechadas al máximo por el cultivo (Mamani, 2000; Mengel 1978).

En cambio durante la campaña agrícola 2005-06, la helada que produjo daños en el follaje de la variedad Imilla Negra y marchites permanente en la variedad Imilla Blanca, interrumpió el desarrollo vegetativo normal de las plantas y que posteriormente repercutió en la disminución significativa del rendimiento de tubérculos. Esta expresión del cultivo se debería a que hubo una pérdida de nutrientes (que ha sido proporcionada por la excreta de lombriz) al ser extraída por la planta antes de la helada y que se encuentra en el follaje quemada, iniciando nuevo proceso de descomposición de materia orgánica. Porque la pérdida de estos nutrientes afectó principalmente en el rebrote y posterior desarrollo del cultivo (Fuentes, 1987; Miranda, 1997; Martínez, 2003). En caso de Biol, la pérdida de nutrientes ha sido total debido a la técnica de aplicación (asperjado en follaje) y su almacenamiento en el suelo probablemente es insignificante y todo lo absorbido por la planta de nutrientes se fueron en el follaje quemado, por tanto el efecto no se manifestó en la producción de tubérculos del cultivo recuperado del daño ocasionado por la helada. Por tanto, el máximo rendimiento

de tubérculo obtenido durante esta campaña no expresa el rendimiento potencial de las variedades de papa (Climent et al. 1990, Gonzales et al. 1996; Arzola 2000).

4.1.2 Respuesta de caracteres morfológicos por efecto de abonos orgánicos

a) Efecto de ambientes (Repeticiones año x variedad)

Los Cuadros A2, A3 y A4 del anexo muestran información sobre el comportamiento del número de tallos, número de tubérculos y altura de planta respectivamente, con resultados similares al reportado para rendimiento de tubérculos. Es decir, hay diferencia altamente significativa para las repeticiones (año x variedad), excepto para altura de planta. Este última se explica debido a que en la campaña agrícola 2005-06 no se observó este indicador. Los coeficientes de variabilidad son muy confiables de 16.13 %, 13.37 % y 15.41 % que garantizan la confiabilidad de los experimentos del presente estudio y respaldan la explicación expresada para rendimiento de tubérculo.

CUADRO 4.6
GRUPOS DUNCAN ($\alpha = 0.05$) DE NUMERO DE TALLOS SEGÚN
REPETICIONES (AÑO X VARIEDAD), CUSINI 2004-05.

<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedio</i>	<i>N</i>	<i>Repeticiones</i>
A	4.1	13	I. Blanca 2004-05
A	3.7	13	I. Negra 2004-05
B	3.2	13	I. Negra 2005-06

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

En los Cuadros 4.6, 4.7 y 4.8 se observan los grupos Duncan ($\alpha = 0.05$) para número de tallos, número de tubérculos y altura de planta respectivamente; allí la variedad Imilla Blanca destaca notablemente en la campaña agrícola 2004-05 pero es irreversiblemente afectado en la campaña agrícola 2005-06, en cambio la Imilla Negra se

muestra tolerante a la adversidad climática que se presentó en la campaña agrícola 2005-06, es decir, en la última campaña agrícola disminuyó el número de tallos y número de tubérculos.

CUADRO 4.7
GRUPOS DUNCAN ($\alpha = 0.05$) DE NUMERO DE TUBERCULOS
SEGÚN REPETICIONES (AÑO X VARIEDAD), CUSINI 2004-05.

<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedio</i>	<i>N</i>	<i>Repeticiones</i>
A	23.692	13	I. Blanca 2004-05
A	22.846	13	I. Negra 2004-05
B	18.308	13	I. Negra 2005-06

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

Este efecto también redundó en el bajo rendimiento de tubérculos de la variedad, además de no haber completado con el desarrollo vegetativo de la planta durante la última campaña agrícola (Rojas Garcidueñas y Ramírez, 1993).

El rendimiento de tubérculos de papa está relacionado con el número de tallos y la planta comúnmente consiste de varios tallos, cada tallo forma raíces, estolones y tubérculos que conforman una planta individual. El primer componente es el número de plantas y el segundo componente es el número de tallos por planta; la densidad recomendada de tallos depende de: ambiente, propósito del cultivo y variedad de papa (Wiersema, 1987). El número de tallos principales depende de lecho del tubérculo semilla, es decir el suelo debe poseer condiciones de humedad y estructura adecuadas, ésta condición es proporcionado por abono orgánico humus de lombriz, como indica Guerrero (1993) y Mamani (1996) el humus contiene hormonas, sustancias reguladoras de crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas; la cuál es confirmado por EAGE (1996) que indica las virtudes de lombrihumus que ayuda a mejorar la estructura del suelo, tanto hídrica, biológica como estructural, estimula el cre-

cimiento radicular de las plantas, pues actúa como hormona de crecimiento, actúa como tampón homeostático en el intercambio gaseoso entre el suelo y la planta.

CUADRO 4.8
GRUPOS DUNCAN ($\alpha = 0.05$) DE ALTURA DE PLANTA SEGÚN REPETICIONES (AÑO X VARIEDAD), CUSINI 2004-05.

<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedio</i>	<i>N</i>	<i>Categorías</i>
A	61.000	13	I. Blanca 2004-05
A	55.615	13	I. Negra 2004-05

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

La variable altura de planta usada como índice de desarrollo vegetativo, en general mostró correspondencia con los tratamientos utilizados, pues la misma alcanzó valores superiores con los mayores rendimientos y valores menores en los tratamientos que correspondieron a bajos rendimientos.

b) Ajuste cuadrática de la función

Los Cuadros A8 y A9 del anexo, muestran información de análisis de variancia de regresión para variedades Imilla Blanca y Imilla Negra durante la campaña agrícola 2004-05; en ella la fuente de variación debido a la regresión (modelo) no son significativos por tanto los efectos de los abonos orgánicos están dentro del modelo planteado y se respalda con los coeficientes de variación 7.34 % y 18.43 % respectivamente y son muy confiables para inferir los resultados para el carácter altura de planta.

CUADRO 4.9
 COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN DE ALTURA DE
 PLANTA POR CAMPAÑA AGRÍCOLA 2004-05 Y VARIEDADES EN
 LA LOCALIDAD DE CUSINI.

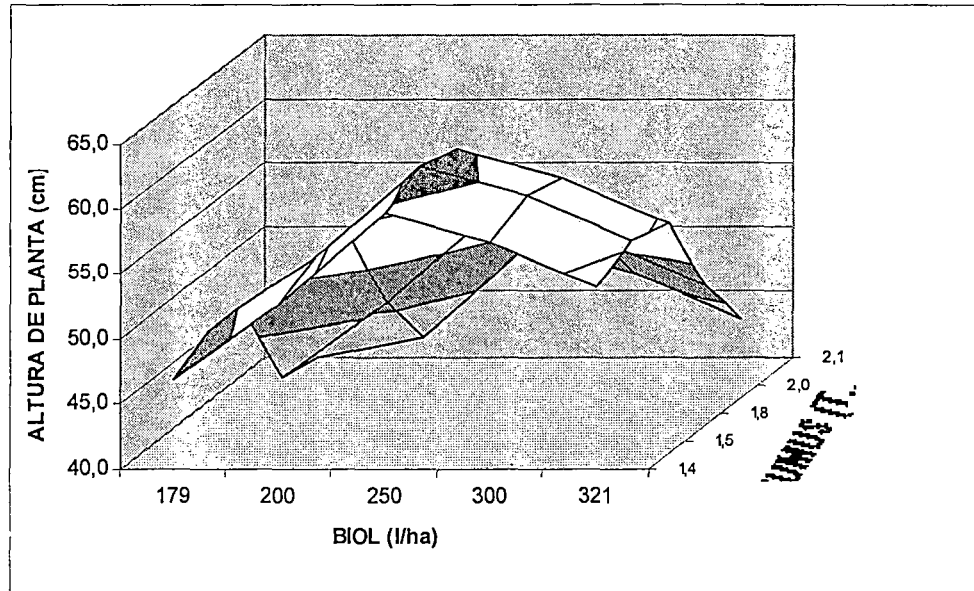
<i>Coefficientes</i>	2005	
	<i>I. Blanca</i>	<i>I. Negra</i>
INTERCEPCIÓN ($\hat{\beta}_0$)	58.9992	60.4003
H ($\hat{\beta}_1$)	1.5822	-5.6784
B ($\hat{\beta}_2$)	-0.7414	2.4534
HH ($\hat{\beta}_{11}$)	0.5005	-3.1384
BB ($\hat{\beta}_{22}$)	2.7516	-4.6391
HB ($\hat{\beta}_{12}$)	-0.7500	1.7500

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

El Cuadro 4.9 muestra los coeficientes de la ecuación de superficie de respuesta, y su tendencia es contradictoria a la planteada en el experimento, en vista de que para la variedad Imilla Blanca la tendencia tiene forma cóncava y no expresa elementos para estimar el punto máximo que se ha planteado, en cambio en la variedad Imilla Negra si respalda la tendencia convexa (Gráfico 4.4) y respalda la explicación para el rendimiento de tubérculos y estimar su máxima expresión con los tratamientos planteados.

El comportamiento del número de tallos por planta, se encuentra en los cuadros A10, A11 y A12 del anexo; allí se observa que la información de análisis de variancia de regresión para las variedades Imilla Blanca en campaña agrícola 2004-05, Imilla Negra en campaña agrícola 2004-05 y 2005-06; en ella la fuente de variación debido a la regresión (modelo) no son significativos por tanto los efectos de abonos orgánicos están dentro del modelo planteado y los coeficientes de variación 14.72 % y 18.71 % y 11.10 % respectivamente, indican que son muy confiables para inferir los resultados.

GRAFICO 4.4
TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ALTURA DE PLANTA (cm) DE IMILLA NEGRA COMO EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, CUSINI 2004-05



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

El comportamiento del número de tallos por planta, se encuentra en los cuadros A10, A11 y A12 del anexo; se observa que la información de análisis de variancia de regresión para las variedades Imilla Blanca en campaña agrícola 2004-05, Imilla Negra durante la campaña agrícola 2004-05 y 2005-06; en ella la fuente de variación debido a la regresión (modelo) no son significativos por tanto los efectos de abonos orgánicos están dentro del modelo planteado y los coeficientes de variación 14.72 % y 18.71 % y 11.10 % respectivamente, indican la confiabilidad para inferir los resultados.

El Cuadro 4.10 presenta los coeficientes de la ecuación de superficies de respuesta para el número de tallos como efecto de abonos orgánicos en cada ambiente. Para la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola la tendencia tiene la forma cóncava y contraria al modelo planteado.

