

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**INCORPORACIÓN DE TRES ESPECIES COMO ABONO
VERDE Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE
VARIETADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Verónica Roxana HUANCA HUANCA

LA PAZ – BOLIVIA
2007

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**INCORPORACIÓN DE TRES ESPECIES COMO ABONO VERDE Y SU
EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.)**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Verónica Roxana HUANCA HUANCA

Tutor:

Ing. Ph. D.: Alejandro Bonifacio Flores

Asesor:

Ing. M. Sc. Raúl Saravia Zurita

Comité Revisor:

Ing. M. Sc. Félix Mamani Reynoso

Ing. M. Sc. Moisés Quiroga Sossa

Ing. M. Sc. Celia M. Fernández Chávez

APROBADA

Presidente:

.....

El libro de la vida es el único en el que no se escribe en borrador, todo lo que se escribe se imprime, porque el tiempo no retrocede jamás. (Sabato)

DEDICATORIA

El apoyo de una familia es más valiosa que de cientos amigos juntos.

A mis queridos padres: JUAN HUANCA Y ANGÉLICA DE HUANCA.

A un pedacito de mi vida, mi hijo ROGER STEVE RICHARD

A todos mis hermanos: Lidia, Jeanneth, Mónica, Marlene y Jhonn

Quienes supieron apoyarme en todo momento para la culminación de mi carrera. A todos

GRACIAS...

AGRADECIMIENTOS

- A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés a los docentes y administrativos quienes fueron parte de mi formación profesional.
- A mi tutor Ing. Ph D Alejandro Bonifacio, por el apoyo y confianza durante la ejecución del trabajo.
- A mi asesor Ing. M. Sc. Raúl Saravia por la confianza, el apoyo constante y su valiosa colaboración desinteresada durante todo el trabajo de campo y elaboración del texto final. Muchas Gracias.
- Al tribunal revisor Ing. M. Sc. Félix Mamani quien supo guiarme correctamente, con sugerencias acertadas en la revisión del texto final.
- Al tribunal revisor Ing. M. Sc. Moisés Quiroga por la revisión, corrección y sugerencias del texto final.
- Al tribunal revisor Ing. M. Sc. Celia Fernández por la revisión y corrección del texto final.
- Al Ing. Jaime Cossio por su colaboración desinteresada y sugerencias acertadas en la elaboración del texto final.
- A la Fundación PROINPA (Ing. Enrique Carrasco) y a todo el personal quienes de una u otra manera hicieron parte del trabajo y por haberme permitido la elaboración de la tesis.
- A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (UMSS) en especial al departamento de suelos y el Proyecto laderas (Ing Emigdio Céspedes) por la información brindada para la elaboración de la tesis.
- A la Fundación IPADE en especial al Ing. Gilles Casals y todo el personal por la confianza y el apoyo brindado.
- A todas las personas, compañeros y amigos por la amistad prestada de la Facultad de Agronomía, que de una u otra forma fueron partícipes en el proceso del trabajo realizado. No los nombro por no olvidarme de alguien en especial. Gracias
- A ti Dios que por ser el más importante, agradecerte por la vida y el camino trazado para mí persona.

CONTENIDO

	Pagina
INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE GRÁFICA.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v
RESUMEN.....	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
3 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	3
3.1 Abonos verdes.....	3
3.1.1 Experiencias en la utilización del Tarwi como abono verde.....	4
3.1.2 Características deseables de abonos verdes.....	5
3.1.3 Fijación biológica del nitrógeno.....	5
3.1.4 Funcionamiento de los Nódulos.....	6
3.1.5 Como las leguminosas utilizan el nitrógeno del aire.....	6
3.1.6 De donde viene el nitrógeno que utilizan las plantas.....	7
3.1.7 Cantidad de nitrógeno fijado por leguminosas utilizadas como abono verde.....	8
3.1.8 Relación carbono/nitrógeno (C/N).....	9
3.1.9 Materia orgánica.....	9
3.1.10 Importancia del nitrógeno en la agricultura.....	10
3.1.11 Especies utilizadas como abono verde.....	11
3.1.11.1 Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).....	11
3.1.11.2 Haba (<i>Vicia faba</i> L.).....	12
3.1.11.3 Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	13
3.1.12 Ventajas y desventajas que ofrecen los abonos verdes.....	14
3.1.13 Como y cuando se debe incorporar el abono verde al suelo..	15
3.1.14 Incorporación de los abonos verdes.....	17
3.1.15 Descomposición del Abono Verde.....	18
3.2 Cultivo de quinua	18
3.2.1 Fertilización química y orgánica de la quinua.....	20
4 MATERIALES Y METODOS.....	23
4.1 Ubicación geográfica.....	23
4.1.1 Características climáticas.....	24
4.1.2 Suelos.....	26
4.1.3 Vegetación.....	27

4.2	Materiales.....	28
4.2.1	Material vegetal.....	28
4.2.2	Material y equipo de campo.....	29
4.3	Métodos.....	30
4.3.1	Procedimiento experimental.....	30
4.3.1.1	Primera fase.....	30
4.3.1.2	Segunda fase.....	31
4.3.2	Diseño experimental.....	33
4.3.3	Croquis del experimento.....	35
4.3.4	Variables evaluadas.....	36
5	 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
5.1	Fase 1.....	39
5.1.1	Análisis de varianza para peso de biomasa incorporada al suelo.....	39
5.1.2.	Comparación del peso de biomasa mediante prueba de Duncan	39
5.1.3	Análisis de varianza para peso de materia seca incorporada al suelo.....	41
5.1.4.	Comparación del peso de materia seca mediante prueba de Duncan.....	41
5.2	Fase 2.....	43
5.2.1	Análisis de varianza para altura de planta.....	43
5.2.2	Comparación de altura de planta mediante prueba de Duncan	44
5.2.3	Análisis de varianza para rendimiento en grano.....	45
5.2.4	Comparación de rendimiento de grano mediante prueba de Duncan.....	46
5.2.5	Análisis de varianza para índice de cosecha.....	48
5.2.6	Comparación para índice de cosecha variedades de quinua mediante prueba de Duncan.....	48
5.2.7	Análisis de fertilidad de suelo.....	49
5.2.8	Cantidad de nitrógeno total presente en el suelo.....	50
5.2.9	Cantidad de nitrógeno asimilable presente en el suelo.....	52
5.2.10	Comparación del contenido de nitrógeno asimilable mediante la prueba t	54
5.2.11	Fluctuación la de materia orgánica presente en el suelo.....	55
5.2.12	Comparación de materia orgánica mediante la prueba de t...	58
5.3	Análisis económico.....	59
6	 CONCLUSIONES.....	62
7	 RECOMENDACIONES.....	64
8	 LITERATURA CITADA Y CONSULTADA.....	65
9	 ANEXOS.....	73

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Contenido de nitrógeno en diferentes leguminosas.....	8
Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable peso de biomasa.....	39
Cuadro 3. Comparación del peso de biomasa mediante prueba de Duncan..	41
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable peso de materia seca.....	41
Cuadro 5. Comparación de materia seca mediante prueba de Duncan.....	43
Cuadro 6. Análisis de varianza para altura de planta.....	44
Cuadro 7. Comparación de altura de planta mediante prueba de Duncan....	44
Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento en grano.....	45
Cuadro 9. Comparación de rendimiento en grano mediante prueba de Duncan	46
Cuadro 10. Análisis de varianza para el índice de cosecha.....	47
Cuadro 11. Comparación de índice de cosecha mediante prueba de Duncan	48
Cuadro 12. Análisis físico químico del suelo antes de la incorporación de abono verde.....	49
Cuadro 13. Cantidad de nitrógeno total en Kg/ha presente en el suelo.....	50
Cuadro 14. Contenido de nitrógeno asimilable en Kg/ha presente en el suelo.....	51
Cuadro 15. Comparación del contenido de nitrógeno asimilable mediante Prueba de t	53
Cuadro 16. Materia orgánica en porcentaje presente en el suelo.....	55
Cuadro 17. Comparación de materia orgánica mediante prueba de t.....	57
Cuadro 18. Rendimiento medio, rendimiento ajustado y beneficio bruto de los tratamientos.....	59
Cuadro 19. Análisis de dominancia.....	60
Cuadro 20. Análisis marginal.....	60
	61

INDICE DE GRAFICAS

	Pagina
Gráfica 1. Promedio de temperaturas mensuales entre abril 2004 a mayo 2005.....	25
Gráfica 2. Precipitaciones promedio mensuales abril 2004 a mayo 2005.....	26
Gráfica 3. Comparación de contenido de nitrógeno total antes y después de la incorporación de abonos verdes y después de la cosecha de quinua.....	51
Gráfica 4. Comparación de contenido de nitrógeno asimilable antes y después de la incorporación de abonos verdes y después de cosecha de quinua.....	
Gráfica 5. Comparación de Materia orgánica en el suelo, antes y después de la incorporación de abonos verdes y después de la cosecha de quinua.....	54
Grafica 6. Curva de beneficios netos y análisis marginal.....	58
	61

LISTA DE ANEXOS

	Pagina
Anexo 1. Análisis físico químico del suelo	74
Anexo 2. Calculo de N ₂ en % a Kg/ha y N ₂ a total a N ₂ asimilable.....	75
Anexo 3. Presupuesto parcial de los tratamientos.....	77
Anexo 4. Promedio de temperatura y precipitación mensual.....	78
Anexo 5. Peso promedio de biomasa incorporada, materia seca, altura de planta de quinua, rendimiento de grano, tasa de retorno marginal.....	79
Anexo 6. Calculo de prueba de t para nitrógeno asimilable y materia orgánica.....	80
Anexo 7. Fotografías del presente estudio.....	82

INCORPORACIÓN DE TRES ESPECIES COMO ABONO VERDE Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Verónica Roxana Huanca Huanca

RESUMEN

La quinua por su alto contenido en nutrientes (proteína), se ha convertido en un cultivo de importancia. En el altiplano los rendimientos son bajos debido a la baja fertilidad del suelo. El presente trabajo se llevo a cabo en el centro Quipaquipani ubicado a 2 km al sur de la ciudad de viacha La Paz, durante la gestión agrícola 2004-2005, el objetivo general de este trabajo fue: estudiar el efecto que tiene la incorporación de abono verde al suelo sobre el rendimiento de variedades de quinua.

Como abono verde se incorporaron tres especies haba, tarwi, cebada y como testigo plantas nativas del lugar, en estado de floración. Antes de la incorporación de obtuvieron datos de cantidad de biomasa incorporada y materia seca, después de seis meses de descomposición de la materia verde, se sembraron tres variedades de quinua, para los cuales se registraron datos de altura de planta y rendimiento en grano de quinua El análisis económico de los tratamientos fue también motivo de evaluación para determinar el beneficio costo. El muestreo de suelo antes de la incorporación de los abonos verdes, antes de la siembra de quinua y después de la cosecha de quinua fue realizado con la finalidad de evaluar el contenido de nitrógeno y materia orgánica en los diferentes tratamientos.

Los resultados muestran que el haba y tarwi incorporan las mayores cantidades de biomasa registrando 33011.7 Kg/ha y 29660.0 Kg/ha respectivamente en comparación a la cebada y testigo que registraron 7080.0Kg/ha y 2740.7 Kg/ha de biomasa incorporada. Así mismo se ha podido constatar que el tarwi fue la especie que mayor cantidad de materia seca incorpora al suelo en relación a otras especies llegando a este a 8275.13 Kg/ha.

Las mayores alturas de planta se registraron en parcelas donde se incorporo tarwi y haba como abono verde estas llegando a 93.67 y 91.72 cm respectivamente en estas parcelas se obtuvieron también los mayores rendimientos en grano de quinua registrando 1544.9 y 1453.9 Kg/ha en

comparación al testigo que solo llegó a 790.4 Kg/ha. Las diferencias en rendimiento entre la parcela testigo y donde se incorporó la cebada como abono verde fueron declarados no significativo.

Los análisis de suelo registraron que el nitrógeno disponible se incrementó de 38.64 a 45.08 en parcelas donde se incorporó haba y tarwi como abono verde frente a la cebada y testigo. Se obtuvo mayor incremento de materia orgánica incorporando tarwi y cebada como abono verde incrementándose de 0.96 a 1.32%, seguido del haba y por último el testigo. El tratamiento donde se incorporó tarwi como abono verde presenta una tasa de retorno marginal de 3.00 Bolivianos de ganancia.

Sobre la base de estudio realizado se recomienda realizar, fertilizaciones con abonos verdes de haba y tarwi y realizar combinaciones entre estas especies como también especies de gramíneas y leguminosas, para una buena obtención de materia orgánica y por ende mayor fertilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Las características del suelo donde se cultiva la quinua presentan una serie de deficiencias que afectan su rendimiento. El suelo del altiplano en general presenta un bajo contenido en materia orgánica (menor al 2%), y como es la quinua un cultivo de segundo o tercer año dentro la rotación tradicional, solo aprovecha el efecto residual del guano incorporado para el cultivo de la papa (cultivo de primer año). En otras instancias solo se aprovecha la fertilidad de suelos purumas o descansados sin la incorporación de guano u otro fertilizante. Debido al bajo contenido de nutrientes hacen que se utilicen fertilizantes químicos; sin embargo, esta práctica no es compatible a la producción orgánica.

En los actuales sistemas de producción de nuestro país, uno de los recursos que viene degradándose es el suelo, debido a múltiples factores, convirtiéndose en un factor limitante para la producción. El incremento de la población y el minifundio ha obligado a los agricultores ha habilitar más terrenos y reducir los tiempos de descanso de los suelos. El uso intenso del suelo sin considerar la rotación y asociación de cultivos, el mal manejo de agua de riego, erosión hídrica, salinización, acidificación, uso de fertilizantes sintéticos, agroquímicos, etc, contribuyen con la degradación de este recurso, que es necesario para mantener un sistema de producción estable.

En Bolivia y en particular en el altiplano, la practica del descanso ha sido considerada como una manera de hacer recuperar la fertilidad del suelo, pero esta practica no tiene gran ventaja, porque en primer lugar la masa vegetal que crece es reducida a causa de la baja fertilidad de los suelos, y sobre todo por el hecho de que los campos no son cerrados, por lo tanto de libre acceso al ganado el cual no permite el desarrollo de la masa vegetal que debería de cubrir el suelo, mejorar la infiltración del agua de lluvia y proteger el suelo contra la erosión; además gran parte de los elementos nutritivos han sido absorbida por el ganado a través del consumo de especies nativas.

Para el manejo de la fertilidad de los suelos es necesario considerar todas las alternativas accesibles; entre estas se debería tener en cuenta la incorporación de estiércol, purines, compost y la práctica del abono verde, esta última que consiste en sembrar especies leguminosas que son de rápido crecimiento y abundante biomasa como por ejemplo el haba, el tarwi u otras especies; para luego incorporarlos al suelo, en lugar de dejar los terrenos en descanso que es una forma tradicional de recuperar la fertilidad de los suelos.

2. OBJETIVOS.-

2.1. General.-

- Estudiar el efecto que tiene la incorporación de abono verde al suelo sobre el rendimiento de variedades de quinua.

2.2. Específicos.-

- Evaluar la cantidad de biomasa incorporada al suelo por las tres especies utilizadas como abono verde.
- Comparar el aporte de nitrógeno al suelo de tres especies utilizados como abono verde.
- Comparar el aporte de materia orgánica en el suelo por la incorporación de tres especies como abono verde.
- Evaluar el rendimiento de variedades de quinua mediante la fertilización con abono verde
- Analizar el costo beneficio de los tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.-

3.1. Abonos verdes

Según Fuentes (1999), los abonos verdes son plantas de vegetación rápida y abundante que se entierran en la misma tierra de cultivo. En el caso de que el abono verde sea una leguminosa se incorpora al terreno unos 50 Kg de nitrógeno por Hectárea. Cuando el abono verde no es una leguminosa se incorpora muy poca cantidad de este elemento por lo que se produce un efecto depresivo en el cultivo siguiente. Para evitar este efecto es preciso aportar 30 Kg de nitrógeno por hectárea.

Las plantas más recomendadas para su empleo como abono verde son:

- En suelos ácidos: altramuces.
- En Suelos calizos: veza, meliloto, guisante, habas, trébol y alfalfa.

El abonamiento verde es una práctica que consiste en cultivar plantas leguminosas como el tarwi, haba, arveja, alfa alfa y otras que luego se incorporan al suelo en estado verde. Permite incorporar materia orgánica, además de reponer nitrógeno al suelo. Proyecto Laderas (2000)

Montse E. (1999), indica que, la practica de los abonos verdes es uno de los pilares básicos de la agricultura biológica y se puede definir un abono verde como un cultivo destinado a ser enterrado en el suelo con el objeto de aumentar su fertilidad. Y cuando habla de fertilidad no se refiere solamente al contenido de nutrientes sino a la capacidad del suelo de producir mas y mejor. Por ello las ventajas del abonado verde son numerosas. Se trata simplemente de adaptar la técnica a nuestras necesidades basándonos en una serie de requisitos mínimos que se deben cumplir.

