



“EFECTO DEL LABOREO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Wild*), BAJO DOS SISTEMAS DE SIEMBRA EN LA PARROQUIA SANTIAGO DE QUITO, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

JUAN EMILIO HARO VALLEJO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

RIOBAMBA-ECUADOR

2014

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE: el trabajo de investigación titulado:
“EFECTO DEL LABOREO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Wild), BAJO DOS SISTEMAS DE SIEMBRA EN LA
PARROQUIA SANTIAGO DE QUITO, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de
responsabilidad del Señor Egresado Juan Emilio Haro Vallejo, ha sido prolijamente revisada,
quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS:

Ing. Roque García Z. _____

DIRECTOR

Ing. Franklin Arcos T. _____

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba - Diciembre

2014

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo dejo constancia de mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, en cuyas aulas adquirí ciencia, formación y compartí muchas experiencias.

De la misma forma expreso mi agradecimiento a los señores catedráticos quienes con su paciencia y dedicación infundieron no sólo el conocimiento necesario, sino también el ánimo para seguir adelante en mi vida profesional.

Dejo plasmado en esta página mi sincero y leal reconocimiento a los Ingenieros: Roque García Z., Director y Franklin Arcos, Miembros del Tribunal de Tesis; quienes con su noble apoyo y responsabilidad y amistad, permitieron la planificación, desarrollo y la culminación de este trabajo científico.

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de tesis se lo dedico a mi familia que ha sido la motivación para terminar mis estudios, apoyándome en cada aventura que decido emprender, a mi madre que ha sacrificado mucho por convertirme en un buen ser humano y profesional, a todas las personas cercanas, amigo, a mi tía María Elena que siempre me llenó de fe para culminar el sueño de ser Ing. Agrónomo y a todos aquellos maestros que ya no son tangibles, de los cuales solo nos queda sus enseñanzas, amor y su mensaje de vida.

Juan Haro V.

TABLA DE CONTENIDOS

Lista de cuadros ii
Lista de gráficos iv
Lista de anexos v

No	CAPÍTULO	PÁG.
I.	TÍTULO	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
VI.	CONCLUSIONES	58
VII.	RECOMENDACIONES	59
VIII.	RESUMEN	60
IX.	SUMARY	61
X.	BIBLIOGRAFÍA	62
XI.	ANEXOS	68

Lista de cuadros

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
Cuadro 1.	Fases fisiológicas de la quinua.	15
Cuadro 2.	Principales plagas que atacan el cultivo de quinua.	19
Cuadro 3.	Descripción de los tratamientos del ensayo.	25
Cuadro 4.	Esquema de análisis de varianza.	26
Cuadro 5.	Evaluación de resistencia al corte del suelo.	29
Cuadro 6.	Evaluación de pH en el suelo.	30
Cuadro 7.	Capacidad de intercambio catiónico en el suelo.	31
Cuadro 8.	Evaluación de propiedades biológicas del suelo.	34
Cuadro 9.	Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.	39
Cuadro 10.	Análisis de varianza para porcentaje de emergencia a los 15 días.	41
Cuadro 11.	Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de emergencia a los 15 días, según el sistema de labranza.	41
Cuadro 12.	Análisis de Varianza para el factor días al panojamiento	42
Cuadro 13.	Prueba de Tukey al 5% para el panojamiento, según el sistema de labranza	43
Cuadro 14.	Análisis de varianza para tamaño de la panoja	44
Cuadro 15.	Prueba de Tukey al 5% para tamaño de la panoja, según sistemas de labranza.	44
Cuadro 16.	Análisis de varianza para altura de la planta a la madurez fisiológica.	45
Cuadro 17.	Prueba de Tukey al 5% para altura de planta según el sistema de labranza.	46
Cuadro 18.	Altura de planta en el cultivo de quinua según el método de siembra.	46
Cuadro 19.	Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta en la interacción de A x B.	47
Cuadro 20.	Análisis de varianza para tamaño de raíz en el cultivo de quinua.	48

Cuadro 21.	Prueba de Tukey al 5% para tamaño de raíz según el sistemas de labranza	49
Cuadro 22.	Análisis de varianza para los días a la cosecha	50
Cuadro 23.	Prueba de Tukey al 5% para los días a la cosecha, según el sistema de labranza.	51
Cuadro 24.	Prueba de Tukey al 5% para los días a la cosecha en la interacción de A*B.	51
Cuadro 25.	Análisis de varianza para rendimiento de grano por hectárea.	52
Cuadro 26.	Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por hectárea según el sistema de labranza.	53
Cuadro 27.	Rendimiento de grano por hectárea para el cultivo de quinua según el método de siembra.	53
Cuadro 28.	Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por ha.	54
Cuadro 29.	Cálculo de costos variables de los tratamientos por hectárea	55
Cuadro 30.	Presupuesto parcial y beneficio neto de los tratamientos por hectárea	56
Cuadro 31.	Análisis de dominancia para los tratamientos	56
Cuadro 32.	Tasa de retorno marginal entre tratamientos	57

Lista de Gráficos

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG.
Gráfico 1	Porcentaje de emergencia, según el sistema de labranza.	42
Gráfico 2	Días al panojamiento según el sistema de labranza.	43
Gráfico 3	Tamaño de la panoja (cm) en quinua según el sistema de labranza.	44
Gráfico 4	Altura a la madurez fisiológica (cm) en el cultivo de quinua según el sistema de labranza.	46
Gráfico 5	Altura de planta para el cultivo de quinua según los métodos de siembra.	47
Gráfico 6	Altura de planta para el cultivo de quinua, para la interacción de A*B.	47
Gráfico 7	Tamaño de raíz según el sistema de labranza.	49
Gráfico 8	Días a la cosecha, según el sistema de labranza.	51
Gráfico 9	Días a la cosecha, para la interacción de A*B.	52
Gráfico 10	Rendimiento de grano por hectárea según el sistema de labranza.	53
Gráfico 11	Rendimiento de grano por hectárea para el cultivo de quinua, según el método de siembra.	54
Gráfico 12	Rendimiento por hectárea para el cultivo de quinua en la interacción de A*B.	54

Lista de Anexos

Nº	DESCRIPCIÓN	PÁG
Anexo 1	Porcentaje de emergencia de la quinua (cm).	68
Anexo 2	Días al panojamiento en el cultivo de quinua (días).	68
Anexo 3	Tamaño de la panoja (cm) .	69
Anexo 4	Altura de planta para el cultivo de quinua (cm).	69
Anexo 5	Tamaño de raíz para el cultivo de quinua (cm).	70
Anexo 6	Días a la cosecha en el cultivo de quinua (días).	70
Anexo 7	Rendimiento por hectárea (Kg)	71
Anexo 8	Preparación del suelo, laboreo.	71
Anexo 9	Surcado manual de los tratamientos.	71
Anexo 10	Medición del trazado de las parcelas experimentales.	72
Anexo 11	Desinfección del suelo.	72
Anexo 12	Siembra de los tratamientos en estudio	72
Anexo 13	Emergencia	73
Anexo 14	Fertilización foliar	73
Anexo 15	Cultivo de quinua a los 30 días.	73
Anexo 16	Cultivo de quinua a los 45 días	74
Anexo 17	Deshierba de los tratamientos.	74
Anexo 18	Tratamientos a los 74 días.	74
Anexo 19	Aporque de los tratamientos.	75
Anexo 20	Tratamiento a los 90 días.	75
Anexo 21	Tratamientos a los 120 días.	75
Anexo 22	Cosecha de los tratamientos.	76
Anexo 23	Emparvado de los tratamientos.	76

Anexo 24 Trilla manual de los tratamientos.

77

I. EFECTO DEL LABOREO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Wild.), BAJO DOS SISTEMAS DE SIEMBRA EN LA PARROQUIA SANTIAGO DE QUITO, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

II. INTRODUCCIÓN

La quinua es un producto nativo de Sudamérica, muy arraigado a la cultura de los nativos en su alimentación y que en las últimas décadas fue perdiendo fuerza en cuanto a su consumo en los países que lo producían debido al cambio cultural y social que causó especialmente la conquista española en la región y el Ecuador no fue la excepción.

Afortunadamente un esfuerzo conjunto de instituciones gubernamentales y privadas ha permitido recuperar de manera paulatina este cultivo. En los últimos años el interés por la quinua se ha incrementado, dadas las características nutricionales excepcionales de esta para el ser humano.

Este interés se ha extendido al punto de llegar a ser política gubernamental con el fin de alcanzar el buen vivir establecido en la constitución vigente desde el año 2008 en el Ecuador.

El IV Congreso Mundial de la Quinua y I Simposio de Granos Andinos fue un espacio en el que los expertos destacaron la tecnificación del cultivo el mismo que será, desde el presente y en el futuro, el alimento de Latinoamérica y el mundo. Sus propiedades son aptas para todo tipo de dieta, incluso para reemplazar al arroz blanco (www.fao.org).

El altiplano boliviano, con un área sembrada de 104 000 ha, es el principal cultivador mundial de quinua. El segundo país productor, con una superficie cultivada de 55 000 ha en las que se producen más de 41 000 t al año, es Perú. En Ecuador, unas 2700ha se dedican a la producción de quinua y, en Colombia, unas 700 ha, casi todas al sur de Nariño(<http://es.wikipedia.org>).

El Gobierno ha proyectado sembrar 3500 Ha de quinua en la provincia de Chimborazo repartido en sus Cantones, entre estos Colta, es uno de los lugares que más productividad presenta según el MAGAP, a pesar de que el suelo en varias comunidades no disponen de riego, están únicamente a expensas de la lluvia.

En la provincia de Chimborazo existen amplias extensiones que presentan un alto nivel de erosión tanto eólico como hídrico, pero este desgaste del suelo también es provocado por las prácticas tradicionales de laboreo antes de la siembra. La combinación de estos factores ha dado como resultado suelos con bajos niveles de elementos minerales y orgánicos que no abastecen las necesidades nutricionales de la quinua para una producción óptima que le de rentabilidad al pequeño y mediano agricultor.

Esta problemática nos obliga a investigar sobre alternativas de sistemas de laboreo y métodos de siembra que nos permitan mantener una buena calidad del suelo, como también una buena salud del cultivo, lo que conlleva a obtener niveles óptimos de producción.

Por las razones citadas, para esta investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Evaluar la calidad del suelo (propiedades físicas, químicas y biológicas) con relación a los sistemas de laboreo y métodos de siembra utilizadas en el cultivo de quinua (***Chenopodium quinoa* Wild.**).
- b) Determinar el mejor sistema de labranza y método de siembra en la producción de quinua.
- c) Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. EFECTO

Aquello que se produce por una causa, el resultado. Con origen en el término latino *effectus*, la palabra efecto presenta una amplia variedad de significados y usos, muchos de ellos vinculados a la experimentación de carácter científico. Su acepción principal presenta al efecto como a aquello que se consigue como consecuencia de una causa. El vínculo entre una causa y su efecto se conoce como causalidad (Disponible en <http://definicion.de/efecto/>).