CUADRO 4.10
COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN DE NUMERO DE
TALLOS POR CAMPAÑAS AGRÍCOLAS Y VARIEDADES EN LA LO-
CALIDAD DE CUSINI

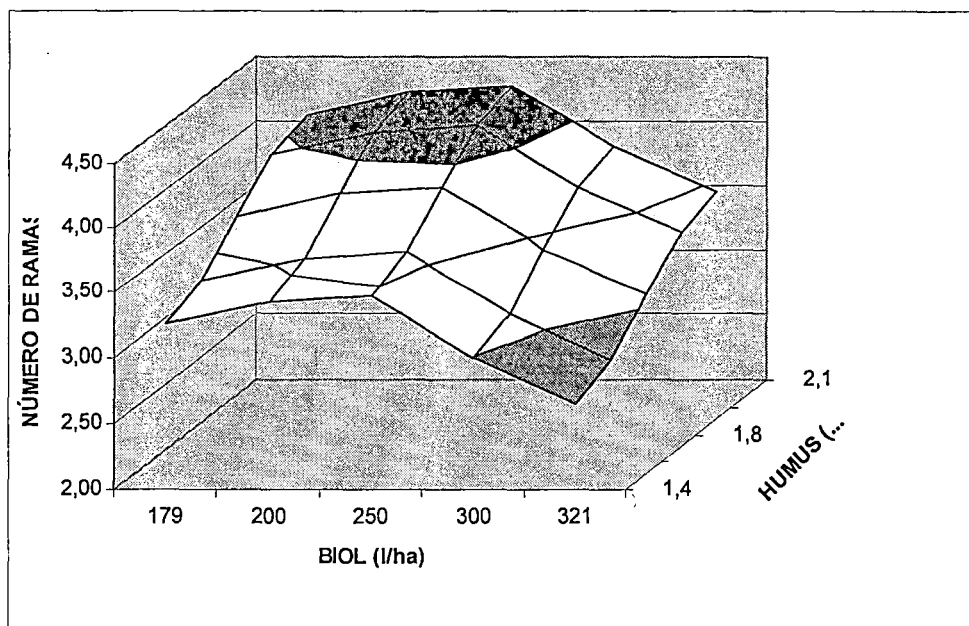
<i>Coefficientes</i>	<i>2005</i>		<i>2006</i>
	<i>Blanca</i>	<i>Negra</i>	<i>Negra</i>
INTERCEPCIÓN ($\hat{\beta}_0$)	3.0001	4.4001	3.9000
H ($\hat{\beta}_1$)	-0.0518	-0.3018	0.0366
B ($\hat{\beta}_2$)	0.0518	-0.0518 *	-0.2134
HH ($\hat{\beta}_{11}$)	0.1875	-0.5127	-0.0124
BB ($\hat{\beta}_{22}$)	0.1875	-0.0125	-0.2626
HB ($\hat{\beta}_{12}$)	-0.2500	0.2500 *	0.2500

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo.

En cambio para la variedad Imilla Negra tanto en la campaña agrícola 2004-05 como en 2005-06 (Gráfico 4.5) sí expresan la tendencia convexa que permite estimar el punto máximo de la superficie y la dosis que permita optimizar los abonos orgánicos para esta variedad y para las condiciones de Cusini.

La información de análisis de variancia de regresión para el número de tubérculos por planta se encuentra en los cuadros A13, A14 y A15; con las pruebas estadísticas de F para la fuente de variación debido a la regresión en la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05 es no significativo; en caso de la variedad Imilla Negra durante la campaña agrícola 2004-05 significativo ($\alpha = 0.05$) y no significativo para la campaña agrícola 2005-06. En el caso de no significación indican que los efectos de abonos orgánicos están dentro del modelo planteado y la significación estadística indica que los efectos de abonos orgánicos difiere del modelo cuadrático. Estos resultados son confiables en los tres casos, gracias a los coeficientes de variación 15.81 % y 8.61 % y 12.54 % respectivamente.

GRAFICO 4.5
TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NÚMERO DE TALLOS DE IMILLA NEGRA COMO EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, 2005-06



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión.

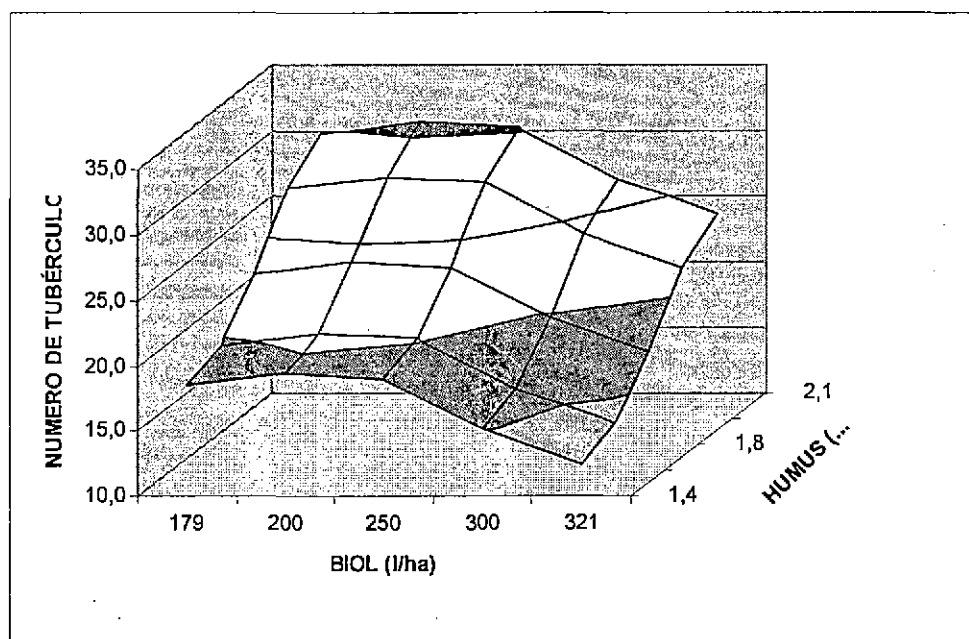
Los coeficiente de la ecuación de regresión de superficie de respuesta se encuentra en el Cuadro 4.11 para el número de tubérculos por planta, allí las tendencias tienen la misma forma (Gráfico 4.6) con perspectivas a ser convexo, pero a diferencia de las anteriores variables respuesta de evaluación, las ecuaciones de las tres repeticiones están en la parte ascendente de la tendencia llegando a su punto máximo; es decir, la expresión de mayor número de tubérculos por planta requieren mayores dosis de abonos orgánicos.

CUADRO 4.11
 COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN NUMERO DE TUBÉRCULOS POR CAMPAÑAS AGRÍCOLAS Y VARIEDADES EN LA LOCALIDAD DE CUSINI.

Coeficientes	2005		2006
	<i>I. Blanca</i>	<i>I. Negra</i>	<i>I. Negra</i>
INTERCEPCIÓN ($\hat{\beta}_0$)	23.4002	23.6002	17.9003
H ($\hat{\beta}_1$)	1.0607	0.9571	1.9660 *
B ($\hat{\beta}_2$)	0.5733	-2.1341	0.6187
HH ($\hat{\beta}_{11}$)	0.6126	0.5128	1.1440
BB ($\hat{\beta}_{22}$)	-0.1378	-1.7383	-0.4818
HB ($\hat{\beta}_{12}$)	0.0000	3.0000	-0.5000

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

GRAFICO 4.6
 TENDENCIA DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA DE NÚMERO DE TUBERCULOS DE IMILLA NEGRA COMO EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS, 2004-05



Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de regresión

El incremento de las dosis de abonos orgánicos, sobre todo del humus de lombriz habría que relacionarlo con el rendimiento de tubérculo que proporciona ingresos económicos que interesa al productor; aunque desde el punto de vista biológico y de interés para la especie estaría relacionado con la supervivencia de la especie. Pero de acuerdo a los objetivos planteados del presente trabajo está dirigido prioritariamente beneficiar a los pequeños agricultores, en este sentido, las dosis apropiadas de abonos orgánicos son para obtener mayores rendimientos y que estén relacionados con costos que estén al alcance de estos agricultores.

c) Estimado de dosis o niveles apropiados de abonos orgánicos

De manera similar a la tendencia de rendimiento de tubérculos se expresa en otros variables respuesta: altura de planta, número de tallos y número de tubérculos; que se ha estimado para la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05 (Cuadro 4.3). Los valores estimados para la dosis de abono orgánico oscilan alrededor de 1.75 TM/ha de humus de lombriz, los cuales apoyan y ratifican al nivel obtenido para el rendimiento de tubérculo; en cambio para el abono orgánico Biol existe discrepancias, sobre todo en el número de tubérculos que sobrepasa 300 l/ha, pero en altura de planta como en número de tallos los dosis apropiados están cerca de 191 l/ha para el rendimiento de tubérculos.

Las discrepancias en los diferentes variables respuesta son de esperarse, porque estos variables respuesta o caracteres se desarrollan en los periodos vegetativos anteriores al rendimiento de tubérculos. Es decir el rendimiento de tubérculos depende o es el resultado de la conformación del desarrollo de altura de planta, número de tallos y número de tubérculos, entre otros que intervienen en la expresión de comportamiento del rendimiento de tubérculo.

Es decir, estas variables de respuesta (número de tallos, número de tubérculos y altura de planta) corroboran las dosis de abonos orgánicos (humus de lombriz y biol) encontrados para rendimiento de tubérculos, y que estiman mayor altura de planta, máximo número de tallos y número de tubérculos durante la campaña agrícola 2004-05.

4.2 CONTRASTE ENTRE ABONOS ORGANICOS Y ABONOS QUIMICOS

4.2.1 Contenido de Nitratos en los tubérculos

Cuando se habla del uso de abonos orgánicos siempre se relaciona con la calidad nutricional y libre de contaminantes. El contenido de nitratos en el tubérculo está relacionado con la toxicidad almacenada en el tubérculo como consecuencia de la aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos. El Cuadro A20 contiene la información de análisis de variancia del contenido de nitratos como efecto de la aplicación de dos abonos: abonos orgánicos y abonos químicos. En este Cuadro según la prueba estadística de F, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa ($\alpha = 0.01$) para abonamiento, diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$) y la interacción entre variedades y abonamiento (VA*AB) no significativa; con un coeficiente de variación de 9.03 % que le da buena confiabilidad del experimento para su inferencia.

CUADRO 4.12
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y ABONOS EN CONTENIDO DE NITRATOS DE TUBERCULOS DE PAPA, CUSINI 2004-05

<i>Factores</i>	<i>Categorías</i>	<i>Nitratos (mg/0.5g)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Interpretación</i>
Variedades	I. Negra	19.000	A	Significativo
	I. Blanca	17.000	B	
Abonos	A. Químico	19.286	A	Alta Significación
	A. Orgánico	16.429	B	

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis en Laboratorio de suelos – Salcedo INIA

La interacción no significativa, indica de alguna manera la independencia que ostenta los factores en estudio variedades y abonamiento en este estudio por tanto se analizará los efectos principales de estos factores.

En el cuadro 4.12, los tubérculos de variedad Imilla Negra contiene mayor cantidad de nitrato que la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05 ($F\alpha = 0.01$). Esta diferencia se debería principalmente a la mayor capacidad de absorber nutrientes o poca capacidad de conversión que la variedad Imilla Blanca que obedece intrínsecamente a la variación genética. Por otro lado, se ha demostrado que en esta especie que la eficiencia del uso de nitrógeno es baja (Dow y Roberts, Saluzzo et al., 1999b), por lo que el uso inapropiado de fertilizante nitrogenado puede conducir a problemas ambientales. Se ha demostrado que los alimentos producidos orgánicamente tienen niveles un contenido más bajo de nitratos (FAO, 2000b).