3.1.1. Experiencias en la utilización del Tarwi como abono verde

El programa de Chiroqasa en la campaña 1990-91, realizó una intensa promoción para sembrar tarwi, y su utilización como abono verde. Distribuyeron 2300 kg de semilla de tarwi a 520 familias de 37 comunidades. Utilizaron diferentes tratamientos en producción de papa y obtuvieron los siguientes rendimientos, en el tratamiento tarwi mas fertilizante obtuvieron un rendimiento de 13.426 kg/ha de papa; tarwi mas guano corral 11.111 kg/ha papa; tarwi solo 7.523 kg/ha papa; testigo (abonamiento tradicional) 1.690 Kg/ha papa. Los resultados positivos de la experimentación han permitido que en la campaña 92-93 se difunda fuertemente la siembra de tarwi como abono verde. (Beingolea, 1993)

Villarroel y Augstburger (1987), mencionado por Tapia (1993), emprendieron una investigación del efecto residual del tarwi sobre el rendimiento de cebada en grano y materia seca. Los resultados obtenidos muestran que los rendimientos de cebada cultivada después del tarwi fueron de 1.193 Kg/ha de grano y 1.453 Kg/ha de materia seca; en cambio, con barbecho los rendimientos fueron solo de 933 kg/ha de grano y 1.154 kg/ha de materia seca, cifras mucho menores que con cultivo previo de tarwi.

En este trabajo concluyeron que el total de nitrógeno disponible y residual que el tarwi deja a disposición de la cebada en los nódulos y la raíz equivale aproximadamente a 14 kg/ha de nitrógeno.

Franco (1991), mencionado por Tapia (1993), encontró que las plantas de papa en rotación con el tarwi mostraron mejor vigor que con las rotaciones de cebada y de descanso, que se reflejaron en mayor peso fresco y seco.

Se redujeron además las poblaciones de *Epitrix* sp. y de huevos de *Globodera pallida*, por lo cual se concluye que los rendimientos se incrementaron con la inclusión del tarwi en la rotación

3.1.2. Características deseables de los abonos verdes

Las especies que se cultivan para abono verde deben llegar a producir abundante biomasa, es decir generar gran cantidad de raíces, tallos, hojas, etc. los cuales deben ser de fácil descomposición. (Valencia, 1995)

Es preferible usar especies leguminosas para abonos verdes, ya que estas en sus raíces se asocian con unas bacterias llamadas Rhizobium, formando nódulos, que tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire y ponerlo a disposición de la planta, otros cultivos que pueden elegirse como abonos verdes son las gramíneas que presentan gran cantidad de materia seca. Se debe conocer también, el tipo de raíces que tienen los abonos verdes para asociar la siembra con un cultivo de raíces profundas, los abonos verdes deben tener raíces superficiales o a la inversa, de esta forma no habrá competencia por el alimento que extraen del suelo. (Ávila, 2001)

3.1.3. Fijación biológica del nitrógeno.

El nitrógeno es un elemento muy dinámico en el ecosistema y en su ciclo, el aire está constituido por 80% de nitrógeno gaseoso (N_2), siendo la fuente más grande. Ese nitrógeno atmosférico es inerte y muy estable, pero este nitrógeno no es asimilable para las plantas (Pijnenborg et al., 1996).

Los mismos autores indican que la fijación en forma asociada sucede en el suelo, en la zona de influencia de las raíces, llamada la rizosfera. La fijación simbiótica se realiza en órganos especiales, los nódulos, que se encuentran en las raíces de plantas leguminosas. En la agricultura, la fijación biológica de nitrógeno (FBN), por bacterias de la familia Rhizobiaceae, en simbiosis con plantas de la familia leguminoceae, es la más importante, gracias a este proceso, el nitrógeno atmosférico se convierte en proteína vegetal y que puede ser absorbida por las plantas.

El sistema de la FBN esta compuesta de tres partes: el macro simbiote (la planta), el micro simbiote (la bacteria) y el órgano donde sucede el proceso de la fijación (el nódulo). Cambios en cada uno de estos componentes o en las relaciones entre ellos influyen en la fijación de nitrógeno.

3.1.4. Funcionamiento de los Nódulos

FAO-fertisuelos (1999), indica que cabe aclarar que la simple formación de nódulos no siempre significa que las bacterias absorben el nitrógeno y que lo proporcionan a la planta. Existen varios factores que pueden impedir su buen funcionamiento, como por ejemplo, una sequía, el encharcamiento del terreno, o una carencia de algunos elementos en el suelo, como fósforo o molibdeno.

Una manera sencilla de averiguar si los nódulos funcionan, ósea si absorben el nitrógeno del aire, es de cortar algunos nódulos por la mitad con cuchillo, o sino con la uña y ver que color esta en su interior:

- Si el interior del nódulo es rojo o rosado, significa que esta fijando nitrógeno.
- Si es de color verdoso, blanquecino o negruzco, significa que no fija nitrógeno, o que dejo de funcionar.

De manera general, podemos decir que la actividad nodular coincide con el máximo crecimiento de la planta, y que declina a medida que esta se acerca a la madurez.

3.1.5. Como las leguminosas utilizan el nitrógeno del aire.

Las raíces de leguminosas presentan nódulos, arrancando una planta se observa en sus raíces la presencia de pequeños tubérculos, denominados nódulos. Es mediante estos nódulos que la planta absorbe el nitrógeno del aire.

Estos nódulos se forman después de la penetración, en las raíces de la planta, de un tipo de bacteria, llamada Rizobium, estas son microscópicas y generalmente, ya existen por millones en el terreno. Una vez en las raíces, estas bacterias se multiplican por millones, alimentándose de algunas sustancias elaboradas por la planta, y poniendo a cambio a disposición de esta, el nitrógeno que absorben del aire que circulara en el suelo. Esta relación de beneficio mutuo entre la planta leguminosa y las bacterias de Rizobium, la llamamos simbiosis.

Cabe precisar que los nódulos que resultan de esta simbiosis no deben ser confundidos con algunas enfermedades de las raíces, que provocan también la formación de nódulos, como por ejemplo, el rosario de la papa, provocado por el ataque de nematodos.

La forma y el tamaño de los nódulos varían según las especies leguminosas como por ejemplo los nódulos del haba son pequeñas en comparación al tarwi que son más grandes. (Proyecto FAO-fertisuelos, 1999)

3.1.6. De donde viene el nitrógeno que utilizan las plantas?

El nitrógeno contenido en la atmósfera, que representa el 2% del nitrógeno total del planeta, es el reservorio más grande de nitrógeno utilizable. El aire que respiramos contiene casi el 80% de nitrógeno en forma gaseosa. Este puede volverse disponible para las plantas de 4 maneras:

Los relámpagos transforman el nitrógeno del aire en una forma que puede llegar al suelo mediante la lluvia. Las cantidades traídas al suelo de esta manera son generalmente muy pequeñas y es del orden de 10 a 12 Kg/ha /año.

Otra cantidad de nitrógeno proveniente de la atmósfera y que llega al suelo mediante la lluvia, es generada por el calentamiento del aire debido a incendios forestales y a la combustión de carburantes por la industria, los vehículos, etc.

Otra manera a través de la cual el nitrógeno del aire puede volverse utilizable y disponible en el suelo para las plantas, es su síntesis en forma sólida por plantas industriales productoras de fertilizantes nitrogenados.

Finalmente, cabe mencionar que algunas plantas, la mayoría de las leguminosas tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno gaseoso del aire, además de poder alimentarse del nitrógeno del suelo. (Proyecto FAO-fertisuelos, 1999)

3.1.7. Cantidad de nitrógeno fijado por leguminosas utilizadas como abono verde.

El proyecto fertisuelos ha evaluado, mediante análisis, la cantidad de nitrógeno contenido en varias leguminosas que pueden ser utilizadas como abono verde.

Como se puede ver en el cuadro 1. las leguminosas que no producen alimentos fijan también nitrógeno. Por ejemplo el reloj reloj muy común en suelos del altiplano y valle y considerado como maleza.

Cuadro 1. Contenido de nitrógeno en diferentes leguminosas.

Leguminosas	% de N ₂ sobre M.S.	Contenido de N ₂ en kg/t de Masa Vegetal (materia seca)
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	3.6	36
Haba (<i>Vicia faba</i>)	3.1	31
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	2.3	23
Reloj Reloj (<i>Pavocela pacencis</i>)	4.1	41
Carrotilla (<i>Medicago polymorpha</i>)	2.9	29
Mucuna negra (<i>Sin Stilozobium aterrium</i>)	2.8	28
Vicia (<i>Vicia villosa</i>)	2.4	24

Fuente: Proyecto FAO-FERTISUELOS (1999)

3.1.8. Relación carbono/nitrógeno (C/N)

Según, Barreto, S. (1994) la relación carbono nitrógeno es una característica muy importante a tener en cuenta, ya que esta íntimamente ligada a la descomposición de la materia orgánica y a la mineralización de los nutrientes.

Mientras más baja es la relación C/N es mas fácil la descomposición y relativamente son más ricos en contenido de nitrógeno; mientras que si la relación C/N es mas alta (> 50), el contenido de nitrógeno relativamente baja (< 10) es mas lenta la descomposición; siendo mayor el tiempo para su descomposición y liberación del nitrógeno y otros elementos.

3.1.9. Materia Orgánica

Para Fuentes (1999), esta constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo o se incorporan a el. Las sustancias de origen animal están formadas por restos de animales y sus deyecciones, las cuales se transforman rápidamente en minerales en el suelo sin dejar productos duraderos. Las sustancias de origen vegetal proceden de los residuos de plantas superiores (raíces y partes aéreas) y de los cuerpos sin vida de la microflora del suelo (bacterias, hongos, actinomicetos y algas).

Según Fuentes (1999), en la materia orgánica del suelo actúan una infinidad de microorganismos que la descomponen y transforman en otras materias. Esta transformación se realiza mediante dos procesos distintos:

- Mineralización. Los residuos orgánicos se descomponen completamente y se transforman con rapidez en sustancias minerales (agua, dióxido de carbono, nitratos, etc.)

- Humificación. Los residuos orgánicos se transforman en primer lugar en otra materia orgánica muy descompuesta y de naturaleza coloidal, llamada humus. Con posterioridad el humus se transforma lentamente en sustancias minerales.

La mayor parte de los residuos animales se mineralizan sin pasas por el estado humus. Por este motivo, y porque son muy escasos en comparación con los restos vegetales, tienen escasa importancia.

La materia orgánica se descompone con mayor o menor rapidez, según la composición del material original. El almidón, la celulosa y las proteínas sencillas se descomponen rápidamente, mientras que las ligninas, ceras, taninos, resinas y grasas son bastante resistentes al ataque microbiano y se descomponen con lentitud, constituyendo la base del humus. (Fuentes, 1999)

3.1.10. Importancia del nitrógeno en la agricultura.

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición no solo debido a su elevado requerimiento por la planta sino porque esta casi completamente ausente en la roca madre de la cual se forma los suelos. Es un elemento esencial en el desarrollo y crecimiento de cualquier especie vegetal. Es un constituyente básico de las proteínas, ácido nucleico y muchas otras sustancias del tejido vegetal y de la clorofila que es aproximadamente el 50% de la materia seca. Bidwell (1993).

Las plantas absorben el nitrógeno solo en forma de NO_3 y en muy pocos casos NH_4 , gran parte del nitrógeno en el suelo se encuentra en forma orgánica, que se presenta en los estiércoles y materia orgánica descompuesta, los mismos que necesariamente deben ser oxidados antes de ser utilizados. (Munk, 1978)

El nitrógeno absorbido por las plantas es reducido a NO_2 , NO y NH_2 este último es incorporado en componentes más complejos como aminoácidos y proteínas. De modo

que el nitrógeno es esencial para todos los organismos vivos y es utilizado en la síntesis de enzimas, nucleoproteínas y cromosomas (Martín, 1970).

Según Trejos y Vega (1990), señala que la importancia del nitrógeno radica en las funciones que esta realiza en las plantas y estas son:

- Forma parte de las proteínas y la clorofila.
- Imparte un color verde oscuro a las plantas.
- Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo de los cultivos.
- Aumenta el contenido de proteína en los cultivos alimenticios y forrajeros.
- Alimenta a los microorganismos del suelo durante la descomposición de los materiales orgánicos con alta razón C/N.

3.1.11. Especies utilizadas como abono verde.

3.1.11.1. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

El tarwi es una leguminosa originaria de la zona andina, aunque no se conoce a ciencia cierta el origen exacto del cultivo. En el nuevo mundo el tarwi es cultivado en la zona andina de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Ríos, 1996)

El mismo autor indica que es una planta que crece bien en climas templados a fríos, no cálidos, sobre todo moderados. El tarwi es susceptible a las heladas razón por la que no se cultiva en invierno. El tarwi se cultiva en Bolivia en alturas que van desde los 2500 hasta los 4000 msnm., la temperatura óptima para el crecimiento durante el día oscila entre los 20 a 25°C.

Las exigencias de humedad varían notablemente y dependen del suelo, la temperatura atmosférica y la precocidad de la planta. El periodo en el que la planta requiere la mayor cantidad de agua es durante la formación de flores y fruto. (Rios, 1996)

Gross (1989), citado por Centella (1996); señala que el tarwi no solo se aprecia por ser un cultivo rustico, sino también por ser mejorador del suelo, la rotación es aconsejable para evitar una disminución en el rendimiento a causa de un cultivo continuo y aprovechar las ventajas de la leguminosa por los cultivos sucesivos. Se conoce que los monocultivos llevan a un aprovechamiento parcial del suelo y una creciente amenaza de infección por parte de organismos patógenos, la rotación puede constituir un eficaz medio para combatir las plagas y enfermedades.

Tapia (1993), menciona que mucho se ha indicado que el tarwi es propio de suelos pobres y marginales. Como cualquier cultivo sus rendimientos dependen del suelo en que se lo cultive.

Se ha mencionado en muchas oportunidades que el tarwi desmejora el suelo. “lo deja muy pobre”. Esta creencia popular puede tener su origen en la aparente extracción de cantidades significativas de Fósforo, dejando el suelo pobre de este elemento para el siguiente cultivo que necesita el fósforo como principal nutriente.

3.1.11.2. Haba (*Vicia faba* L.)

Crespo (1996), indica que en los países desarrollados el cultivo es usado para consumo humano y como forraje de animales, mientras que en países menos desarrollados el cultivo es utilizado casi en exclusivo para consumo humano.

En Bolivia el haba se cultiva en una amplia gama de ambientes que oscilan desde los valles mesotermicos (2000 msnm) hasta las mesetas alto andinas del altiplano (3800 msnm) es un cultivo que soporta relativamente bien algunas condiciones de bajas temperaturas. El haba es una planta anual adaptada muy bien a los climas de regiones frías, templadas y semi templadas con pluviosidad elevada. (Meneses, R. Et al, 1996)

Crespo (1996), indica que, la mejor época de siembra en zonas alto andinas y para la obtención de grano seco es el mes de septiembre. La siembra en el altiplano necesariamente debe ser temprano debido al ciclo largo del cultivo y por el peligro de la presencia de heladas. Las densidades de siembra recomendadas son de 80 a 120 kg/ha para las variedades minor y equina respectivamente; y 250 a 300 kg/ha para variedad mayor.

La germinación es hipogea, su duración es variable (12 a 15 días), dependiendo principalmente de la temperatura y humedad del suelo. Fructifica en un solo periodo, pero en tres etapas continuas y diferenciadas de acuerdo a los segmentos de la planta.

3.1.11.3. Cebada (*Hordeum vulgare*)

Según Córdoba (1994) dentro el cultivo de cereales menores, la cebada (*Hordeum vulgare*), es la especie mas precoz utilizada como forraje de emergencia. Es de germinación rápida y desarrollo vigoroso, resistente a condiciones adversas de clima y suelo sin embargo por su ciclo vegetativo corto los rendimientos de esta especie no alcanzan a la productividad de la avena.

Según Verissimo (1999) las exigencias del cultivo en cuanto al clima son muy pocas, el cultivo de cebada se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en climas frescos y moderadamente secos. La cebada requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes.

En cuanto al tipo de suelo la cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal que no falte agua al comienzo de su desarrollo, no se desarrolla adecuadamente en terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo. Los terrenos compactos no le van bien, pues se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta. (Malpartida, 1992)

El mismo autor indica que los suelos arcillosos húmedos y anegados son desfavorables para la cebada, aunque en ellos se pueden obtener altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo, los suelos con excesivo N_2 inducen el encamado e incrementan el % de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, Córdoba (1994) indica que el cultivo de cebada es considerado un rubro de mucha importancia en el país, porque constituye el alimento básico para la masa poblacional diseminada en las zonas altas del área andina.