Sobre la necesidad inevitable de ocurrencia del efecto con respecto a la causa, difieren los antiguos griegos que los consideraban inexorablemente unidos a ellas, de las nuevas concepciones empiristas que sostienen que producida la causa es solo probable que acontezca el efecto, pues puede suceder que experiencias futuras demuestren otra cosa (<http://deconceptos.com>).

B. LABOREO

1. Definición

La labranza o laboreo consiste en la remoción de la capa vegetal del suelo, que se realiza antes de la siembra, para facilitar la germinación de las semillas, el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas. Así mismo permite el control de maleza y se busca mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO. 2013).

La finalidad última del laboreo es favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos. El laboreo puede aumentar el potencial productivo del suelo, favoreciendo su estabilidad y estructuración con lo que se mejora sus propiedades físicas (humedad, aireación, temperatura) y se aumenta la profundidad de enraizamiento (<http://granjaescuelalailusion.wordpress.com>).

El laboreo además elimina la competencia con otras plantas, prepara un lecho de siembra más favorable a la germinación de las semillas. La invasión de las adventicias son síntomas y no causa de un problema. Generalmente se trata de una técnica cultural mal aplicada, como

pueden ser el tipo de laboreo, las aportaciones de estiércoles frescos, una rotación corta, trabajar el suelo sin estar “en tempero”, etc. (<http://granjaescuelalailusion.wordpress.com>).

2. Sistemas de laboreo

La quinua es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos de Sudamérica (ORSAG, 2010).

Su grano se caracteriza por tener un alto valor nutricional gracias a que contiene importantes proteínas y aminoácidos (muy por encima que otros cereales como trigo, arroz). Esta situación ha provocado un interés y demanda en el mercado internacional con precios muy atractivos para los productores, incrementando de las áreas de cultivo con ayuda de la mecanización del agro, es por ello que se identifica dos tipos de labranza como los más importantes:

- Sistema convencional o tradicional (Manejo indiscriminado del suelo).
- Sistema conservacionista (Labranza mínima y labranza cero) (ORSAG, 2010).

3. Laboreo tradicional

La labranza tradicional o convencional es aquella en la cual se invierte el perfil de suelo y se utilizan de manera intensiva equipos como el arado de discos, el arado de vertedera, el arado rotatorio (rotavator) y las rastras de discos. Esta concepción durante muchos años resulto obvia por varias razones: los suelos endurecidos y compactos dificultan la siembra y el desarrollo de las raíces del cultivo, las malezas compiten con el cultivo; y prácticamente todos los agricultores realizaban sistemas similares de labranza convencional, usando los implementos que ofrecía el mercado, por lo cual no había un punto de comparación (LEIVA, 2005).

4. Laboreo de conservación

Este laboreo consiste en distintas operaciones mecánicas realizadas en los horizontes superficiales del perfil con el objeto de propiciar un mejor crecimiento y desarrollo de las

plantas cultivadas. De actuar positivamente, debe conseguir la utilización eficaz y la administración correcta de los recursos básicos de la producción agrícola (CERRILLO, 2003).

El laboreo supone la modificación de las propiedades físicas de los suelos que afecta su fertilidad. Esta alteración actúa directamente sobre la estructura de los horizontes superficiales incidiendo a su vez en el comportamiento hídrico de los mismos (CERRILLO, 2003).

El laboreo de conservación se define como el conjunto de prácticas con las cuales queda cubierta la superficie del suelo al menos en un 30% de residuos (CERRILLO, 2003).

5. Labranza mínima.

Actualmente la labranza convencional con maquinaria agrícola para el cultivo de quinua permite una alteración marcada del suelo y un incremento de su susceptibilidad a la erosión por acción de viento y agua (FOBOMADE, 2012).

El sistema de labranza mínima es el laboreo anterior a la siembra con un mínimo de pasadas de maquinaria anterior a su corte (rastra, rastra doble, rastra de dientes, cultivador de campo). Se provoca la aireación del suelo, pero hay menos inversión y mezclado de éste (FOBOMADE, 2012).

En la labranza mínima o reducida se disminuye la intensidad de la preparación y se evita la inversión del perfil del suelo con el fin de contribuir a su conservación y a reducir costos. La labranza reducida es más económica que la labranza convencional; consiste en eliminar el paso de arados de discos, de vertedera o de rotovators, reducir pases de rastras o rastrillos, preparar únicamente franjas adyacentes al sitio donde se deposita la semilla y combinar operaciones de rastrillada y nivelación o de siembra y fertilización son prácticas que conducen al ahorro de costos. En la labranza reducida se deja cierta cobertura y por consiguiente se prefiere el uso de equipos que no invierten el suelo, como los arados de cincel (FOBOMADE, 2012).

El empleo del sistema conservacionista en el laboreo mínimo tiene como objetivos: el almacenamiento de agua en el perfil del suelo, la prevención de la erosión eólica, la

acumulación de la fertilidad del suelo y el mejor uso de la energía de tracción (PUIGNAU, 2001).

6. Labranza cero

La siembra directa o labranza cero, elimina las operaciones con arados y rastrillos, y coloca la semilla directamente en el suelo sin retirar la cobertura vegetal. Actualmente se cuenta con equipos especializados tanto para la agricultura campesina como para la agricultura mecanizada (LEIVA, 2005).

Con la siembra directa se pueden conseguir buena parte de los requisitos para una cama adecuada. Dado que la presencia de residuos en superficie es superior al conseguido con la labranza reducida, los beneficios mencionados son superiores, pero así mismo los limitantes en cuanto a posibles dificultades para la siembra, y excesos de humedad en el suelo. Al no existir preparación mecánica como tal, el control de malezas debe realizarse con equipos como desbrozadoras, corta malezas o bien con el uso de químicos de síntesis (desecantes o herbicidas) (LEIVA, 2005).

En esencia, la labranza cero parte del principio general de mantener los rastros y remover el suelo lo menos posible. De esta forma, se almacena el CO₂ en el suelo; se evita la pérdida de materia orgánica por oxigenación; se conservan las propiedades físicas, químicas y biológicas; y se minimiza o evita la erosión del suelo; además, recuperan nutrientes al evitarse el laboreo tradicional. De esta forma, se reducen los costos de producción y se incrementa la productividad por unidad de superficie sembrada (DIAZ, 2010).

7. Aperos para el laboreo

El laboreo tiene un efecto directo en el suelo ya que facilita las labores a través del control mecánico de malezas, en la formación de superficies (camellones, nivelado) y en la cosecha del producto (FAO, 2013).

Cada implemento de labranza realiza operaciones específicas, su conocimiento y la disponibilidad del equipo adecuado permitirán limitar la intervención al mínimo necesario. Algunas operaciones del segundo grupo no se pueden evitar, pero la mayoría de las operaciones del primer grupo no es necesaria para la agricultura; esto es especialmente válido para la operación de voltear, que es precisamente la intervención más drástica en el suelo (FAO, 2013).

En la actualidad el cultivo de quinua se ha implementado de manera casi continua (monocultivo), con arado de discos en grandes extensiones y disminución de los periodos de descanso (FAO, 2013).

C. PRODUCCIÓN

Se denomina producción agrícola al resultado de la práctica de la agricultura. Es la actividad de cultivar la tierra englobando conocimientos y técnicas, que conforman un conjunto, objeto de estudio de la ciencia de la agronomía. La agricultura es una actividad primaria dentro de la economía porque trabaja con materias primas. En este sentido, la agricultura transforma el ambiente natural, a partir de acciones humanas destinadas a prácticas de tratamiento de suelo, así como de cultivos (<http://definicion.mx/produccion-agricola>). INIAP, 2012 reportó un promedio de producción de 2000kg/ha para la quinua variedad Tunkahuan, Y Según (MAGAP, 2014) el rendimiento en Kg/ha para el cultivo de quinua es de 1500Kg/ha.

D. CALIDAD DEL SUELO

Las propiedades particulares de cada unidad de suelo, como puede ser profundidad, textura, estructura, capacidad de intercambio catiónico entre otras, determinan la capacidad de los suelos en cumplir con una o más funciones del ecosistema. La función del suelo más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. Sin embargo cumple con otras funciones igualmente trascendentes, como la construcción de un medio poroso y permeable apto para la regulación del sistema hidrológico, influyendo así en la retención, pérdida de agua, su contaminación y purificación (SANCHEZ, 2005).

1. Definición

Es la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico (generado por el hombre), para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la contaminación del agua y del aire, favorecer la salud y la habitación del hombre. Enfoca en forma integral los efectos que pueden tener sobre el suelo los diferentes usos y las actividades tecnológicas (erosión, salinización, acidificación, pérdida de materia orgánica, contaminación química). Lo novedoso de este concepto es que calidad aquí no es sinónimo de producir, es decir el suelo de mejor calidad es el que produce cultivos de alta calidad, sino se considera al suelo como parte del sistema ecológico, en el cual interactúa y afecta a otras partes. Calidad entonces es la capacidad de producir sin resultar degradado o sin perjudicar al ambiente. La salud de un suelo se determina por la evaluación a través del tiempo de su calidad (GREGORICH, 1995).

2. Propiedades físicas del suelo

Como se ha explicado, el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color (www.peruecologico.com).

a. La textura

La textura del suelo es la proporción en la que se encuentran distribuidas variadas partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en 3 grupos básicos que son: la arena, el limo y las arcillas, de estas partículas las más pequeñas son la arcilla y se clasifican por el USDA como las de diámetros menores de 0,002 mm. Le siguen las partículas limo con diámetros entre 0,002 y 0,05 mm. Y las más grandes son la arena con tamaño de las partículas mayores a 0,05 mm. (<http://es.wikipedia.org>).

b. La estructura

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos) (FAO, 2001).

c. La consistencia

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos mojados, se expresa como adhesividad y plasticidad. La consistencia del suelo puede estimarse en el campo mediante ensayos sencillos, o medirse con mayor exactitud en el laboratorio (www.peruecologico.com).

d. La densidad

Se refiere al peso por volumen del suelo, y está en relación a la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y menos denso será el suelo (www.peruecologico.com).

e. La aireación

La aireación del suelo se refiere al abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los microorganismos y de las raíces de las plantas que posee el suelo. En otras palabras, es el cambio que se produce entre los gases del suelo y los gases de la atmósfera (<http://araucarias.blogspot.com>).

f. La temperatura

La temperatura del suelo es importante porque determina la distribución de las plantas e influye en los procesos bióticos y químicos. Cada planta tiene sus requerimientos especiales. Por encima de 5° C es posible la germinación (www.peruecologico.com).

g. El color

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso (<http://sian.inia.gob.ve>).