Además en el Cuadro 4.12, se presenta que los fertilizantes químicos aplicada bajo la formulación media de NPK 160-140-100, produjo mayor contenido de nitrato (19.28 mg/0.5 g) diferente estadísticamente ($\alpha = 0.01$) al abonamiento orgánico (16.43 mg/0.5 g). Esta información corrobora, que los fertilizantes químicos son de estructura simple y de rápida disponibilidad (Felipe- Morales, 2003); puede ser absorbido por la planta en mas de lo requerido, produciendo el desbalance interno en el metabolismo de la planta, provocando mayor acumulación de tóxicos en el tubérculo (Coronado, 1997); o modifican profundamente la bioquímica de la planta y finalmente alteran la composición de los alimentos. En cambio los abonos orgánicos liberan nutrientes en forma lenta y progresivamente que evitaría absorción excesiva de nutrientes (Felipe-Morales, 2003).

Está comprobado que la mala utilización de los fertilizantes trae como consecuencia la contaminación de suelos y aguas con presencia de altos niveles de nitratos en los productos agrícolas, constituyendo una importante fuente de fitotoxicidad para el hombre (Martínez y Dibut, 1996). En el suelo, los fertilizantes conteniendo nitrógeno son descompuestos para formar primeramente en amonio NH^+4 que luego es oxidado a nitrito y a nitrato; parte de este nitrato es absorbido por las plantas, que lo emplean en la síntesis de proteínas vegetales, pudiendo el resto pasar a los tubérculos en caso de papa o a las aguas subterráneas (Antón y Lizaso, 2001).

La utilización de fertilizantes minerales altamente solubles favorece la presencia de nitratos en ciertos cultivos (Dahlsted and Dlouhy, 1995) citado por FAO 2000b. La consecuencia negativa, desde el punto de vista de la inocuidad, de un contenido elevado de nitratos en los alimentos es que, en ciertas circunstancias, esos nitratos pueden convertirse en nitrosaminas, que son carcinógenas; los nitratos pueden reducir también la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y plantear un riesgo de meta-hemoglobinemia (FAO, 2000b). La FAO/OMS recomienda en la ingesta diaria de alimentos entre 0-3.7 mg/kg peso corporal; superiores a estas cifras podrían ser peligrosos para la salud humana (Lopez, 2000; Antón y Lizaso, 2001).

4.2.2 Contenido de Materia Seca en los tubérculos

El Cuadro A21 de análisis de variancia, también expresa la calidad de tubérculo en términos del contenido de materia seca y es importante por estar relacionado con la textura de la pulpa del tubérculo y éste a su vez con la calidad culinaria; debido a que las papas harinosas son mas preferidas por el consumidor (Gras, 1991; Boletín de la Papa, 2001). Las pruebas estadísticas de F de este Cuadro, indican que sólo para la fuente de variación abonamiento existe diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) y para el

resto no hay significación estadística; con un coeficiente de variación de 8.65 % que le da buena confiabilidad del experimento para su interpretación.

CUADRO 4.13
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y ABONAMIENTOS EN MATERIA SECA (%) DE TUBERCULOS DE PAPA, CUSINI 2004-05

<i>Factores</i>	<i>Niveles</i>	<i>Materia Seca (%)</i>	<i>Grupos Duncan</i>	<i>Interpretación</i>
Variedades	I. Negra	23.378	A	No Significación
	I. Blanca	23.121	A	
Abonos	A. Químico	21.921	A	Significativo
	A. Orgánico	24.541	B	

Fuente: Elaboración propia, en base al análisis en laboratorio de suelos – Salcedo INIA

Según el Cuadro 4.13 las variedades tienen contenidos de materia seca similares, Imilla negra 23.37 % e Imilla Blanca 23.12 %; es decir, ambas variedades se consideran de la misma calidad culinaria, la misma que tiene relación con la textura, color y sabor. Estos resultados corroboran a lo encontrado por PROINPA (1994), que indican la materia seca de variedad Imilla Blanca es de 24.3%; mientras que la variedad Imilla Negra contiene 23.1% y es ligeramente menor que la otra variedad.

En cambio si hay diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) entre abonamiento orgánico y abonamiento químico; es decir, el abonamiento orgánico produjo mayor contenido de materia seca (24.54 %) que abonamiento químico (21.92 %). Este resultado aunque aparentemente pequeña confirma que el abonamiento orgánico contribuye en la mayor calidad de tubérculos (mejor textura) y menos agua en esta parte de la planta, lo cual es muy importante en la ingesta de alimentos.

La calidad culinaria está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico. Además la calidad culinaria esta relacionada con la textura, el color y el sabor. La textura es muy importante para definir la calidad del tubérculo, ya que existe una relación directa entre el contenido de materia seca del tubérculo crudo y la textura del tubérculo una vez cocido (Coraspe, 2003). También la calidad interna de la papa esta determinada por su composición química para la elaboración de diferentes productos industriales. Los componentes más significativos para la industria de procesamiento son los altos contenidos de almidón y materia seca (Moreno, 2004; Borruy, et al., 2001; Andrade, 1997).

4.2.3 Comportamiento de rendimiento de tubérculos

Los cuadros A16 y A17 presentan informaciones de análisis de variancia para rendimiento de tubérculos y número de tubérculos, en ambos casos el comportamiento es similar; es decir, sólo existe diferencia altamente significativa ($\alpha = 0.01$) para las fuente de variación abonamientos, o que hay diferencia entre abonamiento orgánico y abonamiento químico, pero para otras fuentes de variación no existe diferencia estadística o que los efectos son similares entre categorías contrastantes. Los coeficientes de variación 11.62 % y 9.05% respectivamente, indican la confiabilidad del experimento para estas variables de respuesta que nos permite explicar el comportamiento de las variables en estudio.

Mediante los cuadros 4.14 y 4.15 se presentan que las variedades tienen rendimientos y número de tubérculos similares, Imilla negra con 34.16 TM/ha y 30 tubérculos, en Imilla Blanca con 31.93 TM/ha y 29 tubérculos, respectivamente; es decir, ambas variedades están en la misma categoría de rendimiento y número de tubérculos y no hay suficientes argumentos para adjudicar mejor rendimiento y número de tubérculos a una de las variedades.

CUADRO 4.14
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y ABONAMIENTOS EN RENDIMIENTO DE TUBERCULOS (TM/ha) DE PAPA, CUSINI 2004-05

<i>Factores</i>	<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedios (g/p)</i>	<i>Promedios (TM/ha)</i>	<i>Niveles</i>
VARIEDADES	A	1035.0	34.16	I. Negra
	B	967.5	31.93	I. Blanca
ABONOS	A	1322.5	43.64	A. Químico
	B	680.0	22.44	A. Orgánico

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

En cambio la diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) entre abonamiento orgánico y abonamiento químico; indica que el abonamiento con fertilizantes (43 TM/ha) produjo el doble de rendimiento de tubérculos que el abonamiento orgánico (22.44 TM/ha), igualmente sucede con el número de tubérculos donde abonamiento químico (35.8 tubérculos) supera al abonamiento orgánico (23.3 tubérculos). Estos resultados confirman que el abonamiento químico contribuye en la obtención de mayor cantidad de rendimiento y número de tubérculos, siendo esta ventaja muy justificable desde el punto de vista de rentabilidad. La mayor producción de rendimiento y número de tubérculos se debe principalmente a que los fertilizantes químicos son de estructura simple y de rápida disponibilidad, (Felipe- Morales, 2003); significa que existe mayor disponibilidad y alta concentración de nutrientes para las plantas (Coronado, 1997).

CUADRO 4.15
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y ABONAMIENTOS EN NÚMERO DE TUBERCULOS DE PAPA, CUSINI 2004-05.

<i>Factores</i>	<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedios</i>	<i>N</i>	<i>Niveles</i>
VARIEDADES	A	30.375	8	I. Negra
	A	28.875	8	I. Blanca
ABONOS	A	35.875	8	A. Químico
	B	23.375	8	A. Orgánico

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

La diferencia favorable para la aplicación de fertilizantes químicos, es evidencia del efecto de los elementos en estudio sobre el cultivo, cuestión ésta que corrobora lo reportado por Geus (1967), Ustimenko (1982) y Deroncelé (1983) quienes consideran que la papa es exigente a la nutrición mineral para la obtención de altos rendimientos y tubérculos de calidad, citado por Ortiz et al, 2001.

En cambio, con abonos orgánicos (humus de lombriz y biol) por ser sustancias complejas, el aporte de nutrientes en el cultivo de papa es lento, porque una vez incorporadas al suelo, se disuelven lentamente y ponen a disposición de las raíces en forma gradual y sostenida, acorde con el ritmo de crecimiento y desarrollo del cultivo (Felipe-Morales 2003).

Sin embargo, la liberación rápida de nutrientes en los suelos abonados con fertilizantes químicos, degradan las características físicas, químicas y biológicas, en especial atenta contra los microorganismos benéficos; mientras que los suelos aplicados con abonos orgánicos, además de contribuir con nutrimentos al cultivo, que aún se liberan en el siguiente año, mantiene intactos las propiedades físicas y biológicas, mientras que las propiedades químicas aún mantienen un potencial de nutrientes en proceso de descomposición, que aparentemente no son expresada en forma rápida en el rendimiento de tubérculos (Guerrero, 1993; Miranda, 1997; Tortosa, 2004).

4.2.4 Caracteres Morfológicos

Los cuadros A18 y A19 presentan informaciones de análisis de variancia para altura de planta y número de tallos, en ambos casos el comportamiento es similar; aunque existe diferencia altamente significativa ($\alpha = 0.01$) para fuente de variación abonamiento en altura de planta, y diferencia significativa entre abonamientos en el número

de tallos por planta, para otras fuentes de variación no existe diferencia estadística o que los efectos son similares entre categorías contrastantes, en ambos variables respuesta. Los coeficientes de variación 11.56 % y 19.73 % para altura de planta y número de tallos respectivamente, indican la confiabilidad del experimento para las variables respuesta que nos permite explicar el comportamiento de las variables en estudio.

CUADRO 4.16
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y ABONAMIENTOS EN ALTURA DE PLANTA (cm) DE PAPA, CUSINI 2004-05.

<i>Factores</i>	<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedios</i>	<i>N</i>	<i>Niveles</i>
VARIEDADES	A	68.500	8	I. Negra
	A	65.625	8	I. Blanca
ABONOS	A	74.375	8	A. Químico
	B	59.750	8	A. Orgánico

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

La superioridad del abonamiento químico (74.37 cm) frente al abonamiento orgánico (59.75 cm), indican que además de favorecer el mayor rendimiento también favorecen al desarrollo integral de la planta, en este caso los caracteres morfológicos han sido beneficiados y sobre todo han completado su estado vegetativo. Igualmente el número de tallos es favorecido por abonamiento químico (4 tallos por planta) que por el abonamiento orgánico (3 tallos por planta). La explicación del comportamiento de estos caracteres son similares al comportamiento del rendimiento de tubérculos; sin embargo, son eventos previos; pero, responsables del producto final y por eso son componentes principales del rendimiento de tubérculos y sus expresiones dependen del tipo de abonamiento y su aplicación oportuna durante el ciclo de cultivo (Wiersema, 1987).