3.1.12. Ventajas y desventajas que ofrecen los abonos verdes

De acuerdo a Ávila (2001) las ventajas y desventajas de los abonos verdes son las siguientes:

- Ventajas
 - Aumentan la cantidad de materia orgánica y la calidad de las tierras de cultivo, mejoran la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo e incrementan la capacidad productiva de las parcelas de cultivo.
 - Enriquecen la tierra con el alimento que requieren las plantas, porque aumentan la actividad de los microorganismos del suelo que dan vida a la tierra.
 - Evitan el crecimiento de malezas y en algunos casos contribuyen a disminuir las enfermedades y plagas que atacan a los cultivos.
 - Las plantas y cultivos abonados con abonos verdes, presentan buena apariencia y son más resistentes al ataque de plagas o enfermedades.
 - Permite elevar el pH del suelo principalmente por la acción de la leguminosa.
 - Mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua.
 - Aumenta la disponibilidad de macro y micro nutriente en el suelo, en forma asimilable para las plantas.

- Desventajas:
 - Es necesario realizar un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo “abono verde” y los cultivos asociados o comerciales. Si no se tiene el cuidado en la época de siembra, el abono verde puede convertirse en una maleza.
 - Requieren de mano de obra adicional para la siembra, las labores culturales, el corte e incorporación al suelo; actividades que podrían coincidir con otras labores agrícolas tradicionales perjudicándolas.
 - Solo son pocas las especies que pueden ser utilizadas para la alimentación de las personas.
 - Si se usa un mismo abono verde por muchos años, ocasiona el aumento de insectos plagas y el desarrollo de enfermedades en los cultivos, porque llegan a constituirse en hospederos, por ello, es recomendable hacer rotaciones y cambiar las especies de abonos verdes al menos cada tres años.

3.1.13. Como y Cuando se debe incorporar el abono verde al suelo

La incorporación del follaje de haba como abono verde es ideal antes del periodo de llenado de las vainas. En ese momento el follaje se encuentra con niveles elevados de nitrógeno, con un contenido de materia seca que se encuentra en los rangos máximos y en general en un estado de más fácil descomposición. La necesidad de esperar la cosecha de los granos de haba, por su importancia alimenticia y económica, dificulta que los agricultores deban seguir esta recomendación. Tomando en cuenta esta dificultad y basándose en estudios realizados, se recomienda incorporar el haba como abono verde, inmediatamente después de no más de dos cosechas, momento en el cual el follaje del cultivo mantiene niveles aceptables de materia seca y nitrógeno en su composición.

Antes de la incorporación del abono verde, se recomienda cortar el follaje cuando el cultivo esta de pie, en porciones lo mas cortas posibles, usando para ello un machete.

La finalidad de esta práctica es facilitar la incorporación y la descomposición del material vegetal en el suelo. Para la incorporación del material vegetal cortado, se recomienda el uso de un arado de vertedera sea este para tracción animal o mecánica. El arado de palo para tracción animal no logra incorporar completamente los residuos vegetales (Mamani, 1999).

Montse (1999), indica que los abonos verdes suelen destruirse en el momento de la floración, cuando el contenido de nutrientes solubles en la planta es máximo. No obstante, como ya se la ha remarcado pueden enterrarse mas tarde cuando la planta inicia su lignificación, en función del tipo de suelo.

La destrucción del abono verde debe realizarse siguiendo unas pautas para evitar posteriores problemas. Si lo enterramos demasiado fresco su descomposición producirá sustancias toxicas que pueden perjudicar al cultivo posterior. Por eso es conveniente seguir todos los pasos:

- Cortar el abono verde con una segadora o desbrozadora.
- Dejar la hierba cortada hasta que se seque, entre una o tres semanas dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad.
- Incorporar el abono en superficie a una profundidad máxima de 5-10 cm y esperar entre una y tres semanas antes de ser incorporada definitivamente para su descomposición.
- Enterrar los restos vegetales definitivamente a una profundidad de 15-20 cm.

Lo mejor es esperar un tiempo antes de plantar nada pero, si no disponemos de tiempo, una solución consiste en retirar el abono verde una vez cortado y utilizarlo para hacer compost o como mulching.

También podemos elegir plantas que resistan bien la presencia de materia orgánica en descomposición como berenjenas, pepinos, calabazas, patata, tomate, maíz o melón.

3.1.14. Incorporación de los abonos verdes

Según Orsag, 2003, los abonos verdes antes de su incorporación deben ser cortados en plena floración, en razón de que en tal estado las plantas han alcanzado la máxima fijación de nutrientes, además que la relación C/N esta por debajo de 15 % y por consiguiente presenta condiciones ideales para su descomposición en el suelo y su transformación en humus.

Si se espera la maduración de la planta y sus frutos, la relación C/N de la planta alcanza valores por encima de 50% en estas condiciones el contenido de nutrientes de las plantas se reduce sustancialmente debido a la traslocación importante de nutrientes de las hojas hacia los frutos, tubérculos y otros. Como en este estado el déficit de nitrógeno en la materia orgánica es marcado, la mineralización se hace muy lenta y por lo tanto no existe una humificación adecuada de los restos incorporados al suelo. Además los microorganismos del suelo para poder cumplir con este papel pueden utilizar el escaso nitrógeno del suelo y disminuir los rendimientos. (Orsag, 2003).

Para facilitar la incorporación de abonos verdes se recomienda cortarlos unas dos semanas antes de su incorporación, dejándolos secar completamente y luego incorporarlos durante la preparación del suelo. (Ávila, 2001)

Los resultados alcanzados por el proyecto laderas en Cochabamba, muestran que las leguminosas para ser utilizadas como abonos verde en los valles y cabeceras de valle son el tarwi y haba, mientras que otras leguminosas como alfalfa, vicia, frijol, arveja y tréboles deben ser estudiados y comprobados para este uso. (Orsag, 2003)

La técnica de incorporación en el suelo de las leguminosas puede realizarse con tractor equipado de rastra pesada o también a tracción animal con arado de vertedera después de haber picado las plantas, manualmente con machete o con pasada de rolofaca a tracción animal. Proyecto FAO-fertisuelos (1999)

3.1.15. Descomposición del Abono Verde.

Es importante conocer el mecanismo de descomposición de la materia orgánica para entender mejor los cuidados que se debe tener en la incorporación de los abonos verdes. La materia orgánica suministra energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo. La descomposición de la materia orgánica es en primer lugar un proceso biológico que implica a los organismos del suelo; algunas actividades químicas, tales como hidrólisis, solución y cambios físicos que también ocurren (Lorente, 1997).

La descomposición ocurre con presencia de aire (aeróbica) de ahí que se recomienda enterrarla superficialmente. Para facilitar la descomposición de esta masa verde es necesario que el suelo tenga una humedad adecuada. Esta materia orgánica incorporada previamente mezclada con el suelo, en presencia de aire y agua, empieza a descomponerse, en un proceso en el que participan activamente una serie de microorganismos del suelo y depende además de la temperatura.

El tiempo de descomposición de estos materiales es variable, se estima que puede durar como mínimo unos 90 días de acuerdo a las condiciones favorables, tiempo a partir del cual se producen una serie de cambios físicos, químicos y biológicos, en la que finalmente se tendrán nutrientes disponibles para los nuevos cultivos. La descomposición de los restos vegetales depende mucho de aireación que el medio recibe y en el que se está llegando a descomponer, aunque en las zonas templadas el proceso de descomposición se realiza en aerobiosis (Barreto, 1994).

3.2. Cultivo de Quinua

La quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) tiene su origen en Los Andes de Sud América. Gandarillas (2001) indican que la quinua es originaria de las regiones que rodean al lago Titicaca entre los países de Bolivia y Perú, lugares donde se encontró una diversidad de tipos y vestigios de quinua silvestres en las chullpas de los Incas. De donde fue llevada al norte de Argentina hasta las serranías de Colombia, y ha sido

cultivada por más de 5000 años por distintas civilizaciones indígenas como los Incas y Aymaras.

La quinua es una especie originaria de Los Andes; su domesticación y desarrollo se dieron gracias a la participación de grandes culturas predecesoras como la Tiahuanacota e Incaica.

El pseudo cereal de este cultivo es considerado un alimento de alto nivel nutritivo en relación a los cereales y gramíneas, debido a la calidad proteínica la cual contiene alto nivel de aminoácidos esenciales, muy favorable para la seguridad alimentaria de la humanidad, y es considerado uno de los alimentos más completos a nivel de la isoleucina, leucina, lisina, metionina.

La quinua generalmente se cultiva para la utilización de su grano; sus hojas e inflorescencias tiernas también se utilizan para la seguridad alimentaria; los restos de cosecha se utilizan en la alimentación de animales domésticos y la ceniza de los desechos como el jipi se emplea en la elaboración de la lejía ligada al acullico de la coca. Con la llegada de los conquistadores españoles, el cultivo y consumo de la quinua ha sido relegada en su importancia; se ha pretendido reemplazarla con cultivos introducidos como el trigo y la cebada; sin embargo, gracias a nuestros agricultores, los diferentes tipos de quinua persisten como cultivos y productos alimenticios. Bonifacio (2003)

La quinua esta expuesta al ataque de una serie de factores bióticos, como las plagas (ticonas, kona konas) y enfermedades (Mildiu). Es así que en el altiplano central y norte de Bolivia, el rendimiento de grano de la quinua es afectada por el mildiu (*Peronospora farinosa*), dicho patógeno produce síntomas de amarillamiento del follaje y una posterior defoliación reduce el rendimiento de grano del cultivo.

3.2.1. Fertilización química y orgánica de la quinua

En general, la quinua no se fertiliza a lo largo de la zona andina, excepto en los semilleros del proyecto quinua en puno. Al mencionar las rotaciones que tradicionalmente se efectúan en los Andes, se dijo que se acostumbra fertilizar con estiércol cuando se repite quinua sobre quinua. Pero la quinua sucede generalmente al cultivo de la papa, que ha sido adecuadamente fertilizado, y en este caso no se considera necesaria una fertilización especial.

Uno de los primeros en estudiar la fertilización en quinua fue Calzada (1951), quien determino el efecto del estiércol de ovino, el guano de islas y la materia orgánica de las orillas del lago titicaca. La conclusión de estos experimentos establece que el estiércol, el guano de islas y la materia orgánica del lago, han aumentado los rendimientos.

Bonifacio (2005), indica que en estudios realizados sobre la fertilización en quinua, se debe aprovechar el efecto residual de la fertilización orgánica practicada para el cultivo de papa y suplementar con urea al nivel de 20-00-00 a 30-00-00 (nitrógeno), lo que equivale a 43 y 65 kg de urea por una hectárea de quinua. También se puede aplicar fertilizantes foliares, en caso de que no tenga la dosis para quinua, se sugiere adoptar la recomendación para papa.

Tapia (1993), indica que la respuesta de la quinua al nitrógeno se la estudiado bastante; esta depende mucho de la precipitación en la zona y la presente rotación de cultivo. En la práctica los campesinos no fertilizan la quinua, dependen de los nutrientes aplicados al cultivo anterior que es generalmente la papa. Cuando se siembra quinua después de un cereal o se repite quinua, se debe aplicar por lo menos estiércol de corral. Calzada (1951), fue uno de los primeros en estudiar la respuesta de la quinua a la fertilización orgánica y química; en ensayos efectuados En Puno y Huancayo encontró una significativa respuesta sobre todo al nitrógeno.

Gandarillas et. al. (1986), en un ensayo realizado de tres años sobre fertilización en quinua para el altiplano central, con dosis de 0, 40 y 80 Kg/ha para cada elemento N, P, K reportan rendimientos de 303 Kg/ha con nivel 0; 822 kg/ha para el nivel 40 y 1403 kg/ha para el nivel 80 respectivamente, se muestra una respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno.

Las interacciones también muestran un incremento en el rendimiento promedio 870 (NP-0), 808 (NP-40), y 850 (NP-80)kg/ha y con K se obtienen valores de 799 (NP-0), 926 (NP-40) y 805 (NP-80) kg/ha, que se resume en que la respuesta a toda fertilización química es positiva para la urea, con 80 kg/ha debiéndose aplicar todo en el momento de la siembra para el efecto inmediato en la germinación y desarrollo de la plántula y que toda aplicación de urea durante o después del periodo de floración retarda el proceso de maduración alargándose el periodo vegetativo.

En múltiples investigaciones efectuadas en relación con la influencia de los diferentes nutrientes en la producción de quinua se puede concluir que, con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua responde en forma significativa a niveles de 80 a 120 Kg de nitrógeno; 60 a 80 Kg de fósforo y hasta 80 Kg/ha de potasio en suelos deficientes en este elemento, que muy rara vez se presenta en los suelos de los Andes.

En diferentes ensayos de fertilización de quinua, con humedad apropiada, se ha calculado que por cada kilogramo de nitrógeno por hectárea, hasta un nivel de 120 kg/ha, la producción de quinua se eleva en 16 Kg/ha, lo cual a los actuales precios de fertilizantes y grano, hace rentable la fertilización nitrogenada. Indica también que se ha encontrado una buena respuesta al desdoblamiento del nitrógeno aplicado mitad a la siembra y mitad al aporque (a los 50 días de emergencia). Lescano (1994),

Guzmán y Cossio (1991-1992), realizaron estudios sobre la incorporación de estiércol de llama, urea y abono foliar en quinua donde concluyen que no se encontró respuesta con estiércol de llama sin embargo su uso se recomienda como mejorador de estructura del suelo. Se confirma para las condiciones del altiplano la respuesta positiva a la

aplicación de urea el cual elevo el rendimiento en un 48% respecto al testigo. En cuanto al abono foliar presento un incremento al rendimiento de un 8% respecto al testigo.

Otros estudios realizados con la aplicación de abono orgánico en este caso estiércol de llama, que se establecieron en Salinas de Garci Mendoza donde los resultados logrados fueron que a medida que aumenta las dosis de estiércol en hoyos y con anticipación incrementa los rendimientos por unidad de superficie. (Cossio y Tupa 1991- 1992)

Quino y Bonifacio (1996-1997), realizaron estudios sobre la incorporación de humus de lombriz en el cultivo de la quinua, estos autores llegaron a concluir que la aplicación del humus de lombriz en niveles adecuados es beneficiosa porque incrementaron los rendimientos del cultivo y mejoraron las propiedades físicas del suelo. Los resultados del experimento mostraron que los niveles de 40 y 80 Kg de N/ha fueron los mas efectivos en comparación al tratamiento testigo (sin abonamiento).

Agrios (1996), menciona que la parte foliar es exigente en nitrógeno para poder realizar el metabolismo para la elaboración de proteínas la cual posteriormente será distribuida para el funcionamiento de fisiológico para el funcionamiento de la planta.

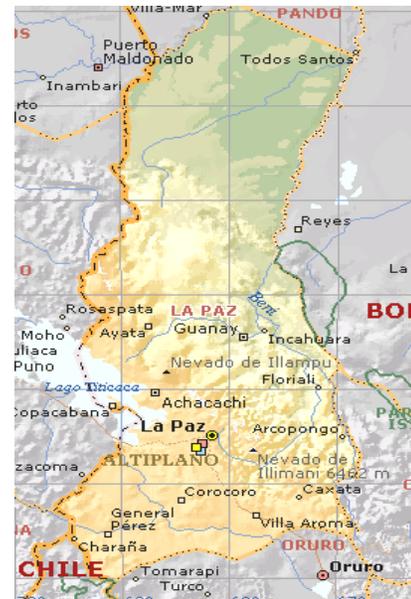
4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el centro Quipaquipani, ubicado en la primera sección del municipio Viacha, Provincia Ingavi del departamento de La Paz, situado entre los $16^{\circ} 42' 5''$ de latitud sur y $68^{\circ} 15' 54''$ de longitud oeste, a una altitud de 3858 msnm, a una distancia de 35 km de la ciudad de La Paz. (Mapa 1)



Centro QUIPAQUIPANI



Mapa 1. Ubicación geográfica Centro Quipaquipani

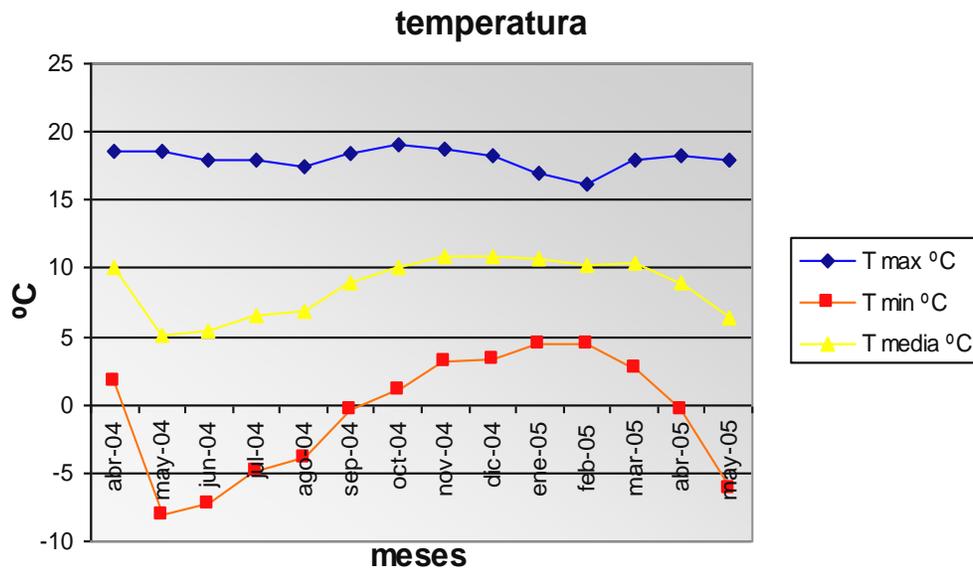
4.1.1. Características climáticas

De acuerdo a la clasificación climática de Holdridge (1982), basado en zonas de vida, el altiplano central se clasifica como una estepa montañosa, templado frío, con una precipitación media anual de 619 mm y temperatura media que oscila entre 6 – 11°C.