1. Propiedades químicas del suelo**a. Definición**

Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macro nutrientes (N, P, K,) y micro nutrientes (Fe, Mn, Co, B, MO, Cl) para las plantas o por dotar al suelo de diferentes características (carbono orgánico, calcio, hierro) en diferentes estados (www.sap.uchile.cl).

Son aquellas que nos permiten reconocer ciertas cualidades del suelo cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición y acción de los mismos. Las principales son:

- La materia orgánica
- La fertilidad
- La acidez-alcalinidad (www.sap.uchile.cl).

b. Materia orgánica

Son los residuos de plantas y animales descompuestos, que mejora las condiciones del suelo para un buen desarrollo de los cultivos. De la materia orgánica depende la buena constitución de los suelos un suelo de consistencia demasiada suelta (Suelo arenoso) se puede mejorar haciendo aplicaciones de materia orgánica (Compost), así mismo un suelo demasiado pesado (suelo arcilloso) se mejora haciéndolo más suave y liviano mediante aplicación de materia orgánica (www.sap.uchile.cl).

c. Fertilidad

Es una propiedad que se refiere a la cantidad de alimentos que pasan es decir, a la cantidad de nutrientes, estos nutrientes son Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) (www.academia.edu).

d. pH.

La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones (H^+), en el suelo los hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio (www.academia.edu).

e. CIC

Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, de acuerdo a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC (<http://es.wikipedia.org>).

f. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad de un material para dejar pasar libremente la corriente eléctrica. Los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles, y esto permite su movimiento (<http://es.wikipedia.org>).

2. Propiedades biológicas del suelo

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad (<http://edafologia.ugr.es>).

E. MÉTODOS DE SIEMBRA

1. Siembra en surco a chorro continuo

Se siembra directamente en el surco una cantidad constante de semillas, que posteriormente en algunos cultivos deberá aclararse para que las plantas puedan crecer bien. En otros casos se deja crecer espontáneamente y no hace falta aclarar. Muchas leguminosas o cereales se siembran utilizando esta técnica (BOTANICAL, 2013).

2. Siembra espaciada o a golpe

Es una manera de sembrar en surcos pero dejando una distancia considerable entre una semilla y otra o entre dos grupos de semillas. La distancia puede oscilar entre los 30 y los 80cm. Es una técnica que garantiza el uso más eficaz de las semillas y, al mismo tiempo, evita o restringe el aclarado posterior (BOTANICAL, 2013).

F. CULTIVO DE QUINUA

1. Origen y distribución

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (CÁRDENAS, 1944).

GANDARILLAS 1979, indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

La región Andina corresponde a uno de los grandes centros de origen de las especies cultivadas (LESCANO, 1994), y dentro de ella se encuentran diferentes subcentros. Según LESCANO, 1994 en el caso de la quinua se identifican cuatro grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano y nivel del mar, los que presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes.

En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua, (ROJAS 2003) ha determinado seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí.

2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: Chenopodium

Especie: C. quinoa

Fuente: MUJICA, 1999

3. Descriptores de interés morfológico y agronómico.

Habito de crecimiento:	Erecto
Tipo de raíz:	Pivotante
Tipo de ramificación:	Sencillo ó ramificado
Forma del tallo:	Redondo con aristas
Color del tallo juvenil:	Verde claro
Forma de la hoja:	Triangular
Tamaño de hoja:	Grande
Borde de la hoja:	Ondulado y dentado
Axila de hoja:	No pigmentada
Color de la panoja en flor:	Rosado
Color de la panoja adulta:	Rosado-amarilla
Tamaño de panoja:	Glomerular

Color de grano seco:	Blanco
Forma de grano:	Redondo aplanado
Peso de 1000 granos:	2.9 a 3.0gr
Altura de planta:	90 a 180
Días al panojamiento:	70 a 110
Días a la floración:	90 a 130
Días a la cosecha en seco:	150 a 210
Adaptación:	2200 a 3200 m.

Fuente: PERALTA, 2009.

4. Descripción Botánica

Chenopodium quinoa Willdenow corresponde a una planta anual herbácea comúnmente llamada quinoa, quinua, kinoa; pertenece a la familia de las Chenopodaceas, tiene un período vegetativo de 5 a 8 meses y en condiciones óptimas puede llegar a medir 2.5 metros de altura. Tiene raíz pivotante. El tallo es de sección circular cercano a la raíz y es angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. Puede presentar un solo tallo o además tallos secundarios. Las hojas son polimorfas dentro de la misma planta y contienen células muy ricas en oxalato de calcio, compuesto que se cree favorece la absorción y retención de humedad. Su inflorescencia corresponde a una panícula compuesta (panoja), que puede ser laxa o compacta dependiendo del genotipo (TAPIA, 1997).

Su fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5% (GALLARDO, 1997).

Su período vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2600 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4.5 hasta alcalinos con pH de 9.0, sus semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar (MUJICA, 1988).

MIRANDA, 2006 afirma que el alargamiento de la raíz principal y la extensión de las raíces secundarias benefician al sostén y establecimiento de la planta en lugares descubiertos como las zonas de planicie donde se cultiva la Quinoa, donde se tiene una raíz de una profundidad de 30 cm en suelos arenosos como los que existen en la zona andina de nuestra región.

5. Fases fenológicas del ciclo de cultivo.

La duración de las fases fenológicas depende mucho de las condiciones edáficas y factores medio ambientales de la zona de cultivo, y que se presenta en cada campaña agrícola. Las distintas fases de la quinua se encuentran detalladas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Fases fisiológicas de la quinua.

Emergencia	Esta etapa se desarrolla durante la segunda semana después de la siembra y es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales (SEPHU, 2014). MUJICA, 1999 manifiesta que el porcentaje de emergencia depende de las condiciones óptimas de humedad, temperatura y materia orgánica del suelo que satisfagan las necesidades del cultivo, así como una semilla de calidad.
Dos hojas verdaderas	Es cuando dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma lanceolada y se encuentran en la yema apical el siguiente par de hojas, ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido en las raíces (SEPHU, 2010).

<p>Cuatro a seis hojas verdaderas</p>	<p>A los 25/30 días de la siembra se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del ápice y el inicio de formación de yemas axilares (SEPHU, 2010).</p>
<p>Ramificación</p>	<p>Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra. Durante esta fase se efectúa el aporque y el abonado orgánico complementario (SEPHU, 2010).</p>
<p>Inicio y desarrollo del panojamiento</p>	<p>La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observado alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus 3/4 partes; ello puede ocurrir aproximadamente a los 55 a 60 días desde la siembra (SEPHU, 2010). De acuerdo a lo manifestado por (PERALTA, 2009) en la variedad Tunkahuan el panojamiento se presenta entre 70 a 110 días dependiendo de la altitud en la que se cultiva. MUJICA, 1986 señala que el panojamiento ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra en términos generales.</p>
<p>Inicio de Floración y Floración</p>	<p>RAFFAUT 2000, señala que los días a la floración en el cultivo se puede dar de los 100 a 130 días después de la emergencia.</p>
<p>Grano lechoso o Pastoso</p>	<p>El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente el llenado del grano, especialmente en suelos franco-arenoso), pero en suelos franco arcilloso el llenado es más normal debido a la mayor retención de humedad (SEPHU, 2010).</p>

<p>Madurez fisiológica</p>	<p>Es cuando el grano formado, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 160 a 180 días después de la siembra, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano. Así mismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta (SEPHU, 2010).</p> <p>(INIAP, 2010) en un informe realizado sobre la quinua en la variedad tunkahuan, señala que los días a la cosecha en seco va de 150 a 210 días</p>
-----------------------------------	--

a) Requerimientos del cultivo

Prefiere suelo franco con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes con suelos neutros aunque se le suele cultivar en suelos alcalinos (hasta pH 9) y ácidos (hasta pH 4.5). Requiere climas desérticos, calurosos y secos, fríos y secos, templados y lluviosos, calurosos con mayor humedad relativa y zonas de cordilleras de grandes altitudes. Para cada clima existen variedades o eco tipos adecuados (FAO, LABRANZA EN LA AGRICULTURA, 2013).

MUJICA.1999 señala que la quinua prefiere los franco-arenosos con buen drenaje, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno

En cuanto al agua es eficiente en su uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos fisiológicos que le permiten escapar al déficit de humedad, tolerar y resistir la falta de humedad del suelo. La temperatura óptima para la planta está alrededor de 15- 20°C, sin embargo soporta temperaturas extremas desde 38°C a -8°C. Soporta radiaciones extremas que le permite compensar las horas calor necesarias para cumplir con su período vegetativo y productivo y finalmente, crece desde el nivel del mar hasta cerca de los 4,000 metros (FAO, LABRANZA EN LA AGRICULTURA, 2013).

IGNACIO 2013, sostiene que un cierto grado de compactación es necesario alrededor de la semilla cuando germina, para facilitar el aprovechamiento de la humedad del suelo. Pero al formar estratos compactos por debajo de la semilla se presentan problemas en el crecimiento

radicular, distorsionando las raíces. Se ha comprobado que en los suelos compactos la dificultad de penetración tiene relación con el desarrollo de la planta y este es uno de los problemas que se presentó en el área de investigación debido a las malas prácticas que se vienen aplicando en el sector que en el transcurso de los años ha provocado una compactación en el terreno.

b) Zonificación

Principalmente el Sector sierra del Ecuador y localidades ubicadas entre 2200 y 3400 metros sobre el nivel del mar (PERALTA, 2009).

c) Fertilización

Consiste en corregir la fertilidad química del suelo. La dosis recomendada para la región altiplánica es de 80-40-00. Se considera los suelos como bajos en nitrógeno y fosforo pero ricos en Potasio, por esa razón no es recomendable fertilizar con Potasio. La cantidad a aplicar de nutrientes dependerá de la fuente de abono orgánico que se disponga en el predio. El momento de aplicación es recomendable en el momento de la preparación de suelos y la otra parte después del deshierbo y antes del aporque para su mejor aprovechamiento de la planta de los nutrientes, pero el principal aporte no es nutrientes sino la corrección de las características físicas del suelos como son textura, estructura, retención de agua, y otros (CALLA, 2012).

d) Siembra y densidad poblacional

Época de siembra:	Diciembre a marzo
Cantidad de semilla por hectárea:	6 a 8 kg
Distancia entre surcos :	Chorro continuo
Sistema de siembra:	20 cm a un costado del surco

Fuente: PERALTA, 2009

e) **Aporques y deshierbas**

En las primeras etapas de crecimiento la quinua carece de fuerza suficiente para competir con las malezas, algunas de éstas pueden superarla en crecimiento. Se debe realizar periódicamente el control de malezas, especialmente en los primeros 20 días posteriores a la plantación del cultivo (BOLIVIA, 2013).

f) **Control de plagas y enfermedades**

Cuadro 2. Principales plagas que atacan el cultivo de quinua.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE DAÑO
Noctuidae	Agrotis spp	Trozador	Mastican el tallo y brotes tiernos de la planta
Noctuidae	Copitarsia spp	Defoliador	Mastican las hojas y brotes tiernos
Crisomelidae	Diabrotica spp	Vaquita	Mastican las hojas y brotes tiernos
Miridae	Lygus spp	Chinches	Perforan granos tiernos

Fuente: FIALLO, 1987

g) **Control de enfermedades**

Este es un aspecto a tomar en cuenta en el manejo integrado de Quinua, es decir conocer al insecto plaga en campo tanto en la forma, como se comporta, los daños que causa y las condiciones ecológicas para su presencia (<http://www.agrobanco.com.pe>).