CUADRO 4.17
DIFERENCIAS ENTRE NIVELES DE LOS FACTORES VARIEDADES Y
ABONAMIENTOS EN NÚMERO DE TALLOS DE PAPA, CUSINI 2004-05.

<i>Factores</i>	<i>Grupos Duncan</i>	<i>Promedios</i>	<i>N</i>	<i>Niveles</i>
VARIEDADES	A	3.5	8	I. Negra
	A	2.9	8	I. Blanca
ABONOS	A	3.6	8	A. Químico
	B	2.8	8	A. Orgánico

Fuente: Elaboración de campo, en base a registros de campo

V. CONCLUSIONES

El comportamiento de las variables de respuesta como efecto de los factores en estudio, se deduce las siguientes conclusiones:

1. El factor ambiental conformado por la combinación campañas agrícola por variedades de papa, influye significativamente sobre el comportamiento del rendimiento de tubérculo, altura de plantas, número de tallos y número de tubérculos, por ende en la tendencia cuadrática del modelo de estudio.
2. El rendimiento máximo de tubérculos en variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05 es de 23.5 TM/ha con dosis de 1.75 TM/ha de humus de lombriz y 191.63 l/ha de Biol; similarmente se obtuvo con 1.79 TM/ha de humus de lombriz y 213 l/ha de biol en variedad Imilla Negra (23.30 TM/ha). En la campaña agrícola 2005-06, el rendimiento en variedad Imilla negra alcanzó la mitad del año anterior (11.57 TM/ha) con dosis de 1.65 TM/ha de humus de lombriz y 219 l/ha de biol, debido al efecto ambiental que afectó en forma irreversible a la variedad Imilla Blanca.

3. La variedad Imilla Negra logró recuperarse hasta en 90% del daño causado por helada negra, mientras la variedad Imilla Blanca no se recuperó porque el daño fue irreversible.
4. La aplicación de fertilizantes químicos bajo la formulación media de NPK 160-140-100, produjo mayor contenido de nitrato (19.28 mg/0.5 g) que el abonamiento orgánico (16.43 mg/0.5 g); la variedad Imilla Negra almacenó mayor cantidad de nitratos que la variedad Imilla Blanca durante la campaña agrícola 2004-05. Para diferenciar el contenido de nitratos entre las variedades no existen suficientes argumentos.
5. El abonamiento orgánico, produjo mayor contenido de materia seca (24.54%) que fertilizante químico (21.92%). Este resultado aunque aparentemente pequeño confirma que el abono orgánico contribuye a la mayor calidad de tubérculos (mejor textura) y menos contenido de agua en esta parte de la planta, lo cual es muy importante en la ingesta de alimentos.
6. Las variedades nativas del cultivo de papa presentó una respuesta significativa a la aplicación de fertilizante químico (nitrógeno, fósforo y potasio) lográndose el doble de rendimiento de tubérculos (43 TM/ha) que con abonamiento orgánico (22.44 TM/ha); igual resultado se obtuvo respecto al número de tubérculos con abonamiento químico (35.8 tubérculos) que supera al orgánico (23.3 tubérculos). Existe mayor número de tallos y mejor desarrollo de altura de planta con fertilizantes (químico). En todos los casos en detrimento de la calidad del tubérculo.

VI. RECOMEDACIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos y conclusiones, nos permitimos realizar las siguientes recomendaciones:

1. Recomendar a los agricultores el uso de abonos orgánicos de humus de lombriz y biol en las dosis de 1.750 t/ha y 191.60 l/ha respectivamente; como una alternativa de sustitución o reducción a la fertilización química, tanto en variedad Imilla Blanca como en Imilla Negra.
2. Es recomendable repetir el experimento con 2 aplicaciones de Biol, aplicar en el primer aporque; luego después de la ocurrencia de heladas y evaluar sus efectos según la severidad del daño y la dosis utilizada.
3. Fomentar el uso de Biol casero (elaborado por los propios productores) y realizar estudios permanentemente para innovar la tecnología de elaboración para mejorar la calidad del abono líquido.

4. Se recomienda continuar trabajos de investigación sobre el contenido de nitratos en los tubérculos de papa, con niveles de abonamiento orgánico y químico que sean similares.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABAWI, O. S. Y THURSTON H.O. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre patógenos del suelo y las enfermedades radicales. In: Tapados. Los Sistemas de Siembra con Cobertura. CATIE-CIIFAD. Ítaca, New York. Pp: 97-108
- ADROVER, M., VERA, J., SANCHEZ, A., MAYOL, B., ROSELLO, J. Y VADELL, J. 2002. Fertilización nitrogenada en el cultivo de la patata y contaminación de aguas subterráneas. Departamento de Biología, Universitat de les Illes Balears. Sa Pobla.
- AGUILAR F. J., REVILLA J., DE LEON J.J., PORCEL O. Y DIZ J. 1994. Uso en la patata del abono procedente de compost de RSU de recogida selectiva. Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo, España.
- ALTIERI, M. A. 1991. ¿Porqué estudiar la agricultura tradicional?. En: Agroecología y Desarrollo. Revista de CLADES, No 1. División de Control Biológico, Universidad de California, Berkeley.
- ALTIERI, M. A. 1997. Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Secretario Rural Perú Bolivia. Lima Perú.
- ANDERSON, T. H. AND DOMSCH, K. H. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soil. Soil Biol. Biochem. 21: 471-479 (Citado por Romero-Lima et al., 2000).

- ANDRADE, H. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. Revista INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Ecuador). No. 9:21-23.
- ANTÓN, A. y LIZASO, J. 2001. Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas. Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria. Inscrita en el Registro de Fundaciones de la Comunidad de Madrid con número de Hoja Personal 255, Inscripción 1ª, Tomo XXX.
- ARUANI M. C. Y SANCHEZ E. E. 2003. Fracciones de micronutrientes en suelos del alto valle de río negro. En: Ciencia del Suelo, Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Vol. 21, N° 2.
- ARZOLA, J., GONZALES, J. RAMIREZ, J. VIEITO, E. L. y N, CLAVEL. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en la producción de semillas de *Andropogon gayanus*, CV CIAT-621 Y *Pueraria phaseoloides*, CV. CIAT-9900. Instituto de investigaciones de pastos y forrajes. MINAGRI, Bauta, La Habana.
- BENZING, A. 2001. Agricultura orgánica, fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, Alemania.
- BERNAL, M. 2004. Abuso de fertilizantes deteriora los suelos agrícolas. El Universo.
- BERNAZA, G. Y PAEZ, O. 2005. El humus de lombriz: un fertilizante ecológico polifacético.
- BOLETIN DE LA PAPA. 2001. Revista de la papa. Vol. 3, N° 23.
- ESTRADA, N. 2001. Mejoramiento para procesamiento y calidad culinaria. En Boletín de la papa. Vol. 3, N° 23. CIP, IPGRI, PRACIPA, IBTA, PROINPA, COSUDE Y CID.
- BORRUEY, A.; COTRINA, F.; MULA, J.; VEGA, C. 2001. Calidad industrial y culinaria de las variedades de patata. En: Pascualena J, Ritter E. (Ed) 2000. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España.

- BOTERO B. M. Y THOMAS R. P. 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia.
- BRENES, L. 2003. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 70: 7-8.
- BUCHANAN, M. 1993. Study exminbes efficient use of compost. Cultivar-Santa Cruz 11. 9-10.
- CAHUANA, R. Y ARCOS, J. 2002. Variedades nativas y mejoradas de papa en Puno. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ministerio de Agricultura. Estación Experimental Illpa. Puno Perú.
- CAHUANA, R. Y ARCOS, J. 1993. Variedades de papa mas importantes en Puno y lineamientos para su caracterización. Programa Interinstitucional de Waru Waru. Convenio PELT/INADE – IC/COTESU. Puno Perú. 110 p.
- CAHUANA, R. Y FLORES, N. 2003. Illpa. Revista de la Estación Experimental Illpa – Puno. Año 2 N° 2.
- CALDIZ D. O., GASPARI F. J. 1997. Análisis de los factores determinantes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*) con especial referencia a la situación Argentina. Rev. Fac. Agr. La Plata. 102: 203-229.
- CALZADA, J. 1970. Métodos Estadísticos para la Investigación. 3ra. Edición. Editorial Jurídica. Lima Perú. 643 p.
- CANAHUA, A., TAPIA, M., ICHUTA, A. Y CUTIPA Z. 2002. Gestión del espacio agrícola y agrobiodiversidad en papa y quinua en las Comunidades Campesinas de Puno. En: SEPIA IX, Perú : El Problema Agrario en Debate. P. 286 – 316.
- CARDOZA, H. 1981. Estudio de fuentes y niveles de abonos orgánicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa*). Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica V4, P. 59.

- CARRILLO C., CASANOVA E., RICO G. 1992. Balance de nitrógeno en arroz de riego en un vertisol del estado Guárico. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 42: 67-84.
- CASTELLANOS, J. Z., J. J. MARQUEZ O., J ETCHEVERS B., A. AGUILAR S. Y J. R. SALINAS. 1996. Efecto a largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada de norte de México. *Terra* 14: 151-158.
- CASTELLANOS, J. Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. *Seminarios Técnicos* 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreon, Coahuila, México.
- CASTELLANOS, J. Z. 1982. La utilización de los estiércoles en la Comarca Lagunera. *Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey (IATEM)*. Pp. 11-19. Torreon, Coahuila, México.
- CCAMA, F. 1991. *Desarrollo Rural: Posibilidades y Limitaciones en Puno, Puno Perú*.
- CHRISTIANSEN, J. 1967. El cultivo de la papa en el Perú. *Servicio de Investigación y Promoción Agraria. Ministerio de Agricultura. 1ra Edición. Lima, Perú*.
- CIESLIK E. 1997. Effect of the levels of nitrates and nitrites on the nutritional and sensory quality of potato tubers. *Hygiene and Nutrition in Foodservice and Catering*. 1: 225-230.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1991. *Zonas Agroecológicas e investigaciones de los planes de acción en las 8 regiones del CIP. Informe anual. Lima, Perú*.
- COCHRAN, W. Y COX, G. 1973. *Diseños Experimentales. Editorial Trillas, 2da. Edición. México*.
- COILA, E. 2001. *Respuesta de dos variedades de col (Brassica oleracea L.) a tres fuentes de abono orgánico en invernadero. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, FCA-UNA-Puno, Puno Perú*.