La grafica 1, muestra las temperaturas máximas, mínimas y medias en las que desarrollo la fase 1 y 2 del presente trabajo.

En la grafica 1, se observa que las temperaturas máximas varían entre 19.1 y 16.1°C, registrada en el mes de octubre del año 2004 y febrero del año 2005. Las temperaturas mínimas muestran una fluctuación entre -8,1 °C registrado en el mes de mayo del año 2004 y 4,4 °C registrados en los meses de enero y febrero del año 2005. Las temperaturas medias oscilan entre 5.1 a 10.9 °C.

La temperatura es uno de los factores importantes para el buen desarrollo de las plantas. El momento de la incorporación de abonos verdes se registro una temperatura de 1,7 °C., cuando llegaron las heladas ya las especies estuvieron incorporadas al suelo por lo que las plantas no tuvieron afecto negativo de las bajas temperaturas y este aspecto favoreció en la descomposición del abono verde.



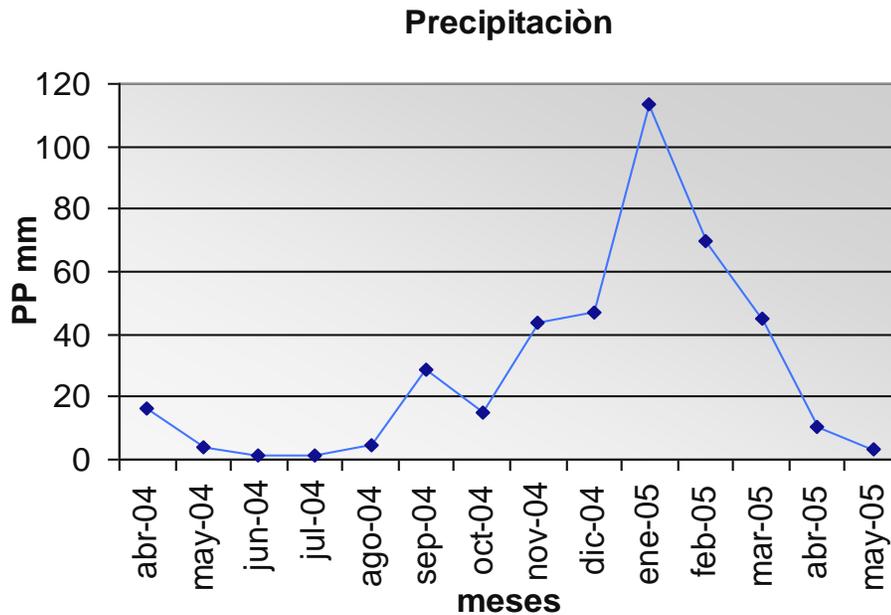
Grafica 1. Promedio de temperaturas mensuales entre abril 2004 a mayo 2005

En la grafica 2, observamos que la mayor precipitación registrada fue en el mes de enero 2005 con un promedio mensual 113.5 mm, y las épocas secas registradas fueron en los meses de mayo, junio, julio y agosto con un promedio de 4.0, 1.0, 1.5 y 4.8 mm respectivamente.

El desarrollo optimo de las especies haba, tarwi y cebada se debe a que en la gestión agrícola 2003 -2004 se registraron precipitaciones optimas durante el desarrollo de los cultivos frente a la gestión agrícola 2004 - 2005 el cual favoreció para obtener buena cantidad de biomasa. En el momento de la incorporación de las especies como abono verde se registraron las últimas precipitaciones, obteniendo una humedad adecuada en el suelo para la incorporación del abono verde. Sin embargo, en el proceso de descomposición las precipitaciones fueron mínimas y nada de precipitación.

El año agrícola 2004 – 2005, en el mes de octubre cuando se realizo la siembra de la quinua la precipitación media fue 14.7 mm, las lluvias se incrementaron en los meses de diciembre, enero que llegaron con mayor intensidad como se muestra en la grafica 2, que favoreció al buen desarrollo de cultivo de quinua.

En general las precipitaciones que se registraron desde el desarrollo de las especies para abono verde hasta la cosecha de la quinua fueron favorables, frente a los anteriores años agrícolas que las precipitaciones fueron bajas.



Grafica 2. Precipitaciones mensuales abril 2004 a mayo 2005.

4.1.2. Suelos

Los suelos del altiplano son muy heterogéneos en virtud de que se han formado sobre distintos materiales parentales depositados en las depresiones de la cuenca intermontaña de los andes. Tenemos suelos con problema de salinidad, y pH alcalino.

Las propiedades físicas son de estructuración débil, compactación elevada y baja porosidad, impidiendo la infiltración del agua y su almacenamiento, con un alto riesgo de erosión. La capa arable es poco profunda. Los suelos en los cerros aledaños son poco profundos y muy pedregosos, con tendencia a la erosión. (Orsag, 2003)

4.1.3. Vegetación

Los suelos del altiplano central, albergan a una serie de especies silvestres entre las cuales mencionamos algunas:

Erodium cicutarium (reloj-reloj)

Eragrostis curvula (pasto llorón)

Bromus uniloides (Cebadilla)

Distichlis unilis (Chiji)

Stipa – *ichu* (paja brava)

Chenopodium sp (quinua silvestre o ajara)

Solanum sp (papa silvestre)

Taraxacum officinalis (Diente de león)

Brassica campestris L. (Mostaza blanca)

Parastrephia lepidophylla (T'ola)

4.2. Materiales

4.2.1. Material vegetal

El material que se utilizó como abono verde estuvo compuesto por tres cultivos adaptados al altiplano, los cuales fueron incorporados al suelo en el estado fonológico de floración:



Cultivo de Tarwi



Cultivo de haba



Cultivo de Cebada

Las tres Variedades de quinua utilizados en el presente estudio se describen a continuación:

* Variedad Chucapaca.- Variedad de grano dulce, ciclo productivo semitardío (170 días), color predominante a la floración rojo suave. Color a la madurez rosado intenso, tipo de panoja glomerulada, el rendimiento en cultivo extensivo es 1100 kg/ha. Una característica agronómica muy interesante de la variedad es su rusticidad, los agricultores la califican como una variedad que no escoge terreno, es decir que es una variedad que siempre tiene buena producción aun en suelos pobres. (PROINPA 2002)



* Variedad Jacha Grano.- El grano es amargo, de ciclo productivo precoz, el color de la planta en estado joven es verde oscuro y a la madures verde amarillento, el tipo de panoja es glomerulado y el rendimiento varia de 1100 a 2000 kg/ha en parcelas experimentales.



* Variedad Kurmi.- De grano dulce, ciclo de la variedad semitardio, color de la planta a la floración es púrpura y anaranjado a rosado en estado de grano masoso y amarillo opaco a la madurez, tipo de panoja glomerulado, el rendimiento varia de 1450 a 1850 kg/ha en parcelas experimentales y de 1200 a 1550 kg/ha en parcelas comerciales.



4.2.2. Material y equipo de campo

- Los materiales que se utilizaron fueron: Flexometro, libreta de campo, cámara fotográfica, hoz, estacas, pinturas, picotas, palas, rastrillo, arado de disco accionado por un tractor agrícola, trilladora estacionaria, venteadora, zarandas, sobres de papel manila, marbetes de cartulina, marcadores de alcohol y otros.

4.3. Métodos

4.3.1. Procedimiento experimental

4.3.1.1. Primera fase

- **Incorporación de abono verde.**- La siembra de las especies utilizados como abono verde se realizo en octubre de la gestión agrícola 2003 - 2004 bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Para evaluar la cantidad de biomasa producida por cada una de las especies utilizadas como abono verde, se tomo una muestra al azar de 4 metros lineales (2 m^2) por unidad experimental un día antes de la incorporación, esta muestra consistió en extraer plantas completas por especie, las mismas que fueron pesadas en una balanza analítica. La evaluación de la cantidad de biomasa producida por cada una de las especies y la incorporación de las mismas como abono verde se lo realizo en el mes de abril cuando las mismas se encontraron en fase fonológica de floración que es la recomendable, puesto que en este estado absorben la mayor cantidad de nitrógeno y tienen mayor cantidad de biomasa, previo a la incorporación todas las plantas fueron desmenuzadas en pequeños trozos con la ayuda de un hoz, para luego incorporarlos al suelo, para este propósito se utilizo la ayuda de un arado de disco accionado por un tractor.
- **Muestreo de suelo.**- la muestra de los suelos se realizo en tres oportunidades, una antes de la incorporación de los abonos verdes, otra antes de la siembra de quinua y la tercera después de la cosecha de quinua. El muestreo de suelos consistió en sacar tres muestras en zigzag por cada unidad experimental, cuartearlos y obtener una sola muestra y enviarlo al laboratorio para su respectivo análisis de fertilidad.

4.3.1.2. Segunda fase

- **Siembra.**- En fecha 12 de octubre de la gestión agrícola 2004 – 2005 se realizó la siembra de tres variedades de quinua, el diseño que se empleó fue de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande estuvo compuesta por: testigo, cultivo de haba, cultivo de tarwi y cultivo de cebada, la parcela pequeña estuvo compuesta por tres variedades de quinua las cuales fueron: variedad Chucapaca, Jacha Grano y Kurmi. Para este propósito se utilizó una densidad de 7Kg/ha con un 92 % de germinación, y una pureza del 95%, el método utilizado en la siembra fue de surcos distanciados a 0.5 metros entre uno y otro y la distribución de la semilla a chorro continuo.
- **Raleo.**- El raleo se lo realizó en forma manual y consistió en dejar una planta cada 5 a 7 cm. se sacaron todas las plantas ceñidas entre sí, se realizó la misma operación en todos los tratamientos.
- **Deshierbe.**- Otra de las labores culturales que se realizó fue el deshierbe, una actividad considerada importante para favorecer el desarrollo del cultivo. Esta labor se la realizó con la ayuda de una chontilla y consistió en extraer todas las malas hierbas que crecían alrededor de la quinua y al mismo tiempo se realizó el aporque.
- **Evaluación de la parcela.**- En la parcela de estudio se evaluaron las siguientes variables: Altura de planta por tratamiento, rendimiento en grano, índice de cosecha. Todas estas variables son detalladas en el punto 4.3.4. de Variables evaluadas.
- **Cosecha.**- Para realizar la cosecha de la quinua en las diferentes unidades experimentales, primeramente se marcó la parcela útil de la unidad experimental equivalente a 14m² dejando las borduras de 1m alrededor de la

unidad experimental. El corte de las plantas se lo realizo con la ayuda de una hoz. Una vez cortadas se emparbaron en la misma parcela.

- **Trilla y venteo.**- La trilla se la realizó manualmente una vez que las plantas estuvieron secas, consistió en pisar las panojas sobre una lona hasta separar el grano de la panoja posteriormente se realizo el venteo que consistió en levantar la quinua en un plato hasta la altura de los hombros y dejarlo caer para que las corrientes de aire ayuden a separar el grano de las impurezas esta operación se repitió varias veces hasta obtener grano limpio para posteriormente pesarlos y obtener el rendimiento del grano de cada uno de los tratamientos.
- **Muestreo de suelo.**- En esta fase también se realizo el muestreo de suelos en dos oportunidades 4 muestras después de la incorporación de abonos verdes (antes de la siembra de quinua) y 4 después de la cosecha de quinua. El muestreo de suelos consistió en sacar una muestra de suelo por tratamiento, se mezclaron las muestras correspondientes de las tres repeticiones, se cuarteo y al final se saco una sola muestra por tratamiento para después enviarlo para su respectivo análisis en laboratorio de nitrógeno total y materia orgánica. Para analizar los resultados estadísticamente se realizo la prueba de t para datos pareados y distribución de la media.

4.3.2. Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizaron dos diseños experimentales, una en cada fase experimental que a continuación se detalla:

Primera fase.-

En esta fase se empleo el diseño de bloques completos al azar (Reyes, 1999).

Donde los tratamientos fueron:

A₁: Testigo

A₂: Cultivo de Haba

A₃: Cultivo de Tarwi

A₄: Cultivo de Cebada

Modelo lineal utilizado fue:

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

X_{ij} : Una observación cualquiera

μ : Media general del experimento

β_j : Efecto de j esimo bloque

α_i : Efecto de i esimo abono verde

ε_{ij} : Error de parcela principal

Segunda fase.-

En la segunda fase se utilizó el diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas. (Reyes, 1999). Donde:

Parcela Grande (A) Abono Verde: A₁: Testigo
A₂: Cultivo de Haba
A₃: Cultivo de Tarwi
A₄: Cultivo de Cebada

Parcela pequeña (B) Variedades: B₁: Variedad Chucapaca
B₂: Variedad Jacha Grano
B₃: Variedad Kurmi

El Modelo lineal utilizado fue:

$$X_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_a + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_b$$

X_{ijk} : Efecto del i esimo abono verde, k-esimo bloque, j-esima variedad

μ : Media general del experimento

β_k : Efecto de k esimo bloque

α_i : Efecto de i esimo abono verde

ε_a : Error de parcela principal

γ_j : Efecto del j esima variedad

$(\alpha\gamma)_{ij}$: efecto de la interacción entre i-esimo abono verde con j-esima variedad

ε_b : Efecto del Error experimental

4.3.4. Variables evaluadas

- **Cantidad de biomasa a ser incorporado como abono verde.**- Para evaluar la cantidad de biomasa incorporada en cada uno de los tratamientos se tomaron 4 muestras por unidad experimental, cada muestra estuvo constituido por 1 metro lineal de cultivo, haciendo un total de 2 m² de muestreo por unidad experimental. Las plantas muestreadas fueron extraídas desde la raíz con la ayuda de un azadón, luego se pesaron en una balanza para determinar la cantidad de biomasa.
- **Cantidad de materia seca incorporada.**- Para evaluar esta variable, las muestras tomadas para evaluar la cantidad de biomasa se secaron en un invernadero hasta obtener peso constante, después de la cual las muestras se pesaron en una balanza y obtener la materia seca de las distintas especies incorporadas.
- **Altura de planta.**- Para medir esta variable se marvetearon 5 plantas de quinua al azar por cada unidad experimental y con la ayuda de un flexometro se tomo la medida desde el suelo hasta el final de la panoja. En el momento de madurez fisiológica del cultivo.
- **Rendimiento en grano.**- Para determinar el rendimiento en grano se cortaron los tres surcos centrales de cada unidad experimental y se dejo 2 surcos a cada extremo y 50 cm en las cabeceras de los surcos, la parcela útil fue de 14 m² (Ver Croquis del experimento) cuando las plantas se encontraban suficientemente secas se procedió a la trilla y venteo de la quinua, una vez limpia se peso el grano.
- **Índice de cosecha.**- Para determinar esta variable se utilizo la relación entre el peso de la planta de quinua y el peso del grano, el índice de cosecha mide la habilidad productiva de la planta que es la relación que existe entre el peso

del grano seco llamado también rendimiento económico y el peso total del vástago de la planta considerando la parte aérea (Tallo, hoja, grano), llamado también rendimiento biológico. (Phoelman y Sleeper 1995)

Para la determinación del índice de cosecha se utilizó la siguiente fórmula.

$$IC = Psg. / (Pst + Psh + Psg)$$

Donde:

- IC = Índice de cosecha
- Psg = Peso seco del grano
- Pst = Peso seco del tallo
- Psh = Peso seco de la hoja

- **Cantidad de nitrógeno en el suelo aportado por el abono verde.**- Para el análisis químico del suelo se tomaron muestras antes de la incorporación de abonos verdes en forma de zig zag a lo largo de la parcela tal como recomienda Chilon (1996). Para extraer las muestras de suelo se consideró la profundidad de las raíces de las plantas (0-20 cm). Se obtuvieron 9 muestras en total, una muestra antes de la incorporación de abonos verdes, cuatro muestras después de la incorporación de abono verde, cuatro muestras después de la cosecha de quinua.

Los datos obtenidos en laboratorio fueron en porcentajes, los cuales mediante cálculos se llevaron a Kg/ha de nitrógeno total, también se realizó los cálculos de nitrógeno asimilable. Para un análisis estadístico de los datos obtenidos en laboratorio se realizó la prueba de t para datos pareados y distribución de la media.