La plaga clave que ataca al cultivo de quinua es: *Eurysacca quinoa* Povolny “Kona Kona”. Esta plaga ataca en el estadio de larva y el órgano afectado son las panojas de la quinua, moliendo los granos y estos se pueden apreciar en el suelo al pie de cada tallo (<http://www.agrobanco.com.pe>).

h) **Cosecha**

La cosecha de quinua debe realizarse con la debida oportunidad para evitar no solo las pérdidas por efectos adversos del clima y ataque de aves sino, el deterioro de la calidad del

grano. Si a la madurez del cultivo hay un período de humedad ambiental alta (superior al 70%), se produce la germinación de los granos en la panoja, con la consiguiente pérdida de la cosecha o por lo menos se produce una oxidación o cambio de color de los granos, con la consiguiente pérdida de la calidad de la cosecha (VIMOS, 1992).

i) Siega

En Bolivia y Ecuador se realiza la siega de las plantas con una hoz, lo que provoca una disminución de grano contaminado, menor pérdida y tiempo de cosecha. Un sistema mejorado de cosecha de quinua consiste en la utilización de trilladoras estacionarias (SORIA, 1991).

j) Emparvado

Como las plantas fueron segadas en madurez fisiológica es necesario que estas pierdan aún agua para la trilla, por ello se efectúa el emparvado o formación de arcos, que consiste en formar pequeños montículos con las panojas, ordenándolas y colocando en forma de pilas alargadas o redondas, debiendo estar las panojas en un solo sentido si es alargado, pero si se da la forma redonda se colocan las inflorescencias en forma circular con la panoja hacia el centro, luego se protege con paja o plásticos para evitar humedecimiento por efectos de las lluvias, granizadas o nevadas extemporáneas que pueden caer y por ende malograr el grano produciendo amarillamiento, pudriciones o fermentación, lo cual acarrea pérdida de la calidad del grano (<http://www.rlc.fao.org>).

k) Trilla

Extracción del grano mediante frotación de las panojas o por el golpeado de las mismas, con palos curvos denominados 'huajtanas', o bien por el pisado con rodillos de piedra o vehículos (FAO, 2001).

l) Secado del grano

Luego de la trilla es conveniente procesar el grano, previo al almacenamiento o la comercialización. Se debe proceder al secado, el mismo que puede realizarse al sol o con secadoras convencionales. La eliminación de impurezas (restos de hojas, brácteas o cubiertas de la semilla) es conveniente realizar para mejorar la calidad del producto (NIETO, 1991).

m) Almacenamiento

Los granos se deben conservar en las condiciones apropiadas para garantizar su calidad sanitaria y organoléptica. La degradación de los granos en almacenamiento se ve afectada por la combinación de factores como temperatura, humedad y contenido de oxígeno, y por otro lado se ve afectado por microorganismos, insectos, aves y roedores.

Los formas de almacenamiento de los granos son básicamente dos: en sacos, al aire libre o en almacenes, y a granel, en granos silos de diversa capacidad, sin olvidar una buena aireación para evitar el daño del grano (MEIHUAY, 2013).

n) Rendimiento

MUJICA, 1983 señala que el potencial de rendimiento de grano de la quinua alcanza a 11 t/ha, sin embargo, la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está alrededor de 6 t/ha, en promedio y con adecuadas condiciones de cultivo (suelo, humedad, clima, fertilización y labores culturales oportunas), se obtiene rendimientos de 3.5 t /ha. En condiciones actuales del altiplano peruano-boliviano con minifundio, con escasa precipitación pluvial, terrenos marginales, sin fertilización, la producción promedio no sobrepasa de 0.85 t/ha, mientras que en los valles interandinos es de 1.5 t/ha.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Troje Pardo, parroquia Santiago de Quito, en el cantón Colta, provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica.¹

- a. Altitud:** 3300 n.s.n.m.
- b. Latitud:** 1°43'22" S
- c. Longitud:** 78° 45'31"W

3. Situación climática.¹

- a. Temperatura máxima:** 18 °C
- b. Temperatura mínima:** 6°C
- c. Temperatura media anual:** 14.5 °C
- d. Precipitación media anual:** 1000mm
- e. Humedad relativa:** 73%

4. Zona de vida.

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida de L. Holdrige, el sitio corresponde a la formación de Bosque húmedo Montano (b.h.M).

¹Fuente: www.municipiodecolta.gob.ec

5. Características de suelo

a) **Características Físicas¹**

Textura : Franco limosa

Estructura : Suelta

Topografía : Plana (2-3%)

Drenaje : Bueno

b) **Características químicas¹**

Materia orgánica : 1.1% Bajo

pH : 6.7 Neutro

Densidad Aparente : 1.5gr/cc

Conductividad eléctrica: 156.6 uS

NH₄ : 7.6 mg/L Baja

Fosforo : 55.8 mg/L Alto

Potasio : 740.7 mg/L Alto

¹Departamento de suelos, Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH. Análisis de suelo 2013.

B. MATERIALES

1. Materiales de oficina

Computadora, hojas, carpeta, impresora, esferos, perfil.

2. Materiales de campo

Barreno, balde, fundas plásticas, tarjetas, masqui, marcadores, rótulos, tractor, cinta métrica, estacas, piolas, azada, humus de lombriz, semillas de quinua, plásticos de colores, palillos, bomba de mochila, libreta de campo, regla, lápiz, cámara fotográfica, hoz, balanza, penetrometro, GPS, barreno, clinómetro.

3. Material experimental

Semilla de quinua, variedad INIAP – Tunkahuan.

4. Materiales de laboratorio

Cajas Petri, papel filtro, germinador, balanza, equipo de laboratorio.

C. FACTORES EN ESTUDIO

1. Factor A: Sistemas de labranza

A1 = Labranza tradicional

A2 = Labranza mínima

A3 = Labranza cero

2. Factor B: Métodos de siembra

B1 = Línea a chorro continuo

B2 = Siembra a golpe.

3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio resultan de la combinación del factor A \times B teniendo seis tratamientos con cuatro repeticiones en arreglo bifactorial en parcela dividida.

4. Descripción de los tratamientos

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos del ensayo.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA SIEMBRA
T1	A1B1	LABRANZA TRADICIONAL+ SIEMBRA EN LINEA
T2	A2B1	LABRANZA MÍNIMA+ SIEMBRA EN LINEA
T3	A3B1	LABRANZA CERO+SIEMBRA EN LINEA
T4	A1B2	LABRANZA TRADICIONAL + SIEMBRA A GOLPE
T5	A2B2	LABRANZA MÍNIMO+ SIEMBRA A GOLPE
T6	A3B2	LABRANZA CERO+ SIEMBRA A GOLPE

5. Especificaciones del campo experimental

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Forma de parcela	Rectangular
Largo	10 m
Ancho	40 m
Área de la unidad experimental	8 m ²
Área neta de la unidad experimental	4.8 m ²
Área del ensayo	400m ²
Número de tratamientos	6

Número de repeticiones 3

Espacio entre unidad experimental 1

Densidad de siembra en línea

Distancia entre hileras 0.60m

Distancia entre plantas 0.1m

Densidad de siembra por mateo:

Distancia entre hileras 060 m

Distancia entre golpes 0.40 m

6. Esquema del análisis de varianza

A continuación se indica el respectivo esquema del análisis de varianza en el cuadro 4.

Cuadro 4. Esquema de análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Repeticiones	3
Factor A (Sistemas de laboreo)	2
Factor B (Métodos de Siembra)	1
Interacción de A*B	2
Error total	15
Total	23

7. Tipos de análisis

Se realizó lo que se detalla a continuación:

- a. Análisis de varianza para cada parámetro evaluado
- b. Coeficiente de varianza para cada parámetro evaluado
- c. Prueba de Tukey al 5% en los parámetros que presenta diferencia significativa.

d. Análisis económico según la metodología propuesta por Perrin et al.

D. DATOS REGISTRADOS EN EL CULTIVO

1. Porcentaje de emergencia

Se determinó el porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra. Para ello se contabilizó en número de plantas por metro lineal. En el método de siembra a golpe se contabilizó el número de plantas por golpe, en la parcela neta.

2. Tamaño de la panoja

El tamaño de la panoja principal se midió en cm. utilizando un flexometro, el tamaño de la panoja principal en 10 plantas al azar de la parcela neta a la madurez fisiológica del cultivo en cada uno de los tratamientos.

3. Días al panojamiento

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de plantas por tratamiento presentaron panoja.

4. Altura de planta

Se midió la altura de 10 plantas de la parcela neta y se expresó en cm. en cada uno de los tratamientos a la madurez fisiológica.

5. Tamaño de la raíz

Se midió el tamaño de la raíz en 10 plantas de la parcela neta al azar y se expresó en cm. al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos.

6. Días a la cosecha

Se determinó contabilizando los días desde la siembra hasta la cosecha en cada uno de los tratamientos.

7. Rendimiento de grano por parcela neta.

Después del proceso de la trilla y aventado se pesó el grano limpio obtenido en rendimiento en gramos por parcela neta.

8. Rendimiento por hectárea

El rendimiento en Kg/ha, se lo estimó mediante la siguiente ecuación matemática:

$$R = PCP \frac{10000 \frac{m^2}{ha}}{ANC m^2} \times \frac{100 - HC}{100 - HE} \quad (1)$$

- a. **R**= Rendimiento en Kilogramos por hectárea al 14% de humedad.
- b. **PcP** = Peso de campo por parcela en kilogramos
- c. **ANC** = Área neta cosechada en metros cuadrados.
- d. **HC**= Humedad de cosecha (%).
- e. **HE**= Humedad Estándar (14%).

Fuente: MONAR, C. 2005

9. Análisis económico

Se realizó por el método de Perrin .ed .at.