- CONDORI, B., DEVAUX, A., MAMANI, P., VALLEJOS, J. Y BLAJOS, J. 1997. Efecto residual de la fertilización del cultivo de papa sobre el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en el sistema de rotación. En: Revista Latinoamericana de la papa. Publicación de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). Volumen 9/10, No 1. 216 p.
- CORASPE, H. M. 2003. Calidad de tubérculo de papa. Estación Experimental de Trujillo.
- CORONADO, M. 1997. Efecto comparativo de tres enmiendas orgánicas; estiércol, compost y humus de lombriz en el cultivo de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Yanamucllo. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNALM, Lima, Perú. 82 p.
- CORONADO, M. 1997. Agricultura orgánica vs agricultura convencional. Primer encuentro: abonos orgánicos vs fertilizantes químicos. CENDO CIED.
- COSTA J. L., SUERO E., BEDMAN F., BOCANEGRA E. Y MARTINEZ D. 2000. Contaminación de acuíferos superficiales con nitratos. Efecto de las distintas prácticas agrícolas. Taller Internacional sobre Contaminación de suelos y aguas por agroquímicos. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar de Plata. CD).
- COOGER, C. G. 2001. Cómo hacer y usar el compost. Oregon State University. Extensión Service. Washington State University.
- CREMLYN, R. J. 1991. Agrochemicals preparation and mode of action. John Wiley & Sons Ltd. England, 396 (Citado por Julia-Otiniano et al., 2006).
- DEL POZO, M. 1983. La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. 3ra Edición. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
- DIMAS, J., DIAZ, A. MARTINEZ E. Y VALDEZ R. D. et al. 1998. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y rendimientos en Maíz.

- DOW, A.I. Y ROBERTS, S. 1982. Proposed, critical nutrients ranges for crops diagnosis. Agron. J. 74, pp. 402-404.
- DUVIGNEAUD, P. 1978. La síntesis ecológica. Alambra, Madrid.
- EAGE. 1996. Memorias del primer taller de Lombricultura Regional. Impartido por el Ing. Alex Tinoco Bermúdez . Estelí. Nicaragua.
- ECHEVARRIA, H. E. 2006. Fertilización del cultivo de papa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuari Balcarce. Año 5 N° 16.
- ENKERLIN E. C., CANO G., GARZA R. A. Y VOGEL E. 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Internacional Thomson Editores. México.
- ENCARTA, 2002. Diccionario Digital.
- ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUTPA, S. C. y BIRONG, D.E. 1998. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management, Agronomy Journal, Vol. 90, 10-15.
- FAIRBAIRN, J. Y MORALES, C. 2001. Conocimientos locales, manejo y condiciones del suelo de Juntas, Tojo y Chorcoya Avilés, Tarija. Natural Resources Sistemas Programme DFID. Informe Técnico.
- FAO. 2000. Mejoramiento del suelo. Cartilla Tecnológica 5.
- FAO. 2000b. Inocuidad y calidad de los alimentos en relación con la agricultura orgánica. 22ª Conferencia Regional de la FAO para Europa. Oporto, Portugal, 24-28 de julio de 2000.
- FELIPE-MORALES, C. 2003. La diversidad como activo para el desarrollo. Existe suficiente oferta de abonos orgánicos para la agricultura en el Perú. En: SEPIA X, CODESU Consorcio para el desarrollo sostenible de Ucayali, SEPIA y Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa Perú.

- FIGUEROA, G. 2003. Optimización de una superficie de respuesta utilizando JMP IN. Mosaicos Matemáticos N° 11, Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora.
- FRANCIS D. 1992. Control mechanisms to reduce fertilizer nitrogen movement into groundwaters. *J. Soil Water Cons.* 6:444-448.
- FUENTES, J. L. 1987. Servicio de Extensión Agraria, Madrid en la HD 1/87 del N° de Agricultura, Pesca y Alimentación. p 23-24.
- GAN J., YATES S. R., CROWLEY D. Y BECKER, J. O. 1998. Acceleration of 1, 3-dichloropene degradation by organic amendments and potencial application for emissions reduction. *Journal of Environmental Quality* 27, 408 – 414.
- GEPP, V. 1999. Manejo de las enfermedades en cultivos hortícolas. Bases Conceptuales para el manejo ecológico de plagas y enfermedades. Departamento de Facultad de Agronomía UDELAR.
- GILETTO C M, ECHEVARRIA H E Y SADRAS V. 2003. Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el SudEste Bonaerense. En: *Ciencia del Suelo. Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.* Vol. 21, N° 2.
- GONZÁLEZ, C.J.; ALVAREZ, C. E.; POMARES, F. y BENITEZ, M. 1998. Efectos de fertilización en papas con compost, gallinaza y combinaciones de ambos. Seminario Permanente de Agricultura Ecológica (SPA), Centro Superior de Ciencias Agrarias, La Laguna (Tenerife). Valencia, España.
- GONZALES, P.J; G. NAVARRO; D. FERNANDEZ Y F. CAMINA. 1996. La lombricultura una opción productiva. *Revista de Agricultura Orgánica.* Pág. 15-17.
- GONZALES, F. 2003. La fertilización en el laboreo de conservación. Extracto del artículo publicado en la revista "Agricultura" N° 853. Pág 518.
- GRAETZ, H. A. 1997. Suelos y fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México: 80 p.

- GRAS, E. 1991. Calidad en alimentos. Food Saffety. Certificadora de sistemas de calidad.
- GROSS, A. 1986. Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 560 p.
- GROS, A. Y DOMINGUEZ, A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8va edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos Orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico del suelo. RAAA. Lima, Perú. p. 90.
- GUZMAN, J.J. 1979. Estudios de niveles de materia orgánica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica. V2 p. 67-73.
- HORTON, D. 1992. La papa, producción, comercialización y programas. Copublicación de: Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima Hemisferio Sur, Montevideo.
- IRIARTE, L., FRANCO, J. Y ORTUÑO N. 1999. Efecto de abonos orgánicos sobre las poblaciones de nematodos y la producción de la papa. Revista Latinoamericano de la papa. Publicación de la Asociación Latinoamericana de la papa (ALAP), Volumen 11 No I. 1998/1999.
- JACKSON, M. L. 1970. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega S.A. 2da Edición. Barcelona España. 662 p.
- JARAMILLO, A. 1977. La papa. Agricultural Business Team – Latin American Región, 2,600 Douglas Road, Suite 110, Coral Gables, Florida 33134, U.S.A.
- JULCA-OTINIANO A., MENESES-FLORIAN, L., BLAS-SEVILLANO R. Y BELLO AMEZ, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESIA Chile Vol. 24 N° 1; 49-61.
- JUSCAFRESA, B. 1979. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2da Edición. Editorial AEDOS. Barcelona España.

- KIELY, G. 2001. Ingeniería ambiental, fundamentos entornos tecnológicos y sistemas de gestión. Volumen II. Impreso en impresos y revistas S.A. (IMPRESA).
- KOLMANS, E., VASQUEZ, D. 1995. Manual de Agricultura Ecológica. Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe MAELA. Primera Edición, SIMAS, CICUTES – Managua, Edit. Enlace. 222 p.
- LACASTA C. 2001. Manejo ecológico de agrosistemas de cereales del secano español. Consejo Superior Investigaciones Científicas. Centro de Ciencias Medioambientales. Finca Experimental “La Higuera”, Toledo. España.
- LARCHER, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Ediciones Omega. Barcelona. 305 p.
- LAURA, F. Y CANAHUA A. 1983. Muestreo de suelos. Boletín 3. Serie Suelos, Convenio Perú Canadá, Puno.
- LAURER, D. A. 1986. Russet Burbano yield response to sprinkler-applied nitrogen fertilizer, Am. Potato J. vol. 63, 61-69. (Citado por Adrover et al., 2002).
- LÓPEZ, L. 2000. Frutas y verduras, ¿alimentos saludables? Gaceta Universitaria. N° 12, CUBA.
- LÓPEZ-MTZ., J. D.; DÍAZ, A.; MARTÍNEZ, E. Y VALDEZ, R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 19(4): 293-299.
- MAMANI, E. 1996. Materia orgánica y su importancia en la agricultura ecológica. 1ra Edición. Puno Perú. 120 p.
- MAMANI, D. O. 2000. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum ssp. Andígena*) a tres dosis de abono foliar orgánico en tres y seis aplicaciones. Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- MANJARES-MARTINEZ M. J., FERRERA-CERRATO, R. Y GONZALES-CHAVEZ M. C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de Chile Serrano. Colegio de Graduados México. Área de microbiología, Especialidad de Edafología.

- MATISSEK, R., SCHNEPEL, F. STEINER, G. 1992. Análisis de los alimentos, fundamentos, métodos, aplicaciones. Editorial Acribia S.A. España. 416 p.
- MAYER, E., GLAVE, M., BRUSH, S. B. Y TAYLOR, E. 1992. La chacra de papa, economía y ecología. CEPES Centro Peruano de Estudios Sociales. Lima Perú. 294 p.
- MARTINEZ, A. 1996. Diseños experimentales, métodos y elementos de teoría. Primera Edición. Editorial Trillas, México.
- MARTINEZ, R. Y DIBUT, B. 1996. Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible. En Seminario Taller Nacional Microempresas en Servicios e Insumos Agroecológicos. La Molina, Lima Perú.
- MARTINEZ, R. F. 2003. Lombricultura: Manual práctico. 1ra Edición. Instituto de Suelos, La Habana Cuba.
- MCCASCKY, A. T. 1990. Microbiological and chemical pollution potential of swine waste. pp. 12-32. *In: Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdos.* CINVESTAV. Guadalajara, Jal., México.
- MENÉNDEZ CASTILLO, T. Y HERNÁNDEZ VILLA, M. 2004. La situación actual y perspectiva de la papa como alimento. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Lisa. Ciudad Habana. Cuba
- MEYER, R. D. Y MARCUM D. B. 1998. "Potato yield, petiole nitrogen and soil nitrogen response to water and nitrogen", *Agronomy Journal*, vol. 90, 420-429.
- MILANES M., RODRIGUEZ H., RAMOS R. Y RIVERA M. M. 2005. Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM), *Rev. Cubana Plant Med.* (10) 1.
- MIRANDA, E. 1997. Efecto de diversas fuentes de materia orgánica en un sistema mixto de producción hortícola conducido biológicamente. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNALM. p. 122.

- MONTI, M. C. Y CLAUSEN A. M. 2003. Calidad culinaria en variedades andinas de papa y su potencial para el desarrollo de nuevos productos. IV Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe, Fac. Cs. Agr. (UNMdP) y EE (INTA) Balcarce. 10 -14 nov.
- MONTGOMERY, D. C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamerica. Arizona State University.
- MORA, J. R. 2006. Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo. <http://lunazul.ucaldas.edu.co>
- MORENO, J. D. 2004. Calidad de la papa para usos industriales. Programa Regional Agrícola. CORPOICA. Santa Fé de Bogota. Colombia.
- MORLON, P. 1992. Comprender la agricultura campesina en los Andes Perú – Bolivia. IFEA Institut Francais d'Etudes Andines y CBC Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas. Cusco Perú. 499 p.
- MUSTIN, M. 1987. Le compost. Ediciones Francois Dubusc. París, 954 p.
- NAVARRO J., MORAL H., GOMEZ L. Y MATAIX B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. Alicante. España, 108 pp.
- NEUGEBAUER, B. et. al. 1993. Agricultura, ecológicamente apropiada. Manual de metodología para la promoción de una agricultura ecológica. Segunda Edición. Deutsche Stiftung fur Internationale Entwicklung (DSE) y Zentralstelle fur Ernährung und Landwirtschaft (ZEL). República Federal de Alemania. 159 p.
- NIERENBERG, D. 2001. Fertilidad tóxica. WORLD•WATCH. p. 40-48
- OJALA, J.C., STARK J.C., KLEINKOPF, G.E. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Am. Potato J. 67: 29-43.