- **Cantidad de materia orgánica aportado por el abono verde.**- Esta variable también se determinó mediante el análisis de suelo en laboratorio y se siguió el mismo procedimiento que se utilizó para la determinación de la cantidad de

nitrógeno. También se realizó un análisis estadístico mediante la prueba de t de datos pareados y distribución de la media.

- **Análisis de costo beneficio.**- Para el cálculo del análisis de beneficio costo de los tratamientos, se aplicó el método de evaluación económica propuesta por el CYMMYT (Perrin et al, 1988). El cual propone una metodología sobre presupuesto parcial y el análisis marginal. Todos los datos de producción (insumos, mano de obra, cosecha y post cosecha), fueron calculados para superficies de una hectárea. Para los rendimientos Perrin et al (1988) recomienda un ajuste del 5 a 30%, en este caso los rendimientos en promedio de grano Kg./ha, han sido ajustadas al 5% para asemejar a las condiciones del agricultor en producción y compensar las pérdidas de desgrane que se produce durante la cosecha.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Fase 1

5.1.1. Análisis de varianza para peso de biomasa incorporada al suelo

El análisis de varianza para la variable peso de biomasa (Cuadro 2) muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos al nivel estadístico del 5%, de lo que se asume que existen diferencias en la cantidad de biomasa incorporada al suelo por las especies, es decir que por lo menos una especie es diferente. El análisis de varianza muestra también que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que indica que no existen diferencias entre las cantidades de biomasa aportada en los bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 30%.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable peso de biomasa

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	86769588.50	43384794.25	1.47	0.3030ns
Tratamiento	3	2133670252.00	711223417.33	24.04	0.0010*
Error	6	177502825.50	29583804.25		
Total	11	2397942666.00			

Coeficiente de Variación (C.V.) = 30%

*: Significativo

Ns: no significativo

5.1.2. Comparación del peso de biomasa mediante la prueba de Duncan

La Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad para la variable peso de biomasa (Cuadro 3) muestra que el haba y tarwi son significativamente superiores en cantidad de biomasa incorporada al suelo con un peso promedio de 33.011,7 y 29.660 Kg/ha respectivamente. La especie cebada aportó solo 7.080 Kg/ha, el testigo registró un promedio de 2.740,7 Kg/ha en este último la biomasa estuvo compuesta

por especies nativas como el *Erodium cicutarium* (reloj-reloj) *Eragrostis curvula* (pasto llorón) *Bromus uniloides* (Cebadilla) *Distichlis unilis* (Chiji) *Stipa – ichu* (paja brava), entre otras

La cantidad de biomasa incorporada por las especies haba y tarwi muestra un buen comportamiento en suelos del altiplano central. Otros trabajos realizados en valles interandinos de Cochabamba (Heredia, 1998) muestran rendimientos de 24.469 Kg/ha para el Haba y 10.933 Kg/ha para el tarwi, lo que demuestra que estas dos especies están adaptadas a climas templados y fríos. Los resultados obtenidos en el presente estudio aventajan a los obtenidos por Heredia en un 26%.

El aporte de biomasa de la especie cebada al suelo fue de 7.080 Kg/ha, que es una cantidad considerable en relación al tratamiento testigo que registro un promedio de 2.7407 Kg/ha que representa 8.5% respecto a las especies tarwi y haba.

Un aspecto importante para el buen desarrollo de las especies es la humedad. Al respecto Benzing (2001), afirma que el abonado verde es básicamente una técnica para regiones con suficiente precipitación o riego. Sin embargo los resultados obtenidos en el presente estudio realizado en el altiplano central región de poca precipitación, demuestran que estas dos especies leguminosas, no necesariamente requieren riego adicional para desarrollar. Esto es corroborado por Beingolea (1996) que en un trabajo realizado en Chiroqasa (Potosí Bolivia), una zona situada a 3950 msnm y con solamente 600 mm anuales de lluvia, obtuvo una producción de 17 tn/ha de materia verde de tarwi y después de la incorporación como abono verde reporto un aumento en el rendimiento de papa de 350% respecto al testigo.

El momento óptimo para la incorporación de abonos verdes, es cuando las plantas se encuentran en estado de floración, esta etapa es donde la planta registra mayor cantidad de nitrógeno y mayor cantidad de biomasa como demuestra el presente estudio, donde se obtuvo gran cantidad de biomasa frente a otros estudios realizados y en condiciones mas adecuadas que en el altiplano central.

Cuadro 3. Comparación del peso de biomasa mediante prueba de Duncan

Tratamiento abonos verdes	Prom. Peso biomasa Kg/ha	Comparación ($\alpha = 0.05$)
A2 - Haba	33011.7	a
A3 - Tarwi	29660.0	a
A4 - Cebada	7080.0	b
A1 - Testigo	2740.7	c

5.1.3. Análisis de varianza para peso de materia seca incorporada al suelo

El análisis de varianza para la variable materia seca (cuadro 4) nos muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir que al menos un tratamiento es diferente a los demás. El análisis de varianza muestra que el coeficiente de variación (CV) fue de 26%.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable peso de materia seca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	2158411.50	1079205.75	0.89	0.4579ns
Tratamiento	3	90539229.58	30179743.19	24.95	0.0009*
Error	6	7257171.17	1209528.53		
Total	11	99954812.25			

Coeficiente de Variación (C.V.) = 26%

5.1.4. Comparación del peso de materia seca mediante la prueba de Duncan

La Prueba de Duncan para la variable peso de materia seca (Cuadro 5) muestra que el tarwi y haba son significativamente superiores en cantidad de materia seca incorporada al suelo. El tarwi incorpora un promedio de 8.275,13 Kg/ha de materia seca y el haba 5.744,02 kg/ha. El tratamiento que incorporo menor cantidad de materia seca al suelo fue el testigo que solo llego a 1.033,3 Kg/ha

Estos resultados nos muestran que especies que incorporaron mayor cantidad de biomasa no siempre incorporan la mayor cantidad de materia seca. En tanto en la especie tarwi se obtuvo 27.9% de materia seca, en la especie haba su aporte en materia seca llego a 17.4% del peso de biomasa incorporada.

La mayor cantidad de materia seca es aportada por la especie tarwi seguido por la especie haba. Esto es corroborado por Heredia (1998), que en valles interandinos de Cochabamba obtuvo 1.452,5 Kg/ha de materia seca con la especie haba y 3.152,2 Kg/ha con tarwi. También, el proyecto Fertisuelos (1999), reporta rendimientos de hasta 8 tn/ha de materia seca en haba, trabajos realizados en valles interandinos de Cochabamba donde las condiciones climáticas son favorables para el haba y otros cultivos. El presente estudio demuestra que los resultados fueron bastantes favorables en el altiplano central, ya que las cifras superaron en 3.000 kg/ha en el haba, y 5.000 kg/ha en tarwi, en comparación a los obtenidos por Heredia (1998).

La especie cebada aportó con 3.130 Kg/ha de materia seca, equivalente a 44.2% del peso de biomasa incorporada inicialmente. No dejemos de lado el aporte en materia seca del testigo pues la cantidad es considerable; si tomamos en cuenta que la vegetación estuvo compuesta por plantas nativas como el *Erodium cicutarium* (reloj reloj), entre otras, estas especies nativas aportaron con 1.033,3 Kg/ha equivalentes a un 37.7% de biomasa incorporada inicialmente.

Realizando una comparación relativa entre la cantidad de materia seca incorporada por las leguminosas y gramíneas, llegamos a la conclusión de que las gramíneas y otras especies incorporadas en el tratamiento testigo, aportaron con mayor cantidad de materia seca si tomamos en cuenta la cantidad de biomasa incorporada por las gramíneas en relación a la biomasa incorporada por las leguminosas.

El aporte de materia seca es un factor importante, puesto que esta es la materia orgánica que aportamos al suelo con las diferentes especies, esta materia orgánica

sufre el proceso de mineralización y humificación que mejora el contenido de nutrientes en el suelo y por ende las condiciones para cultivos posteriores.

Cuadro 5. Comparación del peso de materia seca mediante prueba de Duncan

Tratamiento abonos verdes	Peso. Materia seca Kg/ha	Comparación ($\alpha = 0.05$)
A3 - Tarwi	8275.13	a
A2 - Haba	5744.02	a
A4 - Cebada	3130.00	b
A1 - Testigo	1033.30	c

5.2. Fase 2

5.2.1. Análisis de varianza para altura de planta de quinua

El análisis de varianza (cuadro 6) para la altura de planta de las tres variedades de quinua, muestra que no existen diferencias significativas para la interacción de abono verde por variedad y entre variedades de quinua; pero sí existen diferencias significativas para los tipos de abonos verdes y entre bloques. La diferencia significativa entre tipos de abonos verdes nos indica que al menos un tipo de abono verde favoreció el crecimiento de las plantas de quinua. Este análisis nos muestra también un coeficiente de variación de 12.69%.

Cuadro 6. Análisis de varianza para altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Bloque		2	867.361	433.680	4.07	0.0372*
Ab verde		3	4.604.362	1.534.787	14.40	0.0001**
Error A		6	1.801.729	300.288		
Variedades		2	116.521	58.260	0.55	0.5893ns
Ab. Ver * Var		6	272.589	45.431	0.43	0.8507ns
Error B		16	1.704.875	106.554		
Total		35	9367.44			

Coeficiente de Variación (C.V.) = 12,69%

5.2.2. Comparación de altura de planta mediante la prueba de Duncan.

De acuerdo a la clasificación de Duncan (cuadro 7), las alturas de plantas de quinua, cultivadas en las parcelas donde se incorporaron tarwi y haba como abono verde, fueron significativamente superiores a las alturas de las plantas cultivadas en las parcelas donde se incorporo cebada como abono verde y el tratamiento testigo

La mayor altura de planta de quinua (en promedio) se registro en las parcelas donde se incorporó tarwi como abono verde alcanzando 93,67cm; mientras que en las parcelas donde se incorporo haba tiene un promedio de 91,72 cm, Las menores alturas de planta de quinua se registraron en los tratamientos donde se incorporó cebada y el tratamiento testigo, bajando a un promedio de 69,33cm y 70,89cm respectivamente.

Estos resultados fueron los esperados ya que el tarwi y haba incorporan mayor cantidad de nitrógeno al suelo en relación a la cebada y de esta manera las plantas cultivadas en las parcelas donde se incorporo tarwi y haba como abono verde se beneficiaron del nitrógeno que contribuyo al crecimiento y desarrollo de las plantas. La altura de planta es un indicador muy importante que influye directamente sobre el rendimiento de grano, como lo afirma Espíndola (1980).

La cebada incorporada como abono verde registro la menor altura de planta de quinua (69.33 cm) esto se debe a que la cebada en su desarrollo fue absorbiendo nutrientes del suelo y dejo muy poco para el cultivo de la quinua.

Cuadro 7. Comparación de altura de planta de quinua mediante prueba de Duncan

Tratamiento abonos verdes	Prom. Altura de planta Kg/ha	Comparación ($\alpha = 0.05$)
A3 - Tarwi	93,67	a
A2 - Haba	91,72	a
A1 - Testigo	70,84	b
A4 - Cebada	69,33	b

5.2.3. Análisis de varianza para rendimiento en grano

El cuadro 8, muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento en grano de quinua, en este cuadro se observa que no existen diferencias significativas para las variedades de quinua y la interacción abono verde por variedades de quinua; sin embargo nos muestra que existen diferencias significativas para los diferentes abonos verdes incorporados al suelo y entre bloques. El coeficiente de variación fue 19,90%.

Cuadro 8. Análisis de varianza para rendimiento en grano

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	1.225.784.406	612.892.203	11.98	0,0007*
Ab verde	3	4.777.452.981	1.592.484.327	31.12	0,0001**
Error A	6	747.657.375	124.609.562		
Variedades	2	335.280.331	167.640.165	3,28	0,0642ns
Ab. Ver * Var	6	311.709.397	51.951.566	1,02	0,4500ns
Error B	16	818.772.257	51.173.266		
Total	35	8.216.656.750			

Coeficiente de Variación (C.V.) = 19,90%

5.2.4. Comparación del rendimiento en grano mediante prueba de Duncan

El Cuadro 9, muestra que los rendimientos en grano de las parcelas donde se incorporó tarwi y haba como abono verde, fueron significativamente superiores a los otros tratamientos, registrando rendimientos promedios de 1.544,9 Kg/ha y 1.453,9 Kg/ha respectivamente. En contraposición, los rendimientos de grano de quinua en las parcelas testigo y donde se incorporó cebada reportaron los menores rendimientos con 790.4 y 757.7 Kg/ha. Es decir que existen diferencias significativas con la incorporación de abono verde con tarwi y haba frente a la cebada y el testigo.

Incorporando leguminosas como abono verde los rendimientos fueron superiores. Esto debido a que con la incorporación del abono verde se incorporó nitrógeno al suelo, elemento esencial para el buen desarrollo de la planta y por ende un buen rendimiento en grano de quinua. El rendimiento en grano, en parcelas donde se incorporó leguminosas se duplicaron respecto al testigo. Con estos resultados corroboramos el efecto que tiene el abono verde, en este caso leguminosas en el rendimiento de grano de quinua el cual aumentó en un 96 y 84% en parcelas donde se incorporaron tarwi y haba frente al testigo.

Realizando una comparación entre el abono verde cebada y el testigo observamos que el mayor rendimiento se encuentra en las parcelas testigo. Esto debido a que la cebada como abono verde antes de su incorporación absorbió los nutrientes del suelo y cuando se incorporaron no se descompuso en su totalidad, por lo cual los rendimientos de quinua fueron menores. En cambio, en el testigo hubo malezas de especies leguminosas nativas como el reloj reloj que al incorporarlos se descomponen y aportan nutrientes al suelo haciendo que los rendimientos de quinua sean mayores que incorporando cebada, sin embargo la diferencia entre ambos rendimientos no son significativas.

El incremento del rendimiento de quinua con la incorporación de tarwi y haba fue del 96 y 84% respecto al testigo. En cambio con la incorporación de la cebada como abono verde los rendimientos fueron inferiores al testigo esto debido a las razones indicadas en el párrafo anterior.

Otros estudios sobre efectos de la incorporación de abonos verdes en los rendimientos de quinua y otros cultivos reportaron resultados similares, por ejemplo Guzmán (1979) reporta incrementos del 78, 81 y 51% con la incorporación del tarwi en diferentes estado de floración (inicio de floración, plena floración, inicio de vainas) respecto al testigo. Por otro lado Rocha (2000) reporta incrementos del 31 y 48% en cultivo de cebada y trigo como efecto de la incorporación del haba y tarwi como abono verde.

Cuadro 9. Comparación del rendimiento en grano mediante prueba de Duncan en diferentes abonos verdes

Tratamiento abonos verdes	Prom. Rend. Grano Kg/ha	Comparación ($\alpha = 0.05$)
A3 - Tarwi	1544,9	a
A2 - Haba	1453,9	a
A1 - Testigo	790,4	b
A4 - Cebada	757,7	b

5.2.5. Análisis de varianza para índice de cosecha

El análisis de varianza para la variable índice de cosecha se muestra en el cuadro 10. De acuerdo a este cuadro no existen diferencias significativas para la interacción abono verde por variedades de quinua, también se observa que no existen diferencias significativas entre los diferentes abonos verdes, pero si existen diferencias significativas entre bloques y variedades de quinua. El coeficiente de variación para este análisis fue de 23.74%. Como entre las tres variedades existen diferencias significativas realizamos la prueba de Duncan.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el índice de cosecha

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	433.259	216.629	5,15	0,019*
Ab verde	3	348.192	116.064	2,76	0,076ns
Error A	6	178.553	29.759		
Variedades	2	361.253	180.626	4,29	0,032*
Ab. Ver * Var	6	237.923	39.654	0,94	0,493ns
Error B	16	673.299	42.081		
Total	35	2.232.478			

Coeficiente de Variación (C.V.) = 23,74%

5.2.6. Comparación del índice de cosecha mediante prueba de Duncan

El cuadro 11 muestra la prueba de Duncan para la variable índice de cosecha de tres variedades de quinua utilizados en el presente estudio. El cuadro muestra que la variedad jacha grano fue significativamente superior a las otras dos variedades registrando un promedio de 31,97 %, mientras las variedades Kurmi y Chucapaca presentan promedios de 25.320 y 24.858 respectivamente.

Robles (1991) señala que el índice de cosecha de un genotipo determinado puede variar dependiendo de la región en que es cultivada regiones de clima (cálido o templado), según este autor plantas cultivadas en regiones templadas registran mayor índice de cosecha en relación a las plantas cultivadas en zonas calidas y llego a esta conclusión cuando trabajo con maíz. En tanto Espíndola 1995, citado por Riquelme (1998), sostiene que factores adversos tales como heladas, sequía y mildiu afectan directamente al índice de cosecha consecuentemente la producción baja.

En otros estudios, Mujica et al. (2002) describió un índice de cosecha promedio para la quinua de 30% con una variación de 21 a 45% en tanto Gutiérrez (2003), reporto un promedio de 30% con una variación 28 a 32% a su vez Rodríguez (2005) alcanzo rangos de variación de 27 a 40%. En el presente estudio la variación se encuentra entre 25 a 32%

Cuadro 11. Comparación del índice de cosecha de tres variedades de quinua mediante prueba de Duncan.