E. CALIDAD DE SUELO

1. Propiedades físicas

Los parámetros físicos se evaluaron antes de realizar las labores de preparación del suelo y posterior a la cosecha.

a. Textura

La textura se determinó en el laboratorio por el método del Hidrómetro o de Bouyducos, el procedimiento es el siguiente:

- 1) Pasar 50g de suelo seco al aire y tamizarlo a 2mm.para suelos de textura fina y para suelos arenosos pesar 100g.

- 2) Pasar el suelo a frascos plásticos de boca ancha. Agregar a 50ml de agua destilada.
- 3) Agregar 10ml de agente dispersante, mezclar, dejar en reposo por 24 horas.
- 4) Agregar 200 ml de agua. Agitar la suspensión, en un agitador mecánico horizontal, por 15 minutos.
- 5) Pasar la suspensión a cilindros de vidrio, tipo Bouyoucos, con dos marcas. Lavar los frascos con chorros de agua provenientes de una botella de lavar. Cuidar que no queden en el frasco partículas de suelo.
- 6) Completar el volumen de 1130ml si la muestra es de 50g , o de 1205 si es de 100g , con el hidrómetro sumergido.
- 7) Agitar vigorosamente la suspensión del cilindro, tapando con la palma de la mano, por espacio de un minuto.
- 8) Dejar sobre una rígida y efectuar la primera lectura a los 40 segundos. Si la suspensión hace espuma, agregar 2 o 3 gotas de alcohol amílico.
- 9) Tomar la lectura a las dos horas.

b. Estructura

La estructura se determinó en campo, para ello se realizó una calicata y se observó la distribución de los agregados del suelo.

c. Resistencia al corte

La resistencia al corte se determinó con la ayuda de un penetrómetro y se midió en kilo pascales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación de resistencia al corte del suelo

Resistencia a la penetración o corte	Rango (kp)
Muy resistente	Mayor a 4
Resistente	1-4
Moderadamente resistente	Menor a 1

Fuente: (ALTIERI Y NICHOLLS. 2000)

2. Propiedades químicas

Los parámetros químicos se evaluaron antes de las labores de preparación del suelo y posterior a la cosecha.

a. pH.

Se determinó el pH de las muestras de suelo en condiciones de laboratorio a través del método del electrodo con el equipo, marca Orión para las clases descriptivas de la calidad del suelo considerando el pH. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Colocar 10ml de muestra de suelo en un vaso de extracción.
2. Agregar 25-50ml de agua destilada y revolver durante 5 minutos, con una cuchara o mediante una varilla de vidrio.
3. Dejar reposar durante 20 o 30 minutos aproximadamente y revolver otra vez durante 5 minutos.
4. Medir el pH mientras se revuelve la muestra.

Fuente: (ALTIERI Y NICHOLLS, 2000)

Cuadro 6. Evaluación de pH en suelo.

Clases descriptivas pH	Rango (1-10)
pH menor 5.5 o más de 8.3 problemas por toxicidad por aluminio intercambiable y/o afectados por sales	< a 5
pH entre 5.5 a 6.4 o entres 7.3 a 8.3 disponibilidad moderada de nutrientes	5-7
pH entre 6.5 y 7.3 máxima disponibilidad de nutrientes	7-10

Fuente: ALTIERI Y NICHOLLS, 2000

b. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Se determinó la CIC en condiciones de laboratorio y se lo expresó en meq/100g de suelo en el equipo Jen May serie 4520.

Cuadro 7. Capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

Nivel	Interpretación (meq./100g)
Bajo	< a 7
Medio	7.1-15%
Alto	> 15%

Fuente: ALTIERI Y NICHOLLS. 2000

c. Contenido de materia orgánica (MO).

Se determinó el contenido de materia orgánica (MO) en condiciones de laboratorio y se lo expresó en porcentaje. En condiciones de laboratorio se realizó por el método de ignición con una muflla marca Fornace y con la metodología que se explica a continuación:

- 1) Encuéntrese el peso de un crisol de porcelana que este bien seco y con su tapa
- 2) Póngase en el crisol 5g de suelo, que ha sido secado en la estufa por 24 horas a 105 grados centígrados.
- 3) Póngase el crisol sin tapa en el horno Muffla. El crisol debe de identificarse por medio de una marca hecha con un punzón en su base la tapa se guarda debidamente identificada. No confundir las tapas.
- 4) Cúbrase el crisol con su tapa; pésese para controlar la pérdida de peso y exprese la pérdida de peso como porcentaje de materia orgánica por ignición en base al peso del suelo seco al horno.

d. Contenido de N-P-K

Se determinó el contenido de N-P-K en condiciones de laboratorio por el método Olsen, utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica (Baush-lomb) y se lo expresó en las respectivas unidades y se utiliza el siguiente procedimiento:

1. Para la determinación de fosforo

Pese con exactitud aproximadamente 2 g. de muestra en un crisol e incinere en la mufla a 550 a 600°C de 4 a 6 horas.

Enfríe el crisol con las cenizas en un desecador (por 20-30 minutos).

Lave las cenizas del crisol con un total de 40 ml. de solución de ácido clorhídrico 1:3, (lave 2 veces usando 2 porciones de 10ml del ácido cada vez, y lave una tercera vez usando los restantes 20 ml). Vacíe el contenido de los lavados en un vaso de precipitados de 250 ml, agregar de 6-8 gotas de ácido nítrico concentrado y calentar hasta ebullición.

Transfiera el contenido del vaso de precipitados a un matraz volumétrico de 100 ml, lave los residuos del vaso 3 veces con agua destilada (usando 15 ml cada vez) depositando los lavados en el matraz volumétrico.

Afore el matraz volumétrico hasta 100 ml usando agua destilada. Deje enfriar y en caso de que sea necesario vuelva a aforarlo con agua destilada.

Filtre el contenido del matraz de 100 ml. a un matraz de 200 ml., utilice un embudo de vidrio sobre el cual se haya colocado un papel filtro Whatman No.40. Afore con agua destilada y agite para homogenizar perfectamente el contenido.

De la solución anterior tome 10 ml. con una pipeta volumétrica y transfíralos a un matraz volumétrico de 50 ml.

Agregue 10 ml. de la solución de molibdovanadato de amonio; afore el matraz con agua destilada y espere 10 minutos antes de efectuar la lectura.

Lea en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 400 nm. ya sea en % de transmitancia o en densidad óptica.

Use la gráfica de papel milimétrico elaborada por su instructor utilice la lectura del paso 8 para determinar a qué concentración de fósforo (en miligramos) equivale dicha lectura.

Cálculos

1

$$\% \text{ de Fósforo} = \frac{\text{miligramos de fósforo} \times \text{aforo final}}{\text{Alícuota} \times \text{peso de muestra (en miligramos)}} \times 100$$

2. Para determinar nitrógeno

Hacer una curva calibrada tomando como punto alto la solución patrón de 10ppm. N, NH₄ y como cero la solución extractora para mayor facilidad en la curva de calibrado se colocan 5 vasos, numerados del 1 al 5.

- a) En el vaso N°1 colocar un volumen aproximado de 25ml de solución extractora.
- b) En el vaso N° colocamos igualmente 25ml de solución patrón de 10ppm N-NH₄
- c) Luego con una pipeta tomar 10ml del vaso N°1 y 10ml del vaso N°5 y colocarlos en el vaso N°3
- d) Luego con una pipeta de 5ml tomamos 5ml del vaso N°1 y colocamos en el vaso N°2
- e) Con la misma pipeta cogemos del vaso N°3 individualmente 5ml y lo colocamos en el vaso N°2 y 5 ml en el vaso N°4 y finalmente cogemos de : 0.0-2.5-5.0-7.5 y 10 ppmN-NH₄.
- f) Tomar de cada punto de la curva 2 ml, agregar 8ml, de Fenol básico y 10ml de NaCl; este mismo procedimiento se realiza con las muestras a las cuales se va a determinar Nitrógeno amoniacal. Dejar reposar por lo menos 1 hora sin exposición a la luz directa, para mantener el calor estable por más tiempo.
- g) Lea en el Espectrofotómetro la absorbancia con longitud de onda de 630nm; encerrando el equipo con el punto 0.0 de la curva.
- h) Calcular los resultados por simple regresión lineal ($Y=a+bX$), donde la variable X son las concentraciones y la variable Y las lecturas de la curva; para obtener los resultados de las muestras se reemplaza la lectura en la ecuación de regresión.

Cuando se realizan las disoluciones antes indicadas, las concentraciones para el elemento Nitrógeno amoniacal son 0.0-25-50-75 y 100ppm de NH₄. El factor de dilución 10 resulta de tomar 2.5 de suelo y añadir 25 de solución extractora, y si tenemos una concentración de 10ppm; obtenemos las concentraciones de la curva antes mencionada.

3. Para determinar potasio

Con una lámpara respectiva y todas las condiciones requeridas en completa orden ingresar los estándares: S2 0.50-S3 1 y S4 2meq/100g, estos valores resultan al utilizar las disoluciones 1:10 y 1:25 y las concentraciones de los estándares anteriormente indicados. Las transformaciones a meq/100 resultan dividiendo, las ppm para el peso equivalente por 10: ejemplo el S4 = $3.12 * 10 * 12 * 25 = 780 \text{ ppm}$, $S4 = 780 / 39 * 10 = 200 \text{ meq/100g}$.

Encerar el equipo con la solución estándar 1 y luego proceder a calibrar el instrumento con los estándares ingresados previamente, una vez calibrado realizar las lecturas de las muestras, las mismas que salen expresadas directamente en meq/100gr

Fuente: GUERRERO, 1978

4. Propiedades biológicas

Los parámetros biológicos se evaluaron antes de las labores de preparación del suelo y posterior a la cosecha.

Cuadro 8. Evaluación de propiedades biológicas en el suelo

Actividad biológica, clases descriptivas	Rangos de 1-10
No se observan invertebrados, lombrices ni túneles	1-3
Se ve muy pocos invertebrados lombrices y túneles	3-5
Presencia moderada de invertebrados, lombrices y túneles.	5-8
Alta presencia de invertebrados, lombrices y túneles	8-10

Fuente: BRADY AND RAY 1999

a) **Número de lombrices**

Se lo determinó realizando a través de lanzar un cuadrado de metal de un metro por lado que fue lanzado al azar dentro de la parcela experimental, posteriormente se realizó una calicata y se contaron el número de especies de lombrices existente en el suelo.

b) **Número de insectos en estado larval**

Se lo determinó realizando a través de lanzar un cuadrado de metal de un metro por lado que fue lanzado al azar dentro de la parcela experimental, posteriormente se realizó una calicata y se contaron el número de especies de insectos en estado larval existente en el suelo.

F. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL ENSAYO

1. **Preparación del suelo**

El área de la investigación estuvo dividida en tres tipos de laboreo:

- a. **Laboreo tradicional** Se realizó 2 pases de arado de discos, 2 pases de rastra fija y el surcado.
- b. **Labranza Mínima.** Se realizó 1 pase de rastra y el surcado
- c. **Labranza cero.** Se realizó solo el surcado.

2. **Tratamiento de semilla**

Se realizó la desinfección de la semilla de quinua, con la aplicación de *Trichoderma* al suelo en dosis de 2gr/lit de agua.

3. **Fertilización orgánica de base**

Se incorporó 400kg de abono bovino previo al surcado de los tratamientos.

4. **Siembra**

- a. **En línea** Se la realizó en surcos separados a 60 cm, a razón de 10kg /ha.
- b. **A golpe** Se sembró a 60 cm entre surcos y a 40 cm entre plantas tapados con 1.5cm de suelo suelto (Anexo 12).

5. Raleos

Los raleos se los realizó de manera conjunta con los aporques tratando de dejar 25 plantas por m² (Anexo 17).

6. Control de malezas

Se controló las malezas a los 30 días después de la emergencia y con la segunda deshierba que se la hizo a los 60 días después de la emergencia en todos los tratamientos.

7. Control de plagas y enfermedades

Se monitoreó constantemente la parcela durante todo el ciclo de cultivo y se realizó el control en el momento que la plaga sobrepaso el umbral de daño económico que se estableció en el 15%.

8. Cosecha y trilla

Se cosechó cuando la planta presentó el grado adecuado de madurez fisiológica en donde se procedió a la siega con hoz, se formó gavillas, y luego se procedió a la trilla y lavado para su posterior comercialización (Anexo22, Anexo 24).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

Al analizar los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo (Cuadro 10) en la comunidad Pardo Troje, Colta, en el cual se estableció la presente investigación, se obtuvo:

El suelo presentó textura franco limoso tanto en el análisis previo al laboreo como en el análisis posterior a la cosecha del cultivo de quinua para los diferentes tratamientos, por lo tanto determinamos que el sistema de laboreo no influye en la textura del suelo. El sitio en el cual se establecieron las parcelas experimentales, se encuentra a un costado de la laguna de Colta, siendo estos suelos el resultado de acumulación de material producto de la erosión de las laderas contiguas. La quinua prefiere suelo franco arenosos de acuerdo a lo manifestado por (PERALTA, 2009).

El suelo presenta estructura suelta, lo cual es beneficioso en el desarrollo del cultivo, pero las malas prácticas de laboreo, ayudan al deterioro del suelo, elevan la compactación y la pérdida de calidad del mismo.

En lo referente a resistencia al corte o grado de compactación previo al laboreo se obtuvo un valor de 2.7 kpa; mientras que al final del ciclo de cultivo se tuvo valores de 6.3 kpa para el laboreo tradicional, 7.2 kpa para el laboreo mínimo y 7.7 kpa para el laboreo cero. El sistema laboreo influyó en la compactación del suelo en la medida de la intensidad de la labranza, y esta compactación a su vez influye en el crecimiento radicular de la quinua, y posteriormente en el desarrollo de la planta, y finalmente en la producción. De acuerdo con los valores indicados en la tabla de resistencia al corte dados por Chen, este suelo es resistente al corte en los tres tratamientos.

En el pH del suelo se observaron valores entre 6.7 y 6.8 tanto previo al laboreo como posterior a la cosecha en los análisis respectivos determinados tanto en campo como el laboratorio, estos valores nos dan un pH prácticamente neutro. El laboreo influyó sobre la calidad del suelo en cuanto al pH que para el caso del cultivo de quinua fue un factor positivo. De acuerdo con (MUJICA, 1996) el cultivo de quinua requiere suelos con pH neutro.

En lo referente a materia orgánica el suelo presentó un contenido de materia orgánica entre 1 y 1.2% en el análisis de las muestras de los diferentes tratamientos previo al laboreo. Posterior

a la cosecha el contenido de materia orgánica para los tres sistemas de labranza es de 0.8% (Laboratorio ESPOCH, 2014). La disminución del porcentaje de contenido de materia orgánica se debió a la mineralización y a la absorción de nutrientes del cultivo de quinua durante el ciclo de producción. Mujica manifiesta que el cultivo de quinua requiere suelo con un buen contenido de materia orgánica. Por tanto este factor resultó negativo para el cultivo influyendo en otros factores y en el rendimiento.

El suelo presentó niveles bajos de nitrógeno antes del laboreo y posterior a la cosecha con valores que van de 7.2 a 8.2 mg/L previo al laboreo, y de 4.2 a 6.4 mg/L posterior a la cosecha (Laboratorio ESPOCH 2014). Las condiciones de elevadas precipitación y de altas temperaturas que se presentaron durante el experimento produjeron una pérdida de nitrógeno del suelo por procesos de lixiviación y volatilización en la zona donde se realizó el ensayo, lo cual dio como resultado una pérdida de la calidad del suelo que se vio reflejado en los resultados finales tanto en altura de planta como en producción de grano por hectárea

El suelo presentó niveles altos de fósforo y de potasio, con valores que van de 53.2 a 57.4 mg/L previo al laboreo y de 32.7 a 42.1 mg/L posterior a la cosecha, en el caso del fósforo y de 481.4 a 962.9 mg/L previo al laboreo, y 401.8 a 581.4 mg/L posterior a la cosecha para el potasio, de acuerdo al análisis de laboratorio (Laboratorio ESPOCH 2014). Estos niveles reflejan un buen contenido de fósforo y de potasio, pero su absorción se vio limitada por la compactación que presentaron los distintos tratamientos en estudio, en donde los sistemas de labranza influyeron directamente al excesivo laboreo y malas prácticas agrícolas que se aplican en el sector.

La diferencia que se presenta del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio previo al laboreo y posterior a la cosecha, debido a la extracción de estos nutrientes por parte del cultivo.

En lo que tiene que ver a las propiedades biológicas del suelo que influyen en la calidad del mismo; no se registró presencia de lombrices ni de otro tipo de invertebrados tanto a nivel larval como adultos previo al laboreo en el área experimental. Posterior a la cosecha existió presencia de lombrices como también larvas y adultos de invertebrados tales como ortópteros (saltamontes), coleópteros (escarabajos), lepidópteros (mariposas) y arácnidos. La presencia de material vegetal de los desperdicios de cosecha influyó en la fauna del suelo.

Los parámetros indicados se muestran a continuación (Cuadro 9), los mismos que fueron obtenidos mediante análisis en laboratorio y en campo

Cuadro 9. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Propiedades	PREVIO LABOREO		POSTERIOR COSECHA	
Textura	Franco limoso		Franco limoso	
Estructura	Suelta		Suelta	
Resistencia al corte	Tradicional	2,7	Tradicional	6.3
	Mínima	2,7	Mínima	7.2
	Cero	2,7	Cero	7.7
Ph	Tradicional 15	6,7	Tradicional 15	6,7
	Mínima 15	6,7	Mínima 15	6,7
	Cero 15	6,7	Cero 15	6,8
Ph	Tradicional 35	6,8	Tradicional 35	6,8
	Mínima 35	6,8	Mínima 35	6,8
	Cero 35	6,8	Cero 35	6,8
pH	Tradicional 45	6,8	Tradicional 45	6,6
	Mínima 45	6,8	Mínima 45	6,9
	Cero 45	6,8	Cero 45	6,9
Materia Orgánica	Tradicional 15	1,2	Tradicional 15	0,8
	Mínima 15	1,2	Mínima 15	0,6
	Cero 15	1,2	Cero 15	0,6
Materia Orgánica	Tradicional 35	1	Tradicional 35	1
	Mínima 35	1	Mínima 35	0,8
	Cero 35	1	Cero 35	0,8
Materia Orgánica	Tradicional 45	1,2	Tradicional 45	0,8
	Mínima 45	1,2	Mínima 45	0,8
	Cero 45	1,2	Cero 45	1
NH ₄	Tradicional 15	7,2	Tradicional 15	4,7
	Mínima 15	7,2	Mínima 15	4,9
	Cero 15	7,2	Cero 15	4,2
NH ₄	Tradicional 35	7,4	Tradicional 35	5,4

	Mínima	35	7,4	Mínima	35	5,7
	Cero	35	7,4	Cero	35	5,3
NH ₄	Tradicional	45	8,2	Tradicional	45	4,2
	Mínima	45	8,2	Mínima	45	6,2
	Cero	45	8,2	Cero	45	6,4
P	Tradicional	15	56,8	Tradicional	15	40,2
	Mínima	15	56,8	Mínima	15	32,7
	Cero	15	56,8	Cero	15	33,9
P	Tradicional	35	53,2	Tradicional	35	38,6
	Mínima	35	53,2	Mínima	35	35,4
	Cero	35	53,2	Cero	35	42,1
P	Tradicional	45	57,4	Tradicional	45	35,2
	Mínima	45	57,4	Mínima	45	39,7
	Cero	45	57,4	Cero	45	38,6
K	Tradicional	15	962,9	Tradicional	15	581,8
	Mínima	15	962,9	Mínima	15	512,7
	Cero	15	962,9	Cero	15	654,3
K	Tradicional	35	777,8	Tradicional	35	541,8
	Mínima	35	777,8	Mínima	35	482,3
	Cero	35	777,8	Cero	35	547,9
K	Tradicional	45	481,4	Tradicional	45	423,8
	Mínima	45	481,4	Mínima	45	487,4
	Cero	45	481,4	Cero	45	401,8
Número de lombrices	Sin presencia			Presencia		
Insectos en estado larval y adulto	Sin presencia			Presencia		
Arácnidos	Sin presencia			Presencia		

a. INDICADORES EN EL CULTIVO

1. Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (Cuadro 10), no existe diferencia significativa para la variable métodos de siembra (factor B) ni en la interacción de los factores A*B, mientras que existe diferencia significativa para la variable sistemas de labranza (factor A), con una media general de 82,58% y un coeficiente de variación de 5.9%.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia a los 15 días.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICION	3	32,83	10,94	0,48	0,703	
S.LABRANZA (Factor A)	2	476,56	238,29	10,39	0,0015	*
METODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	0,67	0,67	0,03	0,8669	Ns
S.LABRANZA*METODOS	2	13,58	6,79	0,3	0,748	Ns
Error	15	344,17	22,94			
Total	23	867,83				
CV% 5,9						
Media 82,58						

La prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de emergencia en el cultivo de quinua (Cuadro 11, Gráfico 1), presenta dos rangos para los sistemas de labranza (Factor A); en el rango “a” se ubica el sistema de labranza tradicional con una media de 88.75% siendo el porcentaje más alto de emergencia, en el rango “b” se encuentra el sistema de labranza mínima con 81.13% y en el rango “c” se ubica el sistema de labranza cero con 78.38% de emergencia.