- ORTIZ C., DERONCELE R., ORTIZ G., ROSABAL A. Y TRAVIESO M. 2001. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* L) a la fertilización con NPK en un Fluvisol. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Granma Cuba.
- PAREDES, A. 1990. Limitaciones de la tecnología moderna y la agricultura orgánica o ecológica. En: La Agricultura Ecológica en el Perú. I Encuentro Nacional de Agricultura Ecológica. IDMA, p11-21.
- PARICAHUA, A. 1999. Respuesta de niveles de estiércol de lombriz en dos variedades de coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) bajo condiciones de invernadero. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. FCA-UNA-Puno, Puno Perú.
- PEÑA, E. 2002. Producción de abonos orgánicos para la agricultura urbana. Compost. Lombricultura. Plegable. ACTAF. La Habana, Cuba.
- PEREIRA, R. 2002. Variedades de papa producidos por PROINPA. Fundación PROINPA. Gobierno de Bolivia – Union Europea PASA, Cochabamba Bolivia.
- PETROVIC, A. M. 1990. The fate of nitrogenous fertilizers applied to turfgrass. J. Env. Qual. 19: 1-14. (Citado por Civeira et al., 2003).
- PICONE, L. I.; ANDREOLI, Y. E.; COSTA, J. L.; APARICIO, V.; CRESPO, L.; NANNINI, J.; TAMBASCIO, W. (2003). Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso. RIA, 32 (1): 99-110, INTA, Argentina.
- PIJEIRA, L. Y TRETO, E. 1996. Efectos de la fertilización mineral con NPK en el cultivo de la papa multiplicada a partir de vitroplantas para la producción. Biofertilizantes y Nutrición de las plantas. Vol. 17 N° 3.
- PORTER, G. A. y SISSON, J. A. 1991. Response of Russet Burbano and Shepody potatoes to nitrogen fertilizer in two cropping systems, Am. Potato J. vol. 68, 425-443. (Citado por Adrover et al., 2002).

- PRASAD R. Y POWER J. F. 1997. 1997. Copper and zinc, En: Soil fertility management for sustainable agriculture. Lewis Publishers, Boca Raton, New York, 356 pp (Citado por Aruani y Sanchez, 2003).
- PROINPA. 1994. Catálogo Boliviano de cultivares de papa nativa. No 02. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) – Programa de Investigación de la papa (PROINPA) Convenio IBTA-CIP-COTESU. Cochabamba Bolivia.
- PUMA, A. 1979. Efectos De la densidad y profundidad de siembra en el rendimiento de papa (*Solanum andigenum* Juz et Buck var. Imilla Blanca) Centro Internacional de Papa.
- RAVINES, R. 1978. Tecnología Andina. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, Perú.
- REINOL, N. 1978. Influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo. Boletín de Reseñas. Suelos y Agroquímica N° 1. CIDA. La Habana, Cuba.
- REYNOSO, J.; VALDIVIA, R. Y MARCA, S. 1991. Producción y distribución de semilla de papa en Puno. Estudio de caso. Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos. INIAA – PISA. Convenio INIAA – CIID – ACDI. 58 p.
- RESTREPO, J. 1997. La agricultura orgánica, un camino hacia la sostenibilidad. Serie Agricultura para principiantes. Chiclayo Perú. En: Memorias de Agricultura Orgánica en el Trópico. Universidad Autonoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV. Chiapas México.
- RESTREPO, J. 1998. La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados. Una experiencia de agricultores en Centroamérica y Brasil. Colección Agricultura Orgánica para Principiantes. SIMAS Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible Proyecto del Centro de Intercambio Cultural y Técnico. De Lugo Rent a Car al lago, frente al parque El Carmen Managua, Nicaragua.
- RIMSKI-KORAKOV H., G. RUBIO, LAVADO R. S. 2003. Nitrate leaching by pulses in agricultural soils. Agric. Water Manage.

- ROMERO-LIMA, M., TRINIDAD-SANTOS, A. Y GARCIA-ESPINOZA, R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Revista Agrociencia*, Vol. N° 34, número 3: 261-269, México.
- ROMERO L., MARIA DEL R., TRINIDAD A., GARCIA E. Y FERRERA C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 3: 261-269.
- ROJAS GARCIDUEÑAS, M. y RAMIREZ, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. LIMUSA NORIEGA EDITORES, México.
- RUBIO M., D. 1974. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N. L. desde el punto de vista de su utilización agrícola. *Seminarios Técnicos* 1(1): 13. Centro de Investigación Agrícola del Noreste Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreon, Coahila, México.
- SANTA MARIA, R. S., FERRERA C., ALMARAZ S., GALVIS S. Y BAROIS B. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 4: 377-384.
- SALUZZO A, ECHEVARRIA H, ANDRADE F H, HUARTE M. 1999b. Nitrogen nutrition of potato cultivars differing in maturity. *J. Agronomy & Crop Science*. 183: Pág. 157 – 165.
- SHONING, E. Y W. WICHMANN 1990. Abonos orgánicos no son alternativas para los abonos minerales en las regiones en desarrollo. *BASF Reportes Agrícolas*. 2:8-12 Soil Association, 1989.
- SHUMAN, L. M. 1988. Effect of Phosphorus level on Extractable micronutrients and their distribution among soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:136-141. (Citado por Aruani M C y Sanchez E C, 2003).
- SIERRA, C., SANTOS, J. Y KALASICH, J. 2002. Fertilización Potásica de la Papa en Suelos Trumaos (Andisoles) de la Zona Sur de Chile. INIA CRI Remehue, Osorno.

- SMIL, V. 1997. Abonos nitrogenados: abuso de una cosa buena. Investigación y Ciencia. Barcelona: Prensa Científica. Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002.
- SORIA, M. de J., FERRERA-CERRATO R., ETCHEVRS J., ALCANTAR G., TRINIDAD J., BORGES L. Y PEREYDA G. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Instituto Tecnológico Agropecuario N° 2 Conkal, Yucatán Mérida-Motul. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Estado de México.
- SUQUILANDA, M. 1995. Agricultura Orgánica. Alternativa Tecnológica del Futuro. Ediciones UPS, FUNDAGRO, Quito Ecuador.
- STOLL, G. 1989. Protección Natural de cultivos en las zonas tropicales. MISEREOR – AGRECOL. Edit. Científica José Margraf. Alemania Federal. 184 p.
- TAPIA, N. 1992. Informe Anual de Gestión 1991-1992. AGRUCO, Cochabamba, Bolivia, 10 p.
- TARAZONA F., BRESO M., POMARES, F. Y GINER F. 1997. Extracción de macronutrientes por dos variedades de patata en riego por goteo. Actas del I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación: 1030-1037.
- TISDALE, S. L. Y NELSON W. L. 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. 1ª Edición. Impreso por TONSA – San Sebastián, España.
- TTITO, E. W. 1999. Respuesta de variedades de beterraga (*Beta vulgaris* L.) a la incorporación del estiércol de lombriz en invernadero. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, FCA, UNA-Puno, Puno Perú.
- TORTOSA R. 2004. Agricultura orgánica en Chile. En: Informes Sectoriales, Oportunidades de Inversión y Cooperación Empresarial ICEX. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Chile. Santiago de Chile.

- TORRES GUEVARRA, J. 1990. La Ecología y la Agricultura Ecológica: Algunas consideraciones. En: La Agricultura Ecológica en el Perú. I Encuentro Nacional de Agricultura Ecológica. IDMA, p11-21.
- TORRES A., RIVERO C., AMPUEDA J. Y DE CORI C. E. 2002. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos marcados con N sobre la dinámica de nitrógeno en dos suelos venezolanos. Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 28: 105-116,
- TRETO, E. GARCIA, M. MARTINEZ, R. Y J. M. FEBLES. 2005. Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), Universidad Agraria de la Habana (UNAH); Habana Cuba.
- UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO. 1998. Manual de Producción Orgánica. Ediciones Universidad Católica de Temuco. Centro de Desarrollo Sustentable; Centro de Educación y Tecnología. Chile.
- U. S. EPA 1995. Drinking water regulations and health advisories. Washington DC Office of Water. 11 p.
- VALERO, G. 1992. Intensificación agrícola en tierras de secano. Trabajos del Colegio Andino 7. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco – Perú.
- VALDEZ, L. J. 1995. Evaluación Agro ecológica de la Tecnología Andina del "Jiri": Su Formacion y Uso en el Cultivo de la Papa (Comunidad Estroni). UMSS Cochabamba-Bolivia. Revista de Agricultura Año 50 N° 26.
- VANDER, P. 1986. Necesidades de fertilidad de suelos para la producción de papa. Boletín de información Técnica N° 14. Centro Internacional de la Papa (CIP), Editorial Hemisferio Sur, Lima Perú.
- VANGESTEL, C. A. M. 1996. Phytotoxicity of some chloroanilines and chlorophenols in relation to bioavailability in soil. Water, Air and Soil Pullution 88 (1-2), 119-132 (Citado por Julca-Otiniano et al., 2006.

- VASQUEZ, V. 1990. Experimentación Agrícola. Diseños estadísticos para la investigación científica y tecnológica. Amaru Editores, CONCYTEC, Lima Perú. 278 p.
- VASQUEZ, V. 1988. Mejoramiento genético de la papa. Amaru Editores, CONCYTEC, Lima Perú. 208 p.
- VILLAGARCIA, S. 1983. La fertilización de la papa en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 31 p.
- WIERSEMA, S. G. 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Tercera edición, revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa. 16 pp. (Boletín de Información Técnica 1.)
- ZEA, W. 1995. Estadística y diseños experimentales. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias. Puno Perú.
- ZVIETCOVICH, G. 2003. Producción de biofertilizantes y entomopatógenos. Universidad Nacional del Altiplano, Maestría en Agricultura Andina, Especialidad Agroecología. Puno Perú.

ENLACES

- E1. [<http://html.rincondelvago.com/contaminantes-y-sus-tipos.html>. Tipo de contaminantes], 20 marzo 2006.
- E2. [<http://www.raaa.org/ao.html>. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos], 15 abril 2006.
- E3. [http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html. Óxidos de Nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides).], 15 junio 2006.