Tratamiento variedades	Índice de cosecha Kg/ha	Comparación ($\alpha = 0.05$)
B2 - Jacha grano	31,797	a
B3 - Kurmi	25,32	b
B1 - Chucapaca	24,858	b

5.2.7. Análisis de fertilidad de suelo

En el cuadro 12, se muestra los resultados de laboratorio del análisis físico químico de la fertilidad del suelo antes de la incorporación de abonos verdes.

Como se puede observar en el cuadro 12, el suelo presenta una textura franco arenoso, una densidad aparente de 1.61 gr/cc, un pH 7.4, una conductividad eléctrica de 0.130. En cuanto a elementos nutritivos en el suelo tiene Potasio en una relación

de 0.29 me/100gr, fósforo disponible de 11.2 partes por millón, y nitrógeno en Kg/ha de 1.932 y como materia orgánica cuenta con 0.96 % menor al 1%.

Cuadro 12. Análisis físico químico general del suelo.

Análisis Físico		Análisis Químico	
Textura	Franco arenoso	pH	7.4
* % Arcilla	14	Conductividad eléctrica	0.130
* % Limo	6	Potasio me/100gr	0.29
* % Arena	80	Fósforo disponible ppm	11.2
Densidad aparente g/cc	1.61	Materia orgánica %	0.96
		Nitrógeno total Kg/ha	1932

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio

5.2.8. Cantidad de nitrógeno total presente en el suelo

El cuadro 13 muestra los resultados de la cantidad de nitrógeno total presente en el suelo antes de la incorporación de abonos verdes, después de la incorporación de abonos verdes y después de la cosecha de quinua. (Los cálculos realizados se observa en el Anexo 2)

Como se puede observar en el cuadro 13 y grafica 3, después de la incorporación del abono verde el mayor contenido de nitrógeno total se presenta en las parcelas donde se incorporo el tarwi y haba como abono verde incrementando esta de 1.932 a 2.254 Kg./ha, después de la cosecha de quinua debido a la absorción de nitrógeno por el cultivo de la quinua esta cantidad disminuye a 2028.60 kg/ha equivalente a una absorción del 10%.

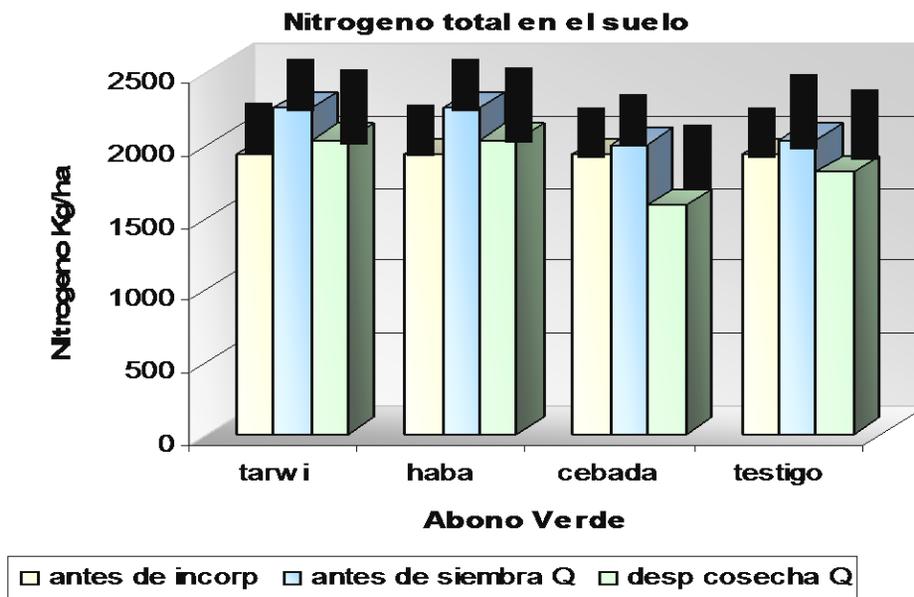
En cuanto a la especie cebada el contenido de nitrógeno total que apporto fue de 1.932 a 1.996,4 Kg./ha aumentando solo en un 10% y con la absorción del cultivo de la quinua, esta se redujo a un promedio de 1.5778 Kg./ha. El tratamiento testigo

registro un total de nitrógeno en el suelo de 1.932 Kg./ha, incorporando especies nativas incremento el nitrógeno a 2.028,60 kg/ha y con la absorción del cultivo de la quinua se redujo a 1.803,3 Kg/ha.

Cuadro 13. Cantidad de nitrógeno total en kg/ha presente en el suelo

Muestreo de suelo	Tratamientos			
	Tarwi	Haba	Cebada	Testigo
Antes de incorporar abono verde	1932	1932	1932	1932
Antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde)	2254	2254	1996.4	2028.60
Después de cosecha de quinua	2028.60	2028.60	1577.8	1803.2

Fuente: elaboración propia en base a resultados de laboratorio.



Grafica 3. Comparación de contenido de nitrógeno total antes y después de la incorporación de abonos verdes y después de cosecha de quinua.

5.2.9. Cantidad de nitrógeno asimilable presente en el suelo

En el cuadro 14, se aprecia datos del contenido de nitrógeno asimilable obtenidos del cálculo de nitrógeno total por una mineralización del N asimilable del 2% (anexo 1), realizadas antes de la incorporación de abonos verdes, antes de la siembra de quinua (6 meses después de la incorporación de abonos verdes) y después de la cosecha de quinua.

El contenido de N asimilable se incrementa de 38.64 a 45.08 Kg/ha después de la incorporación de tarwi y haba como abono verde, después del cultivo de quinua la cantidad se reduce a 40.57 Kg/ha por la absorción del cultivo de quinua y la evaporación de los nitritos del suelo. Con la incorporación de cebada el N asimilable se incrementa de 38.96 a 39.93 Kg/ha. Por la absorción del cultivo de quinua y la evaporación de los nitritos el N en el suelo se redujo a 31.56 kg/ha. En el tratamiento testigo el incremento fue de 38.64 a 40.57 Kg/ha y después de la cosecha de quinua el N en el suelo se redujo a 36.06 Kg/ha.

En el cuadro 14 y grafica 4, se observa que el contenido de nitrógeno en el suelo, se incrementa por efecto de la incorporación del abono verde y el contenido de nitrógeno se reduce en todos los tratamientos como consecuencia de la absorción del cultivo de quinua, la pérdida por lixiviación y nitrificación en el suelo.

Tomando en cuenta el contenido de nitrógeno asimilable por tratamiento, se ve que el mayor contenido de nitrógeno se encuentra en las parcelas donde se incorporó los abonos verdes de leguminosas, en este caso tarwi y haba, como también, antes de la siembra de quinua y después de la cosecha de quinua. Sin embargo, incorporando especies nativas el incremento de nitrógeno es mayor que incorporando cebada, esto se debe a que la cebada no tiene la capacidad de absorción de nitrógeno atmosférico como las leguminosas, y la gran parte del nitrógeno en el suelo fueron absorbidos por microorganismos para su síntesis de proteínas dejando así que en parcelas donde se incorporaron cebada el porcentaje de nitrógeno quedo muy bajo. Mientras

que en parcelas donde se incorporo leguminosas el nitrógeno esta en cantidades suficientes para los microorganismos.

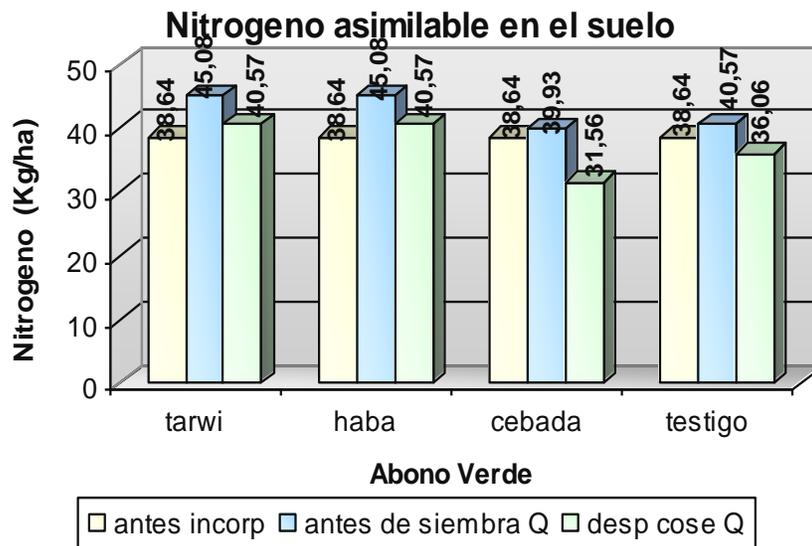
Una vez que el cultivo ya esta en pleno desarrollo, todo el amonio y nitrato será virtualmente absorbido por sus raíces, tan rápidamente como se va produciendo, en cambio la fertilización orgánica es mucho más duradera en cuanto al contenido de nitrógeno y por tanto existirá un efecto residual por más tiempo (Bear, 1988)

El nitrógeno asimilable en el suelo, aportado por las especies haba y tarwi llegaron a 45.08 Kg/ha, similares a los resultados obtenidos en el proyecto Rhizobiología que reportaron valores de 42 y 27 Kg/ha con la incorporación de tarwi y arveja como abono verde trabajos realizados en las pampas de Lequezana (Colque, 1999)

Cuadro 14. Contenido de Nitrógeno asimilable en Kg/ha presente en el suelo

Muestreo de suelo	Tratamientos			
	Tarwi	Haba	Cebada	Testigo
Antes de incorporación de abonos verdes (A)	38.64	38.64	38.64	38.64
Antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde) (B)	45.08	45.08	39.93	40.57
Después de cosecha de quinua (c)	40.57	40.57	31.56	36.06

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio



Grafica 4. Comparación de contenido de nitrógeno asimilable antes y después de la incorporación de abonos verdes y después de cosecha de quinua.

5.2.10. Comparación del contenido de nitrógeno asimilable mediante la prueba t

El Cuadro 15, muestra los resultados de la prueba de t de datos apareados y distribución de la media, para el nitrógeno asimilable antes de incorporar abono verde, antes de la siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde) y después de la cosecha de quinua. (Los respectivos cálculos se observa en el Anexo 6)

La prueba de t (Cuadro 15), muestra que no existe diferencias significativas en el contenido de nitrógeno asimilable antes de incorporar abono verde vs antes de la siembra de quinua, como también antes de incorporar abono verde vs después de cosecha de quinua, lo que significa que el nitrógeno asimilable no se incremento en gran cantidad en especial en el tratamiento con cebada y el testigo sin embargo hubo un incremento considerable incorporando leguminosas.

El cuadro muestra también que existen diferencias significativas en el contenido de nitrógeno asimilable cuando se comparo este, antes de la siembra de quinua vs

después de la cosecha de quinua, lo que indica que el contenido de nitrógeno asimilable disminuye en gran cantidad después de la cosecha de quinua debido a la absorción del cultivo y también por lixiviación y nitrificación entre otros.

Cuadro 15. Comparación del contenido de nitrógeno asimilable mediante prueba de t .

Variable de comparación	Media del contenido de N ₂ asimilable		T cal.	T tab. (5%)	Significa.
Antes de incorporar AV (A) vs Antes de siembra quinua (B)	38.64	42.66	0.168	3.182	ns
Antes de incorporar AV (A) vs Después de cosecha quinua (c)	38.64	37.19	0.672	3.182.	ns
Antes de siembra quinua (B) vs Después de cosecha quinua (c)	42.66	37.19	5.67	3.182	*

5.2.11. Fluctuación de la materia orgánica presente en el suelo

En la gráfica 5 y cuadro 16 se muestra la fluctuación de la materia orgánica en suelos donde se incorporaron las diferentes especies como abono verde. El mayor incremento en materia orgánica se tiene con la incorporación de tarwi y cebada como abono verde que de 0,96% se incremento a 1,32%,. Mientras que con la incorporación del haba como abono verde el incremento de materia orgánica fue de 0.96 a 1,24%. En el testigo, el incremento fue de 0,96% a 1.01%.

La materia orgánica en general esta íntimamente relacionado con la cantidad de materia verde incorporada. Sin embargo, el efecto de abono verde sobre el contenido de materia orgánica del suelo a largo plazo es limitado, debido a la humificación y mineralización como se observa en la grafica 5 del presente estudio.

El contenido de materia orgánica en parcelas donde se incorporo las especies tarwi y haba presentan un proceso mucho mas acelerada de mineralización y posterior humificación puesto que de 1,32% en tarwi y 1.24% en haba la materia orgánica se reduce a 0.35 y 0.67% después de la cosecha de quinua, lo cual indica que los

minerales en este caso el nitrógeno fueron liberadas y quedaron disponibles para el cultivo de quinua.

Por otra parte, la especie cebada y el testigo presentan una descomposición mas lenta, como se observa en el cuadro 16 y grafica 5, la cebada presenta un porcentaje de 1.32 de materia orgánica antes de la siembra de quinua para luego reducirse en 0.99, de la misma manera sucede con el testigo que de 1.01 se reduce a 0.83% después de la cosecha de quinua. Estos porcentajes nos indican que la descomposición (mineralización y humificación) es mucho más lenta y de forma gradual. En estas parcelas los rendimientos fueron menores en comparación a las parcelas donde se incorporo tarwi y haba como abono verde.

Ahora bien, para determinar cual es la dinámica de descomposición de la materia orgánica en el suelo se debe conocer la relación C/N. cuando la relación C/N es mayor a 50 o menor a 10 la descomposición es lenta; por otro lado si la relación C/N esta entre 15 y 20 la descomposición es acelerada y rápida. Las especies leguminosas como el haba y tarwi se encuentran en el rango de 15 a 20 por lo que su descomposición es acelerada como se muestra en la grafica 5.

Cuando se incorpora leguminosas al suelo este se descompone fácilmente y los microorganismos desintegradores proliferan rápidamente, debido a que existe nitrógeno suficiente para satisfacer las necesidades de estos, que son generadores de minerales y humus importantes para el suelo. Cuando se incorpora cebada al suelo que es pobre en nitrógeno y su relación C/N esta por encima de los 50 como todos los cereales, la descomposición es mas lenta como se indico anteriormente, esto va en desmedro a la proliferación de microorganismos y al buen desarrollo del cultivo.

Cuando el suelo no tiene suficiente nitrógeno para cubrir la demanda de los microorganismos estos lo toman del suelo, con lo cual al cabo de poco tiempo, el suelo queda empobrecido de este elemento como se observa la grafica 4 y 5. No

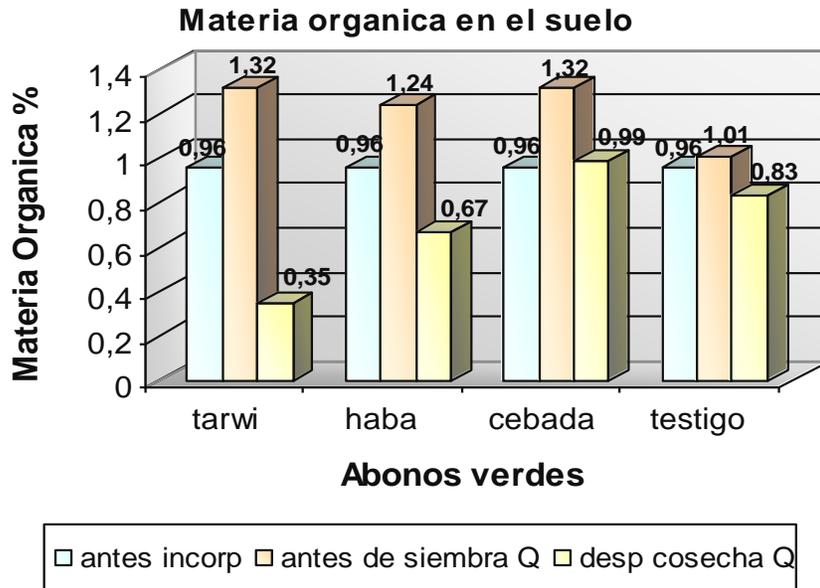
ocurre lo mismo con las leguminosas pues ellas a través de los rizobium toman el nitrógeno de la atmósfera que es aportado al suelo.

Por otro lado se resalta que las leguminosas son una fuente de materia orgánica y nitrógeno, ya que la incorporación de estos al suelo ayuda en el buen desarrollo de las plantas, en ese sentido el CIAT (1999), menciona que las leguminosas aportan gran cantidad de materia orgánica, sin embargo cualquier residuo orgánico incorporado al suelo es transformado por los microorganismos en forma gradual y con liberación de energía (calor) hasta la liberación de los nutrientes minerales, en ese proceso del total de la materia orgánica incorporado al suelo, el 65% se pierde como CO₂, H₂O, energía, etc. Pasando a formar parte de las sustancias orgánicas humificadas solo el 35% (Chilon, 1997).