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de emergencia a los 15 días, según el sistema de labranza.

Factor A (Sistemas de Labranza)	Medias (%)	Rango
A1 (Tradicional)	88,75	a
A2 (Mínima)	81,125	b
A3 (Cero)	78,375	c

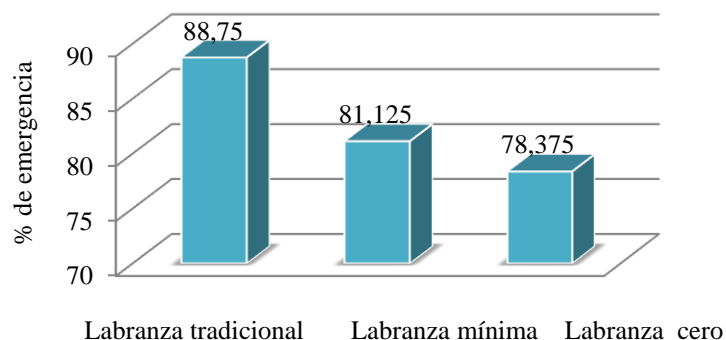


Gráfico 1. Porcentaje de emergencia, según el sistema de labranza.

MUJICA 1999 manifiesta que el porcentaje de emergencia depende de las condiciones óptimas de humedad, temperatura y materia orgánica del suelo que satisfagan las necesidades del cultivo, así como una semilla de calidad. El déficit hídrico que se presentó, posterior a la siembra, afectó la emergencia, que para esta época registró una precipitación baja para el mes de marzo de 19,31mm (INAMHI, ANALISIS CLIMATOLOGICO, 2014). Los sistemas de labranza influyeron en la emergencia obteniéndose mayor porcentaje de emergencia en los sistemas de labranza tradicional con 88.75%.

2. Días al panojamiento

El análisis de varianza para días al panojamiento (Cuadro 12) presenta diferencias significativas para los sistemas de labranza (Factor A), pero no presenta diferencias significativas para las interacciones de A*B, y para la variable métodos de siembra (factor B), con una media de 78.79 días y con un coeficiente de variación de 3.2%.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el factor días al panojamiento.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	3,13	1,04	0,33	0,8051	
S.LABRANZA (Factor A)	2	124,08	62,04	19,54	0,0001	*
MÉTODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	1,04	1,04	0,33	0,5753	Ns
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	2,08	1,04	0,33	0,7253	Ns
Error	15	47,62	3,17			
Total	23	177,96				
CV% 3,2						
Media 78,79						

La prueba de Tukey al 5% para los días al panojamiento (Cuadro 13, Gráfico 2), presenta dos rangos para los sistemas de labranza (Factor A): en el rango “a” se ubica el sistema de labranza tradicional (A1) y el sistema de labranza mínima (A2) con una media de 77 días, mientras que en el rango “b” se ubicó el sistema de labranza cero (A3) que fue el tratamiento más tardío desde la siembra al panojamiento con 82 días.

Cuadro 13. Prueba de Tukey al 5% para el panojamiento, según el sistema de labranza.

Factor A	Medias (días)	Rango
A1(tradicional)	77	a
A2 (mínima)	77,38	a
A3 (cero)	82	b

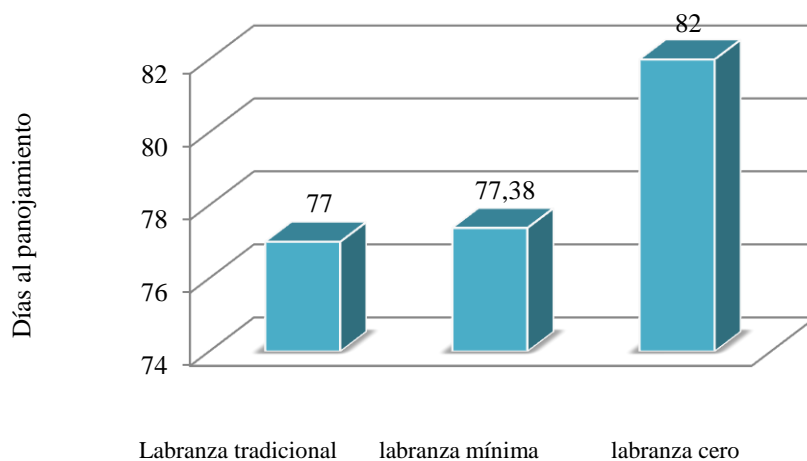


Gráfico 2. Días al panojamiento, según el sistema de labranza.

Los tratamientos que obtuvieron el menor tiempo al panojamiento fueron los tratamientos de labranza tradicional y labranza mínima. De acuerdo a lo manifestado por (PERALTA, 2009) en la variedad Tunkahuan el panojamiento se presenta entre 70 a 110 días dependiendo de la altitud en la que se cultiva, lo cual coincide con los resultados obtenidos. MUJICA, 1986 señala que el panojamiento ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra en términos generales.

3. Tamaño de la panoja

El análisis de varianza para el tamaño de panoja a la madurez fisiológica (Cuadro 14), indica que existen diferencias significativas para los sistemas de labranza (Factor A), pero no existe diferencia significativa para la variable métodos de siembra (Factor B) y tampoco se observa

una diferencia significativa para la interacción A*B, con una media de 17.81cm y un coeficiente de variación del 3.12%

Cuadro 14. Análisis de varianza para el tamaño de la panoja.

Fuente de Varianza	gl.	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	19,26	6,42	2,54	0,0953	
S.LABRANZA (Factor A)	2	609,16	304,56	120,7	0,0001	*
MÉTODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	3,94	3,94	1,56	0,2303	Ns
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	7,62	3,81	1,51	0,2525	Ns
Error	15	37,85	2,52			
Total	23	677,84				
CV% 3,12						
Media 17,81						

Según la prueba de Tukey al 5% para el tamaño de panoja en el cultivo de quinua (Cuadro 15, Gráfico 3), se presentan 3 rangos para los sistemas de labranza: en el rango “a” se encuentran la labranza tradicional (A1) con una media de 24.43 cm, y en el rango “C” se encuentra la labranza cero (A3) con una media de 12.23 cm con el menor tamaño de panoja.

Cuadro 15. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de la panoja, según el sistema de labranza.

Factor	Media(cm)	Rango
A1 (tradicional)	24,43	a
A2 (mínima)	16,74	b
A3 (cero)	12,23	c

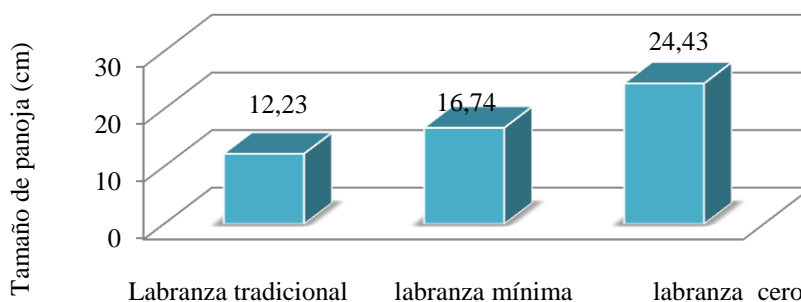


Gráfico 3. Tamaño de la panoja (cm) en quinua, según el sistema de labranza.

Según el sistema de labranza se obtuvo un tamaño de panoja de 24.43 cm con el sistema de labranza tradicional. PERALTA, 2009 señala que el tamaño de panoja va de 20 a 60 cm lo cual coincide con el estudio en el tratamiento de labranza tradicional, mientras que con el sistema de labranza mínima y labranza cero el tamaño de panoja fue inferior a lo indicado por Peralta. El sistema de labranza influyó en el tamaño de la panoja lo cual índice en el rendimiento por hectárea.

MUJICA. 1999 señala que la quinua prefiere suelos franco-arenosos con buen drenaje, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno. Es susceptible al exceso de humedad en sus primeros estadios con lo cual se puede deducir que el suelo franco limoso de la zona de Colta donde se realizó el experimento influyó en el bajo desarrollo de la planta sobre todo de los tratamientos con labranza mínima y cero, así como la excesiva humedad presentada en el mes de Junio que fue de 185mm. (INAMHI, 2014). CALLATA, 1991 manifiesta que el requerimiento hídrico de la quinua es de 3.64 mm/día como promedio en general.

4. Altura de planta a la madurez fisiológica

En el análisis de varianza para la altura de planta a la madurez fisiológica (Cuadro 16), indica que existen diferencias significativas para la interacción de A*B, así como para la variable sistemas de labranza (Factor A) y para la variable métodos de siembra (Factor B); con una media de 115.45 y un coeficiente de variación de 2.27%.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la altura de la planta a la madurez fisiológica.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	118,460	39,49	55,68	0,4646	
S.LABRANZA (Factor A)	2	15561,000	7780,5	0,9	0,0001	*
MÉTODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	2838,000	2838,38	177,15	0,0001	*
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	1047,000	523,5	64,63	0,0008	*
Error	15	658,790	43,92	11,92		
Total	23	20223,630				
CV% 2,2						
Media 115,45						

Según la prueba de Tukey al 5% para la altura de planta a la madurez fisiológica en el cultivo de quinua (Cuadro 17, Grafico 4), presenta 3 rangos para los sistemas de labranza (factor A):

el sistema de labranza tradicional alcanzó la mayor altura con una media de 143.13cm ubicándose en el rango “a” en tanto que el sistema de labranza cero tuvo la menor altura de planta con 81.63cm en el rango “c”.

Cuadro 17. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta según el sistema de labranza.

Factor A (Sistemas de Labranza)	Medias (cm)	Rango
A1 (Tradicional)	143.13	a
A2 (Mínima)	121.38	b
A3 (Cero)	81,63	c

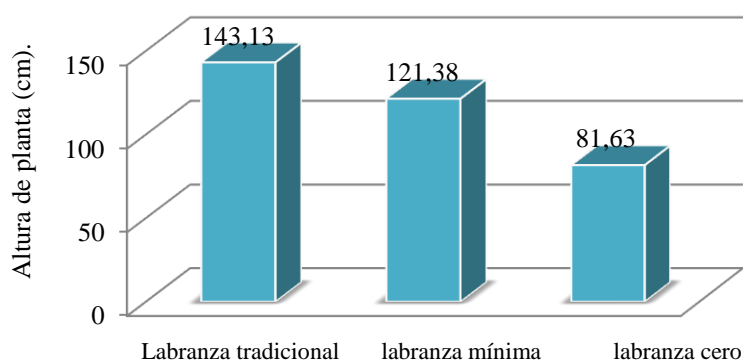


Gráfico 4. Altura a la madurez fisiológica (cm) del cultivo de quinua según el sistema de labranza.