VIII. ANEXOS

CUADRO A1
ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE TUBERCULO SEGÚN
REPETICIONES (AÑO X VARIEDAD) Y TRATAMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE
CUSINI, 2004-06

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	2	481169.2310	240584.6150	19.28	0.0001
Tratamiento	12	151102.5640	12591.8803	1.01	0.4706
Error	24	299497.4360	12479.0598		
Total	38	931769.2310			
	C.V.	20.4827			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A2
ANALISIS DE VARIANZA DE NUMERO DE TALLOS SEGÚN REPETICIONES (AÑO X
VARIEDAD) Y TRATAMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-06

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	2	4.7051	2.3526	6.67	0.0050
Tratamiento	12	3.0769	0.2564	0.73	0.7122
Error	24	8.4615	0.3526		
Total	38	16.2436			
	C.V.	16.1373			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A3
ANALISIS DE VARIANZA DE NUMERO DE TUBERCULO SEGÚN REPETICIONES
(AÑO X VARIEDAD) Y TRATAMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-06

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	2	218.0000	109.0000	13.04	0.0001
Tratamiento	12	127.5641	10.6303	1.27	0.2963
Error	24	200.6667	8.3611		
Total	38	546.2308			
	C.V.	13.3773			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A4
ANALISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA SEGÚN REPETICIONES (AÑO X
VARIEDAD) Y TRATAMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-06.

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	1	188.4615	188.4615	2.33	0.1526
Tratamiento	12	499.5385	41.6282	0.52	0.8676
Error	12	969.5385	80.7949		
Total	25	1657.5385			
	C.V.	15.4158			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A5
ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN PARA RENDIMIENTO DE TUBERCULO
DE IMILLA BLANCA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	61566.9681	12313.3936	0.645	0.675
Error	7	133633.0320	19090.4331		
Total	12	195200.0000			
	C.V.	21,9323			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A6
ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE TUBERCULO DE IMILLA NEGRA
EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	91162.7239	18232.5448	1.177	0.407
Error	7	108468.0450	15495.435		
Total	12	199630.7690			
	C.V.	20,153			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A7
ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE TUBERCULO DE IMILLA NEGRA
EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2005-06.

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	46,89092	9,37818	1,780	0,2355
Error	7	36,87831	5,26833		
Total	12	83,76923			
	C.V.	12,53727			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A8
ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA DE IMILLA BLANCA EN LA
LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05.

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	79,4471	15,8894	0,791	0,588
Error	7	140,5529	20,0790		
Total	12	220.0000			
	C.V.	7,346			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A9
ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA DE IMILLA NEGRA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	513,300	102,670	0,977	0,4921
Error	7	735,700	105,110		
Total	12	1249,000			
	C.V.	18,434			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A10
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TALLOS DE IMILLA BLANCA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05.

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	0,7254	0,1451	0,642	0,677
Error	7	1,5823	0,2261		
Total	12	2,3077			
	C.V.	14,720			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A11
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TALLOS DE IMILLA NEGRA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05.

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	2,848	0,569	0,979	0,4913
Error	7	4,075	0,582		
Total	12	6,923			
	C.V.	18,714			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A12
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TALLOS DE IMILLA NEGRA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2005-06

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	1,1076	0,2215	1,292	0,3649
Error	7	1,2001	0,1714		
Total	12	2,3077			
	C.V.	11,100			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A13
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TUBÉRCULOS DE IMILLA BLANCA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	14,5715	2,9143	0,208	0,949
Error	7	98,1977	14,0283		
Total	12	112,7692			
	C.V.	15,810			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A14
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TUBÉRCULOS DE IMILLA NEGRA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	104,600	20,9250	5,412	0,0235
Error	7	27,070	3,8667		
Total	12	131,700			
	C.V.	8,607			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A15
ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE TUBÉRCULOS DE IMILLA NEGRA EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2005-06

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	5	46,89092	9,3782	1,78	0,2355
Error	7	36,87831	5,2683		
Total	12	83,76923			
	C.V.	12,54			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A16
ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS POR VARIETADES DE PAPA Y TIPOS DE ABONAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	3	80675.000	26891.6667	1.98	0.1871
Varietas (VA)	1	18225.000	18225.0000	1.34	0.2761
Abonos (AB)	1	1651225.000	1651225.0000	121.79	0.0001
VA*AB	1	625.000	625.0000	0.05	0.8348
Error	9	122025.000	13558.3333		
Total	15	1872775.000			
	C.V.	11,629			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A17
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE TUBÉRCULOS POR VARIETADES DE PAPA Y TIPOS DE ABONAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	3	32.750	10.917	1.52	0.2755
Varietas (VA)	1	9.000	9.000	1.25	0.2923
Abonos (AB)	1	625.000	625.000	86.87	0.0001
VA*AB	1	0.250	0.250	0.03	0.8563
Error	9	64.75	7.1944		
Total	15	731.750			
	C.V.	9,054			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A18
ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA POR VARIEDADES DE PAPA Y TIPOS DE ABONAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	3	83.6875	27.8958	0.46	0.7144
Variedades (VA)	1	33.0625	33.0625	0.55	0.4772
Abonos (AB)	1	855.5625	855.5625	14.23	0.0044
VA*AB	1	45.5625	45.5625	0.76	0.4066
Error	9	541.0625	60.1181		
Total	15	1558.9375			
	C.V.	11.5617			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A19
ANALISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE TALLOS POR VARIEDADES DE PAPA Y TIPOS DE ABONAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Repetición	3	0.6875	0.2291	0.58	0.6434
Variedades (VA)	1	1.5625	1.5625	3.95	0.0782
Abonos (AB)	1	3.0625	3.0625	7.74	0.0213
VA*AB	1	1.5625	1.5625	3.95	0.0782
Error	9	3.5625	0.3958		
Total	15	10.4375			
	C.V.	19.7381			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A20
ANALISIS DE VARIANZA PARA CONTENIDO DE NITRATOS POR VARIEDADES DE PAPA Y TIPOS DE ABONAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE CUSINI, 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	3	45.7143	15.2381	5.860	0.0142
Abonos (AB)	1	28.5714	28.5714	10.990	0.0078
Variedades (VA)	1	13.7143	13.7143	5.270	0.0445
AB*VA	1	3.4286	3.4286	1.320	0.2776
Error	10	26.0000	2.6000		
Total	13	71.7143			
	C.V.	9.0297			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A21
ANÁLISIS DE VARIANZA DE MATERIA SECA DE TUBERCULOS POR TIPOS DE
ABONOS Y VARIEDADES DE PAPA , CUSINI 2004-05

<i>Fuentes</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Prob>F</i>
Modelo	3	31.5145	10.5048	2.600	0.1101
Abonos (AB)	1	24.0254	24.0254	5.950	0.0349
Variedades (VA)	1	0.2266	0.2266	0.060	0.8175
AB*VA	1	7.2625	7.2625	1.800	0.2096
Error	10	40.3914	4.0391		
Total	13	71.9059			
	C.V.	8.651049			

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A22
INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LA ESTACIÓN
HIDROMETEOROLÓGICO SENAMHI DE ILAVE

<i>Meses</i>	<i>Temperaturas Normal de 30 Años</i>		<i>Temperaturas 2004-05</i>		<i>Temperaturas 2005-06</i>	
	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>
JUL	13.20	-3.39	14.8	-2.00	14.8	-2.0
AGO	14.12	-2.17	13.5	0.60	14.8	-2.30
SEP	14.78	0.51	14.8	1.70	15.0	-0.30
OCT	15.92	1.65	16.6	2.80	15.6	3.00
NOV	15.99	2.83	17.3	3.40	16.4	4.10
DIC	15.54	3.74	17.3	3.40	16.5	5.20
ENE	14.42	4.35	15.3	4.10	14.0	4.90
FEB	14.12	4.29	14.6	4.30	15.2	4.90
MAR	14.20	4.24	16.0	4.60	15.5	5.30
ABR	14.57	2.70	15.9	3.30	15.4	2.60
MAY	14.35	-0.75	15.2	-0.60	14.4	-1.90
JUN	13.42	-2.95	14.0	-3.40	14.1	-1.80

Fuente: SENAMHI, Estación de Ilave, 2006

CUADRO A23
INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA DEL MES DE LA
ESTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICO SENAMHI DE ILAVE

<i>Meses</i>	<i>Normal De 30 Años</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>
JUL	4.61	0.00	0.00
AGO	13.20	38.30	0.00
SEP	27.02	15.90	26.20
OCT	32.13	2.00	58.70
NOV	86.16	22.40	55.70
ENE	162.35	125.10	335.40
FEB	182.02	142.50	80.10
MAR	109.08	78.70	138.30
ABR	44.05	23.60	30.80
MAY	13.30	8.30	0.10
DIC	82.94	63.20	88.50
JUN	10.26	0.00	3.00

Fuente: SENAMHI, Estación de Ilave, 2006

CUADRO A24
DATOS DE VARIABLES DE RESPUESTA POR TRATAMIENTO EN CUSISNI, 2004-05

Trata- mientos	Humus (TM/ha)	Biol (l/ha)	Imilla Blanca				Imilla Negra			
			Peso Tuberc. (g/p)	Altura Planta (cm)	Nº de Tallos	Nº de Tuberc.	Peso Tuberc. (g/pl)	Altura Planta (cm)	Nº de Tallos	Nº de tuber.
T1	1.500	200	650	65	3	22	500	55	4	27
T2	1.500	300	600	60	3	25	600	50	4	16
T3	2.000	200	600	70	4	22	600	50	3	22
T4	2.000	300	650	62	3	25	630	52	4	23
T5	1.3965	250	500	56	4	22	500	70	4	23
T6	2.1035	250	550	60	3	28	600	40	3	27
T7	1.750	179,3	600	60	3	24	450	44	5	23
T8	1.750	320,7	480	65	4	23	620	60	4	18
T9	1.750	250	590	55	3	16	850	60	4	27
T10	1.750	250	600	60	3	23	530	60	3	23
T11	1.750	250	700	65	3	24	600	45	5	22
T12	1.750	250	670	58	3	27	900	75	5	25
T13	1.750	250	1000	57	3	27	650	62	5	21

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A25
DATOS DE VARIABLES DE RESPUESTA POR TRATAMIENTO EN CUSINI, 2005-06

Trata- mientos	Humus (TM/ha)	Biol (l/ha)	Imilla Blanca				Imilla Negra			
			Peso Tuberc. (g/p)	Altura Planta (cm)	Nº de Tallos	Nº de Tuberc.	Peso Tuberc. (g/pl)	Altura Planta (cm)	Nº de Tallos	Nº de tuber.
T1	1.500	200					300		4	16,5
T2	1.500	300					350		3	17,5
T3	2.000	200					475		4	19
T4	2.000	300					425		4	18
T5	1.3965	250					400		4	16,5
T6	2.1035	250					550		3,5	25,5
T7	1.750	179,3					400		3,5	16
T8	1.750	320,7					325		3	19,5
T9	1.750	250					400		4,5	19,5
T10	1.750	250					400		3,5	19,5
T11	1.750	250					325		4	15
T12	1.750	250					350		4	19
T13	1.750	250					350		3,5	16,5

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

CUADRO A26
DATOS DE VARIABLES DE RESPUESTA POR VARIEDADES Y ABONAMIENTO EN CUSINI, 2004-05

Repe- tición	Varie- Dades	Abona- miento	Humedad (%)	Materia seca (%)	Nitratos (mg/.5g)	Peso Tuberc. (g/p)	Nº de Tuberc.	Altura Planta (cm)	Nº de Tallos
I	IB	AO	74,35	25,65	16	590	16	55	3
I	IB	AQ	81,18	18,82	20	1450	35	73	3
I	IN	AO	75,26	24,74	15	850	27	60	4
I	IN	AQ	76,36	23,64	20	1400	36	70	2
II	IB	AO	72,86	27,14	14	600	23	60	3
II	IB	AQ	77,08	22,92	18	1300	35	82	3
II	IN	AO	74,23	25,77	22	530	23	60	3
II	IN	AQ	78,21	21,79	21	1400	37	65	3
III	IB	AO	77,81	22,19	16	700	24	65	3
III	IB	AQ	75,72	24,28	16	1180	33	80	3
III	IN	AO	76,31	23,69	19	600	22	45	5
III	IN	AQ	76,73	23,27	22	1150	35	75	3
IV	IB	AO	74,76	25,24	18	670	27	58	3
IV	IB	AQ	81,27	18,73	18	1250	38	75	2
IV	IN	AO	76,86	23,14	17	900	25	75	5
IV	IN	AQ	74,36	25,64	18	1450	38	75	3

Fuente: Elaboración propia, en base a registros de campo

IB = Imilla Blanca, IN = Imilla Negra, AO = Abono orgánico, AQ = Abono químico

ANEXO DE FOTOGRAFIAS



Foto 1. Cultivo de papa Variedad Imilla Negra e Imilla Blanca, en pleno crecimiento, campaña agrícola 2005-06, Localidad de Cusini.