Cuadro 16. Materia orgánica en porcentaje presente en el suelo

Muestreo de suelo	Tratamientos			
	Tarwi	Haba	Cebada	Testigo
Antes de la incorporación de abono verde (A)	0.96	0.96	0.96	0.96
Antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde) (B)	1.32	1.24	1.32	1.01
Después de cosecha de quinua (C)	0.35	0.67	0.99	0.83

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio



Grafica 5. Comparación de fluctuación de materia orgánica antes de incorporar abonos verdes, antes de siembra de quinua y después de cosecha de quinua.

5.2.12. Comparación de la materia orgánica mediante la prueba de t

En el cuadro 17 se muestra los resultados de la prueba de t para las variables de comparación en materia orgánica: antes de incorporar abono verde, antes de la siembra de quinua y después de la cosecha de quinua. Aplicamos la prueba de t para datos apareados y distribución de la media en los tres muestreos de suelo. (Los cálculos se observan en el Anexo 6)

El Cuadro 17, muestra que existen diferencias significativas cuando se incorporo el contenido de materia orgánica antes de incorporar el abono verde vs antes de la siembra de quinua, aspecto que nos permite afirmar que el incremento de materia orgánica después de incorporar los abonos verdes sube de 0.96% a 1.22%. El contenido de materia orgánica en general, esta íntimamente relacionado con la cantidad de materia verde incorporada, su velocidad de descomposición y la relación C/N de la misma.

La comparación de la materia orgánica antes de incorporar abono verde vs después de la cosecha de quinua presenta diferencias significativas debido a la reducción de la materia orgánica que de 0.99 se redujo a 0.71%. Esto se debe a que la materia orgánica después del incremento y la descomposición de la misma fue liberando nutrientes y a la vez absorbido por el cultivo de la quinua y que después de la cosecha quedo solo un porcentaje menor al inicial de humus que se ira descomponiendo posteriormente.

El cuadro también muestra que no existen diferencias significativas, antes de la siembra de quinua vs después de la cosecha de quinua, lo cual nos indica que el proceso de mineralización y humificación no es tan rápido y que viene descomponiéndose paulatinamente. Esto se debe a que la especie cebada como un cereal y el testigo que contribuye con especies nativas de gramíneas presentan una relación C/N muy elevada (>50) por lo cual su descomposición es lenta.

Cuadro 17. Comparación de materia orgánica mediante prueba de t para

Variable de comparación	Media del contenido de materia orgánica		T cal.	T tab. (5%)	Significia
Antes de incorporar AV (A) vs Antes de siembra quinua (B)	0.96	1.22	3.537	3.182	*
Antes de incorporar AV (A) vs Después de cosecha quinua (c)	0.96	0.71	3.349	3.182	*
Antes de siembra quinua (B) vs Después de cosecha quinua (c)	1.22	0.71	3.00	3.182	ns

5.3. Análisis económico

En el análisis de varianza para el rendimiento en grano (cuadro 8), muestra que no existe diferencia significativas entre variedades, pero si existe diferencia significativas para abonos verdes, motivo por el cual el análisis económico se llevo a cabo con los rendimientos promedio de las tres variedades de quinua por tratamiento del factor A es decir el rendimiento del tratamiento de las parcelas donde se incorporo haba tarwi t cebada como abono verde.

En el cuadro 18, se muestra los datos de rendimiento medio, rendimiento ajustado y beneficio bruto para cada uno de los tratamientos, con los cuales se proceden a los respectivos análisis.

Cuadro 18. Rendimiento medio, ajustado y beneficio bruto de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento Medio	Rendimiento Ajustado	Beneficio Bruto
Testigo	790.0	750.5	3002.0
Haba	1453.7	1381.0	5524.1
Tarwi	1545.0	1467.8	5871.0
Cebada	757.3	719.4	2877.7

El cuadro 19 muestra el análisis de dominancia de los tratamientos incorporando diferentes especies como abonos verdes. De acuerdo a este cuadro el tratamiento donde se incorporo cebada como abono verde resultado ser dominado por el tratamiento testigo, motivo por el cual se excluirá del análisis marginal.

Cuadro 19. Análisis de dominancia

Tratamiento	Costos que varían	Beneficios netos
Testigo	783.0	2219.0 *
Cebada	1420.7	1457.0 D
Haba	1898.0	3626.1 *
Tarwi	1984.7	3886.3 *

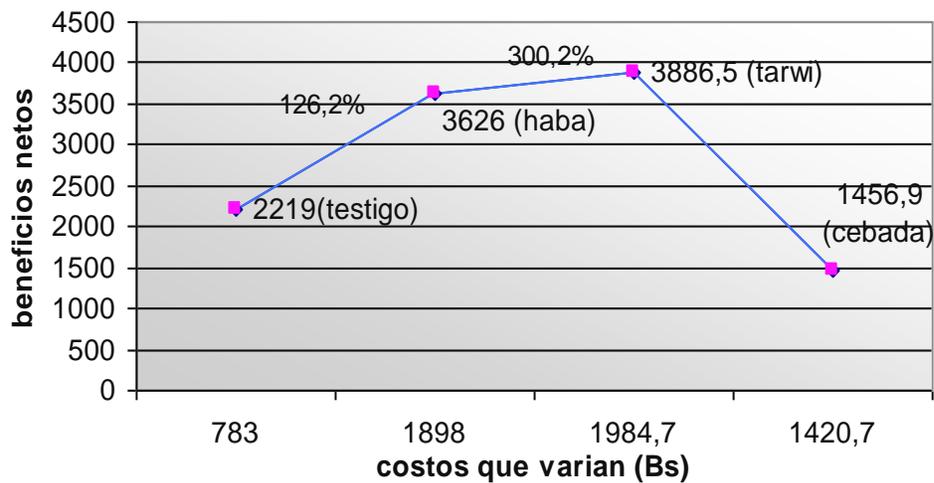
El cuadro 20 y figura 6 muestra la tasa de retorno marginal para los tratamientos no dominados, donde podemos observar que la tasa de retorno marginal cuando se pasa del tratamiento a la incorporación de haba y tarwi como abonos verdes se registran tasas de retorno marginal entre 126.2 y 300.2% respectivamente, valores superiores a las tasas mínimas de retorno marginal aceptable, el cual indica que por cada boliviano invertido, se recupera el boliviano mas una ganancia de 1.26 y 3.00 bolivianos. En la grafica 6 se muestra visiblemente que el tratamiento donde se incorporo la cebada como abono verde es el tratamiento dominado porque los

beneficios netos son menores al tratamiento testigo y su retorno marginal será negativo.

En consecuencia el tratamiento donde se incorporo tarwi es la tecnología recomendada para realizar trabajos de validación en las diferentes zonas de producción.

Cuadro 20. Análisis marginal

Tratamiento	Costos variables	Costos Marginales	Beneficios Netos	Beneficios Marginales	Tasa de Retorno marginal (%)
Testigo	783.0	1115.0	2219.0	1407.1	
Haba	1898.0	86.7	3626.1	260.2	126.2
Tarwi	1984.7	0.0	3886.3	0.0	300.2



Grafica 6. Curva de beneficios netos y análisis marginal

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos trazados y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permite llegar a las siguientes conclusiones.

1. Las especies haba y tarwi incorporan la mayor cantidad de biomasa al suelo 33.011,7 Kg/ha y 29.660 Kg/ha respectivamente, comparado con 7.080 Kg/ha de biomasa que se incorpora con la cebada.
2. Sin embargo las mayores cantidades de materia seca se reportaron con las especies de Tarwi (29%) y cebada (44%) del total de biomasa, frente al haba que en este caso tiene 17% de materia seca, esto debido a que el tarwi es mas leñosa y la cebada es mas fibrosa mientras que el haba contiene mayor humedad.
3. La altura de planta de quinua, en las parcelas donde se incorporo el tarwi y el haba como abono verde fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos debido al incremento de nitrógeno en el suelo con la incorporación de estas especies.
4. El rendimiento en grano de quinua se incremento significativamente en las parcelas donde se incorporo el tarwi y el haba como abono verde, llegando estas a 1.544,9 y 1453,9 Kg/ha mostrando un incremento de un 95.4% y 83.9% respecto al testigo.
5. La variedad Jacha Grano registro el mayor índice de cosecha obteniendo un promedio de 31.46% seguido por las variedades Kurmi y Chucapaca con valores de 25.32 y 24.86 % respectivamente.
6. El contenido de nitrógeno asimilable se incremento de 38.64 a 45.08 kg/ha incorporando tarwi y haba como abonos verde, esto debido a que las

leguminosas mediante los nódulos (rizobium) absorben gran cantidad de nitrógeno atmosférico el cual es aportado al suelo. Con la incorporación de cebada el incremento de nitrógeno asimilable fue de 38.64 a 39.93 Kg/ha. En cambio el incremento en el testigo fue de 38.64 a 40.57 kg/ha.

7. La incorporación de abonos verdes al suelo incrementa significativamente el contenido de materia orgánica en el suelo, los mayores aportes se registraron con la incorporación de las especies tarwi y cebada presentando un incremento de 0.96% a 1.32%, esto debido a que el tarwi y cebada aportaron con gran cantidad de materia seca para su descomposición en materia orgánica.

8. Incorporar haba para luego pasar al tratamiento tarwi como abono verde reporta la mayor tasa de retorno marginal que por cada boliviano invertido recuperamos el boliviano mas una ganancia de 3.00 bolivianos como una segunda alternativa de rentabilidad es incorporando haba como abono verde, que por el boliviano invertido sale una ganancia de 1.26 bolivianos.

7. RECOMENDACIONES

- Sobre la base del estudio y otras investigaciones realizadas con la incorporación de especies como abonos verdes se recomienda, realizar, fertilizaciones con abonos verdes que se produzcan muy bien en el altiplano central como haba y tarwi y realizar combinaciones entre estas especies como también especies de gramíneas y leguminosas, para una buena obtención de materia orgánica y por ende mayor fertilidad.
- Promover y validar el uso de las leguminosas como abono verde en las diferentes zonas del altiplano, dando a conocer las bondades y beneficios de los mismos para una buena conservación de la fertilidad de suelos y por ende una buena producción.

8. LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

- Alegría, B. S. 1998 “Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la quinua en 2 épocas y 2 espaciamientos de siembra en el altiplano central” Tesis de grado UMSA La Paz – Bolivia.
- Ávila B. 2001. Abonos verdes, consejos prácticos para su cultivo e incorporación al suelo. Producciones PSCV-UNASOO, Chuquisaca-Bolivia.
- Barreto, S. 1994. Abonos Verdes. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente Programa Abancay. Primera Ed. San Borja Lima Perú. 28 p.
- Bartolomé, S. 1993. Efecto al estiércol, urea y abono foliar en quinua. Tesis de grado U. Autónoma Tomas Frías, facultad de ciencias agrícolas y pecuarias Potosí – Bolivia pp.20 – 84
- Bear, F. 1988. El suelo en relación con el aumento de los cultivos. Ed. Omega casanova Barcelona España. 435 p
- Beingolea, J. 1993. Utilización del tarwi como abono verde en el programa de Chiroqasa del norte de Potosí. Programa vecinos mundiales Bolivia. Memoria Taller. Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CYMMYT). Veracruz, México pp 352-353
- Benzing, A. 2001. Fundamentos para la región andina Agricultura orgánica Neckar-Verlag, Villingen – Schwenmingen Alemania pp 278 - 289
- Bidwell R.G.S. 1979 Fisiología vegetal AGT Editor S.A. México pp 265 – 599

- Bonifacio, A. Y J. Quino. 1997. Comportamiento de dos variedades de quinua con abonamiento de humus de lombriz. En informe anual proyecto Quinua 1996-1997, IBTA, La Paz Bolivia.
- Bonifacio, A. 2003. Variedad "Quinua Jacha Grano" Ficha técnica N° 6, fundación PROINPA La Paz Bolivia.
- Bonifacio, A. 2005. Variedad de Quinua "Kurmi", Ficha Técnica N°12 PROINPA La Paz Bolivia.
- Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5 ed. Milagros, Lima Peru. pp 250 – 280
- CIAT, 1999. Manejo de coberturas en el departamento de Santa Cruz, Ed CIAT, NRI (Natural Resources Institute) Santa Cruz Bolivia 95p
- Chilon, E. 1996. Edafología Practicas de campo y laboratorio Publicaciones phawañani La Paz – Bolivia pp.39 – 54
- Chilon, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas La Paz – Bolivia
- Crespo, M. 1996. Haba (*Vicia faba* L.), Las leguminosas en la agricultura Boliviana Revisión de información. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba, Bolivia. pp.175-191
- Cooke, G. W. 1986. Fertilizantes y sus usos. Ed. Continental S.A., México pp 322-402
- Colque, S. 1999. Producción de Biomasa para abono verde por leguminosas en las pampas de Lequezana. In: Pierola, L. y Meneses, R. (eds). Memorias 5ta Reunión boliviana de Rhizobiología y leguminosas Sucre 13 al 15 de

Octubre 1999. Asociación Boliviana de Rhizobiología y leguminosas (ABRYL)
Cochabamba, Bolivia pp 149 – 151

- Espíndola, G. 1981. Centro experimental para la industrialización de la quinua. En quinto curso de Quinua Patacamaya Prov. Los Andes IBTA MACA La Paz – Bolivia pp 1-12.
- FAO Fertilizantes, 1999. Los abonos verdes Ministerio de agricultura, ganadería y desarrollo rural GCPD/BOL/018/NET Bolivia 7p
- Fuentes, J. L. 1999. Manual practico sobre la utilización de suelo y fertilizantes Madrid España, Mundi prensa
- Franco, J. 1991. El tarwi o lupino; su efecto en sistemas de cultivos. Informe final proyecto cooperativo GTZ-CIP.
- Gandarillas, A. 2001 – 86. Historia de la investigación para el desarrollo agropecuario en Bolivia Ed. Carlos G; Antonio G. Cochabamba Bolivia pp 79-139
- Guerrero, B.J. 1993. Abonos orgánicos; tecnología para el manejo ecológico de suelos Red de Acción en alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA) Lima Perú. 85p.
- Gutiérrez, R. 2003. Erosión en suelo de ladera p: 15 – 20 en revista de agricultura UMSS – Fac. ciencias Agrícolas y Pecuarias M.C. Cochabamba Bolivia 40p
- Guzmán, J. 2002, Apuntes de diseños experimentales II UMSA La Paz – Bolivia.

- Guzmán, J. y J. Cossio, 1992. Efecto del Estiércol, urea y abono foliar en la quinua. En informe anual Proyecto Quinua 1991-1992. IBTA, La Paz Bolivia.
- Guzman, J. 1993. Efecto de la fertilización química en el comportamiento de la quinua. Informe anual 92 – 93 programa nacional quinua IBTA La Paz – Bolivia pp 86 – 91.
- Gross, A. 1989. Abonos, Guía Practica 1 La Fertilización Ed. Mundi prensa Madrid España pp 194 – 195
- Heredia, G. 1998. Evaluación técnica de leguminosas para el mejoramiento y protección al suelo en los valles interandinos de Cochabamba. Tesis de grado UMSS Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Cochabamba Bolivia 65 p
- Holdrige, 1982. Clasificación de zonas de vida. Instituto americano de Ciencias agrícolas San José Costa Rica 312 p.
- Jacobsen, S. 1992. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Under temperate.
- Karnt, G. 1990. Abono verde 1 de De. Hemisferio Sur Uruguay. pp 1- 33.
- Lescano, R. 1994. Genética de Cultivos Alto andinos, Primera Edición Puno Perú.
- Lorente, J. 1997. Biblioteca de la Agricultura. Ed. Lexus Barcelona España pp 27-28.
- Malpartida, E. 1992. Pasturas, establecimiento y manejo de flores, A. Ed. Manual de forrajes para forrajes para zonas áridas y semiáridas andinas. Resumen, SR-CRSP, INIAA Lima Perú pp 127-225.

- Mamani, P. 1999. El abono verde de haba, un insumo para la producción sostenible en sistemas andinos, Ficha técnica N° 2 PROINPA Cochabamba – Bolivia pp 1- 4.
- Meneses, R. Waaijenberg, H. Pierola, L. 1996. Las leguminosas en la agricultura Boliviana: Revisión de información Proyecto Rhizobiología. Cochabamba, Bolivia. CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WAU. 434 p.
- Meza, W. 1997. Cultivos de cobertura establecidos en la cuenca taquiña. In: Sims, B. Ed. Memoria Segundo Taller, proyecto Laderas, Cochabamba, Bolivia. pp 118 – 127
- Monasterios, N. 1994. Fertilización en el cultivo de la quinua. Memorias del seminario investigación, producción y comercialización de quinua. Programa quinua IBTA La Paz – Bolivia.
- Montse, E. 1999. Boletín de la Asociación Vida Sana, CIDASC-AGRUCO. Cochabamba Bolivia.
- Mújica, A. 2002 Investigaciones en tarwi (*Lupinus Mutavilis* Swet) Puno Peru 92p
- Murillo, R. 1995. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de riego y seco. Tesis de grado UMSA pp 7 – 135.
- Perrin, R. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. CIMMYT, México D.F.

- Pijnenbord, et al 1996. Fijación biológica de nitrógeno p 67 – 96. En: Meneses R. Waaijenberg II y Pierola L. Ed. Las leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rhizobiología Bolivia Cochabamba Bolivia 434 p
- Poehlman, J. M. y Sleeper D.A. 1995. Breeding field crops Iowa State University Press, Ames, USA 494 p.
- Poma, 1989, Respuesta de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en el contenido proteico de grano. Tesis de grado UMSS. Cochabamba- Bolivia pp 1-81.
- PROINPA, F. 1999. El abono verde de haba: un insumo para la producción sostenible en sistemas andinos. Ficha Técnica 2. Proyecto de sistemas de producción.
- Proyecto Laderas 2000. Abonos verdes Cochabamba Bolivia 14p
- Orsay, V. 2003. Apuntes de clases en Manejo y Conservación de Suelo, La Paz- Bolivia.
- Reyes, P. 1999. Diseños Experimentales aplicados, Ed. Anfre'd Impresión en México.
- Ríos, R. 1982 Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). En Meneses, et. Al. 1996. las leguminosas en la agricultura Boliviana. Revisión de información. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba Bolivia 209-224 pp.
- Riquelme, M. 1998. Comportamiento agronómico de 8 líneas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo tres épocas de siembras en el altiplano central Tesis UMSA La Paz - Bolivia 104p

- Robles, R. 1991. Genética elemental de fitomejoramiento practico Impr. en México pp 263 – 273
- Rocha, G. 2000. Efecto residual de abonos verdes de leguminosas en los cultivos trigo y cebada en dos comunidades del departamento de Cochabamba. Tesis de grado UMSS pp 40 – 68.
- Rodríguez, F. 1999. Producción de Leguminosas como abono verde en el valle alto de Cochabamba Bolivia 1997- 1998. In: Pierola, L. y Meneses, R. (eds). Memorias 5ta Reunión boliviana de Rhizobiología y leguminosas Sucre 13 al 15 de Octubre 1999. Asociación Boliviana de Rhizobiología y leguminosas (ABRYL) Cochabamba, Bolivia pp 111 – 114
- Rodríguez, J. 2005 El papel del tamaño de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra Tesis UMSA La Paz – Bolivia 109 p
- Saravia, R. 2002. Rubro Granos andinos. In Memorias de la reunión anual de la fundación PROINPA regional altiplano (2001-2002 Cochabamba) Informe Bolivia. pp 44 – 47
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica (SENAMI) 2004 – 2005 Datos climáticos de la zona de Viacha.
- Tamhane y Motiramani 1983. “Suelos su química y fertilidad en zonas tropicales Editorial Diana Mexico, pp 25-65.
- Tapia, M. 1993. Cultivos andinos sub explotados, PISA, IICA-CIID Lima – Perú.

- Trejos, M. Vega, G. 1990. Características del suelo, fertilidad y nutrición del rosal. Asociación de floricultores de Cochabamba Bolivia 130 p.
- Valencia, Y. 1995. Aporte al manejo Ecológico de Cultivo, Impresión grafica Stefany S.R. Lima Perú.
- Vásquez, MPB. 1996. Memorias de la XVIII reunión latinoamericana de Rhizobiología Santa Cruz de la Sierra Bolivia. 131p.
- Verissimo, L. 1999. Sistemas de producción agraria extensiva. En enciclopedia practica de la agricultura y ganadería. Editorial Grupo Océano, S.A. Barcelona, España pp 283-353.
- Vicente, J. 2005. Curso Bioestadística aplicada UMSA La Paz –Bolivia. Veterinaria “La Paz”.
- Vicente, J. Y J Pascuali. 2001 Guía Metodologica de Diseños Experimentales, La Paz Bolivia.
- Villarroel, J. Y F. Augustburger. 1987. El cultivo del tarwi (*Lupinus Mutabilis* Sweet), fijación y aporte de nitrógeno al suelo y su efecto residual en cebada (*Hordeum vulgare*). En: Anales, II congreso Internacional de sistemas agropecuarios andinos. PISA-CIID-ACDI. Puno, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
FACULTAD de CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS
Laboratorio de Suelos y Agua

“Martín Cárdenas”
Dpto de Ingeniería Agrícola

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Procedencia: Comunidad Quipaquipani
Profundidad: 0 - 0,20 m

Identificación local	Materia Orgánica %	Nitrógeno Total %
T ₂	1,32	0,070
T ₃	0,35	0,063
H ₂	1.24	0.070
H ₃	0.67	0.063
C ₂	1.32	0.062
C ₃	0.99	0.049
t ₂	1.01	0.063
t ₃	0.83	0.056

T₂= Tarwi, antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde)
T₃= Tarwi, después de la cosecha de quinua
H₂= Haba, antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde)
H₃= Haba, después de la cosecha de quinua
C₂= Cebada, antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde)
C₃= Cebada, después de la cosecha de quinua
t₂= Testigo, antes de siembra de quinua (6 meses después de incorporar abono verde)
t₃= Testigo, después de la Cosecha de quinua

ANEXO 2

CALCULO DE NITROGENO EN PORCENTAJE A Kg/ha Y NITROGENO TOTAL A NITROGENO ASIMILABLE

1.- Calculo de peso de suelo

$$\begin{array}{ll} \text{Prof.} = 0,20 \text{ m} & \text{Da} = 1.61 \text{ gr/cc} = 1610 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Largo} = 100 \text{ m} & \text{V}_{\text{suelo}} = 2000 \text{ m}^3 \\ \text{Ancho} = 100 \text{ m} & \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1610 \text{ Kg} \text{ ----- } 1 \text{ m}^3 \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ----- } 2000 \text{ m}^3 \\ \text{X} = 3220000 \text{ Kg s}^\circ \\ \text{-----} // \end{array}$$

2.- Calculo de nitrógeno total de porcentaje a Kg/ha antes de la incorporación de abono verde

TARWI	HABA	CEBADA
Nitrógeno = 0,060%	Nt = 0.060	Nt = 0.060
$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100 \% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0,060 \% \\ \text{X} = 1932 \text{ Kg Ntotal} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.060\% \\ \text{X} = 1932 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.060 \\ \text{X} = 1932 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$

3.- Calculo de nitrógeno total en porcentaje a Kg/ha después de la incorporación de abono verde

TARWI	HABA	CEBADA
Nt = 0.070 %	Nt = 0.070%	Nt = 0.062
$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100 \% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.070 \% \\ \text{X} = 2254 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.070\% \\ \text{X} = 2254 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100 \% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.062\% \\ \text{X} = 1996.4 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$

4.- Calculo de nitrógeno total en porcentaje a Kg/ha después de la cosecha de quinua

TARWI	HABA	CEBADA
Nt = 0.063 %	Nt = 0.063 %	Nt = 0.049
$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100 \% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.063 \% \\ 0.049\% \\ \text{X} = 2028.60 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ---- } 0.063\% \\ \text{X} = 2028.60 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$	$\begin{array}{l} 3220000 \text{ Kg s}^\circ \text{ ---- } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{X} \text{ ----} \\ \text{X} = 1577.8 \text{ Kg Nt} \\ \text{-----} // \end{array}$

5.- Calculo de nitrógeno total en porcentaje a Kg/ha en el Testigo

Antes incorp. Abono verde quinua Nt = 0.060 %	después de abono verde Nt = 0.060 %	después de cosecha Nt = 0.056
3220000 Kg s° ---- 100 % X ---- 0.060 %	3220000 Kg s° ---- 100% X ---- 0.063%	3220000 Kg s° ---- 100% X ----
0.056% X = 1932 Kg Nt -----//	X = 2028.60 Kg Nt -----//	X = 1803.2 Kg Nt -----//

6.- Calculo de Nitrógeno total a Nitrógeno asimilable

Con 2 % de mineralización del nitrógeno

6.1. Calculo de nitrógeno asimilable antes de la incorporación de abono verde

TARWI	HABA	CEBADA
1932 Kg Nt ---- 100 % X ---- 0,02 %	1932 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02%	1932 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02
X = 38.64 Kg Nasim -----//	X = 38.64 Kg Nasim -----//	X = 38.64 Kg Nasim -----//

6.2. Calculo de nitrógeno asimilable después de la incorporación de abono verde

TARWI	HABA	CEBADA
2254 Kg Nt ---- 100 % X ---- 0,02 %	2254 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02%	1996.4 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02
X = 45.08 Kg Nasim -----//	X = 45.08 Kg Nasim -----//	X = 39.93 Kg Nasim -----//

6.3. Calculo de nitrógeno asimilable después de la cosecha de quinua

TARWI	HABA	CEBADA
2028.60 Kg Nt ---- 100 % X ---- 0,02 %	2028.60 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02%	1577.8 Kg Nt ---- 100% X ---- 0.02%
X = 40.57 Kg Nasim -----//	X = 40.57 Kg Nasim -----//	X = 31.56 Kg Nasim -----//

7.- Calculo de nitrógeno total a nitrógeno asimilable en el Testigo

Antes incorp. Abono verde quinua	después de abono verde	después de cosecha
-------------------------------------	------------------------	--------------------

1932 Kg Nt ---- 100 %
 X ---- 0.02 %
 X = 38.64 Kg Nasim
 -----//

2028.60 Kg Nt ---- 100%
 X ---- 0.02%
 X = 40.57 Kg Nasim
 -----//

1803.2 Kg Nt ---- 100%
 X ---- 0.02%
 X = 36.06 Kg Nasim
 -----//

ANEXO 3

Presupuesto parcial de los diferentes tratamientos con abonos verdes en el rendimiento de quinua.

Item	Tratamiento			
	A1	A2	A3	A4
Rdto medio (Kg/ha)	790	1453,7	1545	757,3
Rdto ajustado x 0,5	750,5	1381	1467,8	719,4
beneficio bruto de campo (bs/ha)	3002	5524	5871,2	2877,6
Costo Variable Bs./ha				
Incorporación del abono verde	0	400	400	400
costo de semilla de quinua	42	42	42	42
Mano de obra	741	1456	1542,7	978,7
Total costo variable (Bs./ha)	783	1898	1984,7	1420,7
Beneficio Neto (Bs./ha)	2219	3626	3886,5	1456,9

ANEXO 4

Promedio de temperaturas mensuales

MES	T max °C	T min °C	T media °C
abr-04	18,6	1,7	10,1
may-04	18,5	-8,1	5,1
jun-04	18,0	-7,3	5,4
jul-04	18,0	-4,9	6,6
ago-04	17,4	-3,9	6,8
sep-04	18,4	-0,3	9,0
oct-04	19,1	1,1	10,1
nov-04	18,7	3,1	10,9
dic-04	18,3	3,4	10,8
ene-05	17,0	4,4	10,7
feb-05	16,1	4,4	10,3
mar-05	18,0	2,7	10,4
abr-05	18,3	-0,4	8,9
may-05	17,9	-6,2	6,3

Fuente: SENAMI 2004 – 2005

Precipitaciones medias mensuales

MES	PP mm
abr-04	16,5
May-04	4,0
jun-04	1,0
jul-04	1,5
ago-04	4,8
sep-04	28,7
oct-04	14,7
nov-04	43,9
dic-04	47,2
ene-05	113,5
feb-05	70,1
mar-05	44,8
abr-05	10,3
May-05	3,3

Fuente: SENAMI 2004 - 2005

ANEXO 5

**Peso promedio de Biomasa incorporada
incorporada**

Especie	Peso materia verde en Kg/ha
Haba	33011.7
Tarwi	29660
Cebada	7080
Testigo	2740.7

Peso promedio de materia seca

Especie	Peso materia seca en Kg/ha
Haba	5744.02
Tarwi	8275.13
Cebada	3130.00
Testigo	624.66

Promedio de alturas de planta en las tres variedades

Abono verde	Variedad	Prom Alt de pl (cm)
testigo	chucapaca	71.8
	Jacha Grano	72.2
	Kurmi	68.5
Haba	chucapaca	95.5
	Jacha Grano	84.3
	Kurmi	95.3
Tarwi	chucapaca	99.2
	Jacha Grano	91.2
	Kurmi	97.3
Cebada	chucapaca	72.8
	Jacha Grano	67.7
	Kurmi	67.5

Promedio de rendimiento de grano de quinua en Kg/ha.

Abono verde	Variedad	Rend. Grano (Kg/ha)
Testigo	chucapaca	878.00
	Jacha Grano	705.86
	Kurmi	787.30
Haba	chucapaca	1696.17
	Jacha Grano	1484.83
	Kurmi	1180.83
Tarwi	chucapaca	1734.97
	Jacha Grano	1427.57
	Kurmi	1472.23
cebada	chucapaca	749.47
	Jacha Grano	837.07
	Kurmi	686.40

ANEXO 6

Calculo para prueba de t para datos pareados y distribución de la media de nitrógeno asimilable

Comparando antes de incorporar abono verde vs antes de la siembra de quinua.

$$\mu = 38.64$$

$$x = (45.08 + 45.08 + 39.93 + 40.57) / 4 = 42.66$$

$$S = \sqrt{((45.08)^2 + (45.08)^2 + (39.93)^2 + (40.57)^2 - ((170.66)^2/4)) / 4 - 1} = 7.84$$

$$t_c = x - \mu / (S/\sqrt{n}) = 42.66 - 38.64 / (7.84 / \sqrt{4}) = 1.027$$

$$\begin{array}{ccc} t_c & & t_t \\ 1.027 & < & 3.182 \text{ ns} \end{array}$$

Comparando antes de incorporar abono verde vs después de la cosecha de quinua

$$\mu = 38.64$$

$$x = (40.57 + 40.57 + 31.56 + 36.06) / 4 = 37.19$$

$$S = \sqrt{((40.57)^2 + (40.57)^2 + (31.56)^2 + (36.06)^2 - ((148.76)^2/4)) / 4 - 1} = 4.314$$

$$t_c = x - \mu / (S/\sqrt{n}) = 37.19 - 38.64 / (4.314 / \sqrt{4}) = -0.672$$

$$\begin{array}{ccc} t_c & & t_t \\ 0.672 & < & 3.182 \text{ ns} \end{array}$$

Comparación antes de la siembra de quinua y después de Cosecha de quinua

45.08	45.08	39.93	40.57
40.57	40.57	31.56	36.06

4.51	4.51	8.37	4.51	/	5.475
------	------	------	------	---	-------

$$S = \sqrt{((4.51)^2 + (4.51)^2 + (8.37)^2 + (4.51)^2 - ((21.9)^2/4)) / 4 - 1} = 1.93$$

$$t_c = x / (S/\sqrt{n}) = 5.475 / (1.93 / \sqrt{4}) = 5.67$$

$$\begin{array}{ccc} t_c & & t_t \\ 5.67 & < & 3.182^* \end{array}$$

Calculo para prueba de t para datos pareados y distribución de la media de materia orgánica

Comparando antes de incorporar abono verde vs antes de la siembra de quinua.

$$\mu = 0.96$$

$$x = (1.32 + 1.24 + 1.32 + 1.01) / 4 = 1.22$$

$$S = \sqrt{((1.32)^2 + (1.24)^2 + (1.32)^2 + (1.01)^2 - ((4.89)^2/4)) / 4 - 1} = 0.147$$

$$t_c = x - \mu / (S/\sqrt{n}) = 1.22 - 0.96 / (0.147 / \sqrt{4}) = 3.537$$

$$t_c \quad t_t \\ 3.537 < 3.182 *$$

Comparando antes de incorporar abono verde vs después de la cosecha de quinua

$$\mu = 0.96$$

$$x = (0.35 + 0.67 + 0.99 + 0.83) / 4 = 0.71$$

$$S = \sqrt{((0.35)^2 + (0.67)^2 + (0.99)^2 + (0.83)^2 - ((2.84)^2/4)) / 4 - 1} = 0.473$$

$$t_c = x - \mu / (S/\sqrt{n}) = 0.71 - 0.96 / (0.473 / \sqrt{4}) = -3.349$$

$$t_c \quad t_t \\ 3.349 < 3.182 *$$

Comparación antes de la siembra de quinua vs después de Cosecha de quinua

1.32	1.24	1.32	1.01
0.35	0.67	0.99	0.83

0.97	0.57	0.33	0.18 / 0.51

$$S = \sqrt{((0.97)^2 + (0.57)^2 + (0.33)^2 + (0.18)^2 - ((2.05)^2/4)) / 4 - 1} = 0.345$$

$$t_c = x / (S/\sqrt{n}) = 0.51 / (0.345 / \sqrt{4}) = 3.0$$

$$t_c \quad t_t \\ 3.00 < 3.182 \text{ ns}$$

ANEXO 7



Incorporación de abonos verdes al suelo



Variedades de quinua sembradas después de la incorporación de abonos verdes



Madurez de plantas de quinua variedad Jacha Grano y Kurmi



Cosecha y emparvado de quinua
Variedad chucapaca



Obtención del grano limpio