Foto 2. Efecto de helada negra al cultivo de papa (variedad Imilla Blanca), campaña agrícola 2005-06, localidad de Cusini, fecha de ocurrencia 20/01/06.

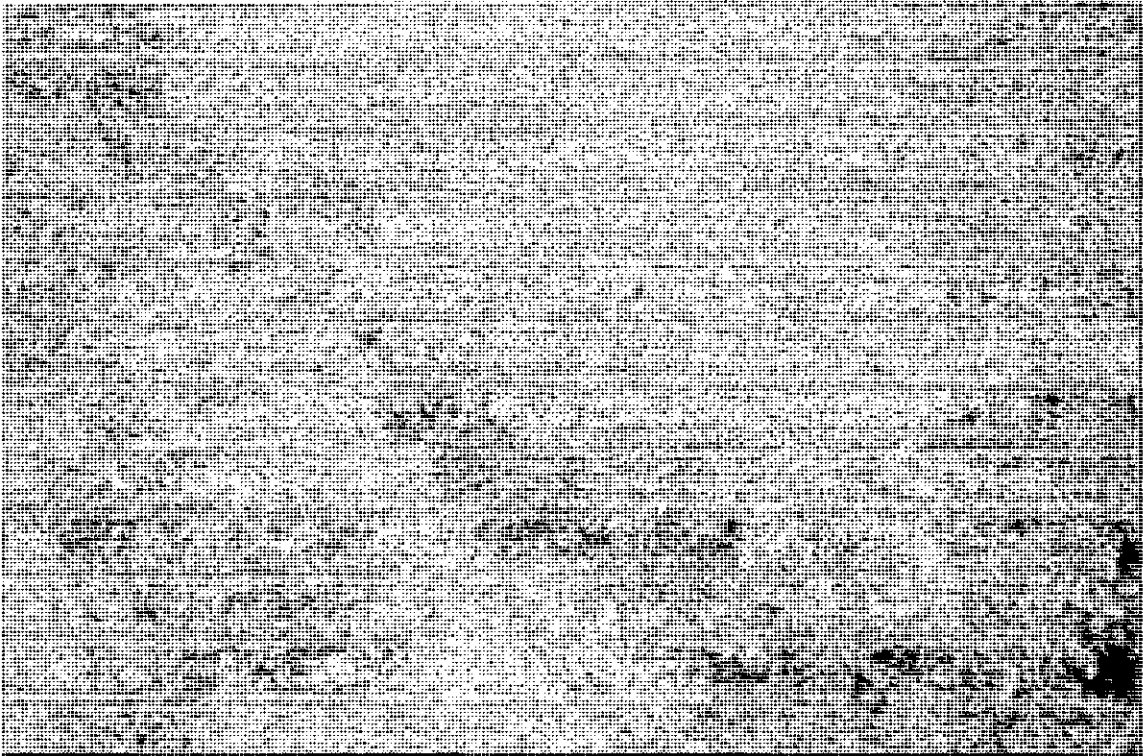


Foto 3. Buen desarrollo del follaje del cultivo de papa variedad Imilla Blanca antes de floración, con aplicación de NPK 160-140-100, Localidad de Cusini, 2004-05

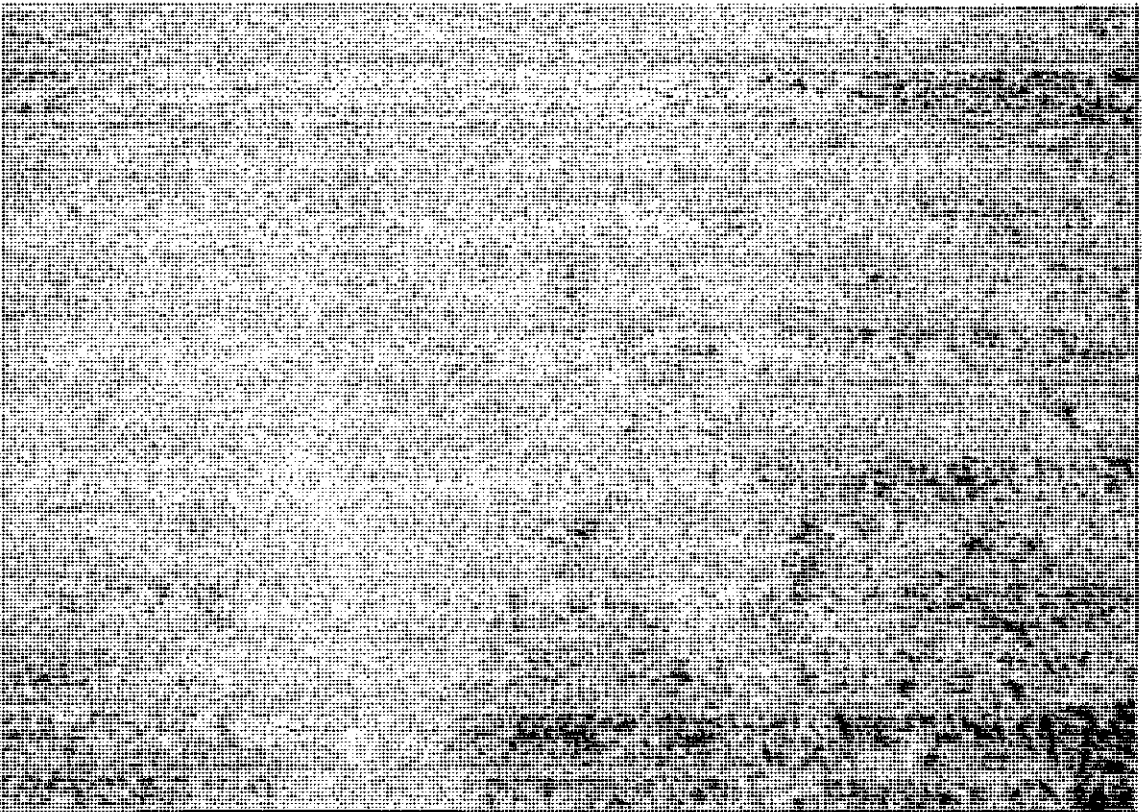


Foto 4. Regular desarrollo foliar, en cultivo de papa aplicado con abono orgánico (humus y biol), Localidad de Cusini, campaña agrícola 2004-05.

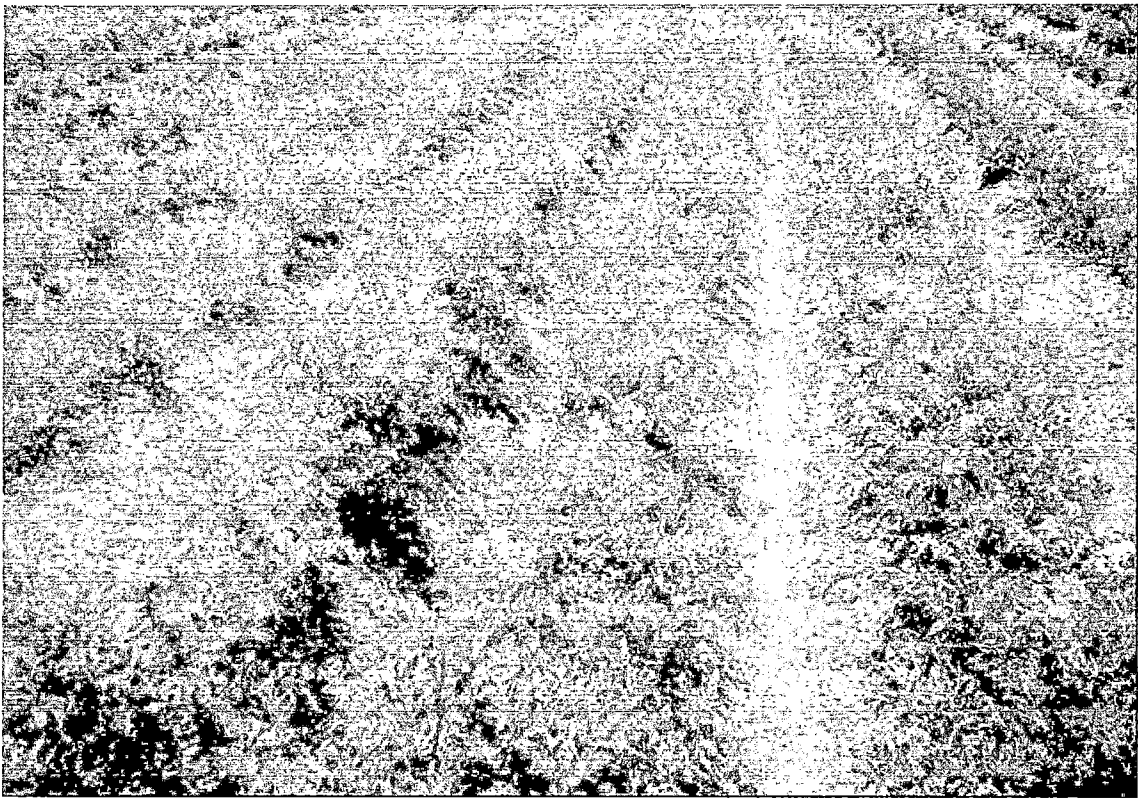


Foto 5. Variedad Imilla Negra con aplicación de abono orgánico, en floración, Localidad de Cusini, Campaña Agrícola 2004-05.



Foto 6. Variedad Imilla Blanca con aplicación de abono orgánico, en plena floración, Localidad de Cusini, Campaña Agrícola 2004-05.