Según la prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a la madurez fisiológica en el cultivo de quinua (Cuadro 18, Grafica 5), presenta dos rangos para el método de siembra: la siembra a golpe alcanzó una altura de 126.25cm en el rango “a”, en tanto que con siembra en línea o chorro continuo se tiene una altura de 104.50 cm en el rango “b”.

Cuadro 18. Altura de la planta en el cultivo de quinua, según el método de siembra.

Factor B (Métodos de siembra)	Medias (cm)	Rango
B2 (Línea)	126.25	a
B1 (Golpe)	104.50	b

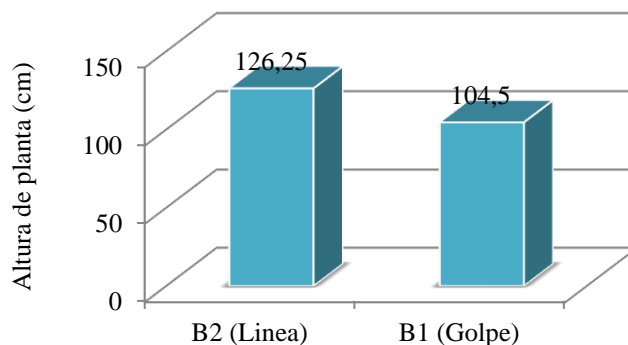


Gráfico 5. Altura de planta para el cultivo de quinua, según el método de siembra.

Según la prueba de Tukey al 5% para la altura de planta en el cultivo de quinua (Cuadro 19, Gráfico 6) presenta cuatro rangos para la interacción de A*B; en el rango “a” para la labranza mínima y siembra en línea (T2) con 160 cm, mientras que la labranza mínima y la siembra a golpe (T5) presenta la menor altura con 80 cm y se ubica en el rango “d”; los demás tratamientos se encuentran en rangos intermedios.

Cuadro 19. Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta en la interacción de A*B.

A. planta	Media (cm)	Rangos
T2	160	a
T4	135,75	b
T1	126,5	b
T3	107	c
T6	83,25	d
T5	80	d

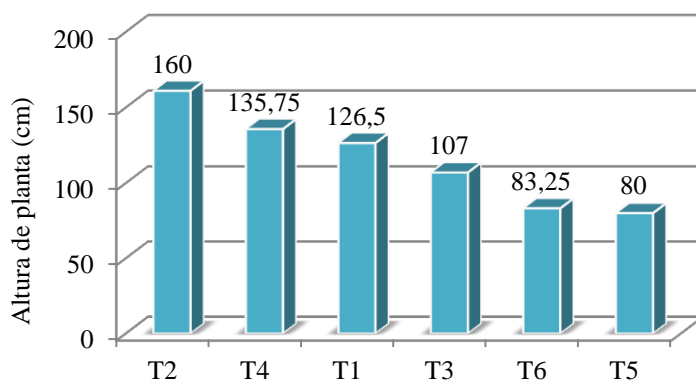


Gráfico 6. Altura de planta para el cultivo de quinua, para la interacción de A*B.

La planta alcanzó una altura de 1.60 cm para labranza mínima con siembra en línea y de 80 cm para labranza mínima con siembra a golpe, y esto tiene relación con el bajo desarrollo radicular de los tratamientos en general, la compactación del suelo, junto con el balance hídrico negativo que se presentó de enero a junio en la zona (INAMHI, 2014), que dieron como resultado un bajo contenido de nitrógeno. La falta de aplicación de prácticas conservacionistas del suelo en la zona por parte de los agricultores, ha ocasionado que el suelo pierda su calidad para la agricultura. TAPIA 1997, afirma que en condiciones óptimas la planta de quinua, puede llegar a medir hasta 2.5 metros de altura.

5. Tamaño de raíz

En el análisis de varianza para el tamaño de raíz (Cuadro 20), se muestra que existen diferencias significativas para la variable sistemas de labranza (Factor A), pero no existe diferencia significativa para la variable métodos de siembra (Factor B) y para la interacción A*B, con una media general de 15.45 cm y un coeficiente de variación de 0.28 %.

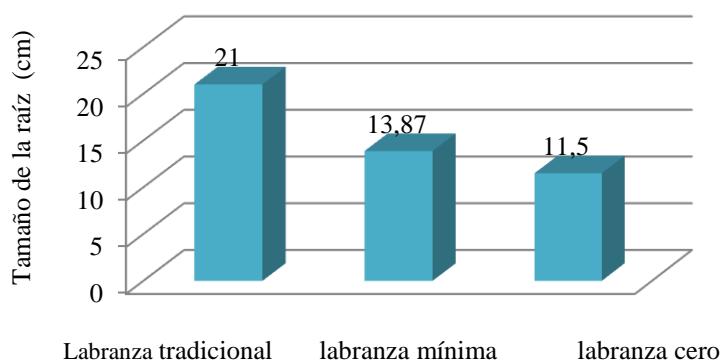
Cuadro 20. Análisis de varianza para el tamaño de la raíz en el cultivo de quinua.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	17,46	5,82	1,89	0,1754	
S.LABRANZA (Factor A)	2	391,08	195,54	63,36	0,0001	*
MÉTODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	0,37	0,37	0,12	0,7322	ns
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	0,75	0,37	0,12	0,8864	ns
Error	15	45,29	3,09			
Total	23	455,96				
CV% 0,28						
Media 15,45						

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % para la variable tamaño de raíz (Cuadro 21, Gráfico7), presentan dos rangos para los sistemas de labranza (Factor A): en el rango “a” el sistema de labranza tradicional (A1) con una media de 21 cm, en el rango “b” se encuentra el sistema de labranza mínima (A2) con una media de 13.87cm, y el sistema de labranza cero (A3) con una media de 11.5 cm siendo el tratamiento con el menor tamaño radicular.

Cuadro 21. Prueba de Tukey al 5% para el tamaño de raíz, según el sistema de labranza

Factor A	Medias (cm)	Rango
A1 (Tradicional)	21	a
A2 (Mínima)	13,87	b
A3 (Cero)	11,5	b

**Gráfico 7.** Tamaño de raíz, según el sistema de labranza.

Para el tamaño de raíz se obtuvo una media de 15.45 cm, deduciendo que la compactación del suelo afecta el desarrollo radicular, lo cual influye en el desarrollo de la planta y en el rendimiento. Se ha comprobado que en suelos compactados la dificultad de penetración tiene relación con el desarrollo de la planta y esta dificultad se presentó en el área de investigación debido al excesivo laboreo tradicional existente en el sector de Colta que en el transcurso de los años ha provocado una compactación en el terreno mostrando valores de entre 6.3 y 7.7 kpa, cuando lo normal en un suelo de textura franco limosa es de 5.9kpa.

MIRANDA, 2006 afirma que el alargamiento de la raíz principal y la extensión de las raíces secundarias benefician al sostén y establecimiento de la planta en lugares descubiertos como las zonas de planicie donde se cultiva la Quinua, donde se tiene una raíz de una profundidad de 31 cm en suelos arenosos como los que existen en la zona andina de nuestra región, lo cual no coincide con el tamaño de raíz de esta investigación.

IGNACIO, 2013 Sostiene que un cierto grado de compactación es necesario alrededor de la semilla cuando germina, para facilitar el aprovechamiento de la humedad del suelo. Pero al

formar estratos compactos por debajo de la semilla se presentan problemas en el crecimiento radicular, distorsionando el enraizamiento.

La labranza tradicional presenta una mejor cama de siembra, pero el uso indiscriminado de diferentes aperos provoca compactación, eleva el riesgo de erosión del suelo, eleva los costos y tiempo de preparación del suelo, lo cual influye en la rentabilidad.

Por otro parte es necesario tener presente el tamaño de los discos del arado, ya en que en el sitio que se realizó la investigación la mayor parte del equipo que se utiliza tiene un elevado desgaste.

6. Días a la cosecha

En el análisis de varianza para los días a la cosecha (Cuadro 22), se presenta los siguientes resultados; no existe diferencia para la variable métodos de siembra (Factor B), pero si existe diferencia significativa para la variable sistemas de labranza (Factor A) y para la interacción A*B, con una media general de 169.71 días y un coeficiente de variación de 4.23 %.

Cuadro 22. Análisis de varianza para los días a la cosecha.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	20,46	6,82	0,26	0,8553	
S.LABRANZA (Factor A)	2	456,08	243,04	9,15	0,0025	*
MÉTODOS DE SIEMBRA (Factor B)	1	5,04	5,04	0,19	0,6692	ns
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	543,08	271,54	10,23	0,0016	*
Error	15	398,29	26,55			
Total	23	1452,96				
CV% 4,23						
Media 169,71						

Según la prueba de Tukey al 5% para los días a la cosecha en el cultivo de quinua (Cuadro 23, Gráfico 8), se presentan 2 rangos para los sistemas de labranza (Factor A): en el rango “a” se ubica la labranza tradicional (A1) con una media de 175.25 días, y en el rango “b” la labranza cero con una media de 164 días a la cosecha.

Cuadro 23. Prueba de Tukey al 5% para días a la cosecha, según el sistema de labranza.

Factor A (Sistemas de Labranza)	Medias (días)	Rango
A1 (Tradicional)	175,25	a
A2 (Mínima)	170,3	ab
A3 (Cero)	164	b

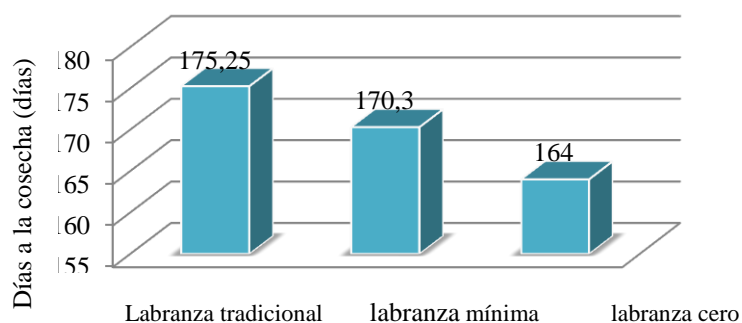


Gráfico 8. Días a la cosecha, según el sistema de labranza.

Según la prueba de Tukey al 5% para los días a la cosecha el cultivo de quinua (Cuadro 24, Grafico 9) presenta dos rangos para la interacción de A*B; en el rango “a” se ubica el tratamiento de labranza tradicional y siembra a golpe (T4) con 175.25 días a la cosecha, mientras que el tratamiento de labranza tradicional y siembra a golpe (T2) con 157.5 días y se ubica en el rango “b”.

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5% para los días a la cosecha en la interacción de A*B

D. Cosecha	Media (días)	Rangos
T4	175,25	a
T6	175	a
T5	175	a
T1	170,5	a
T3	167,5	ab
T2	157,5	b

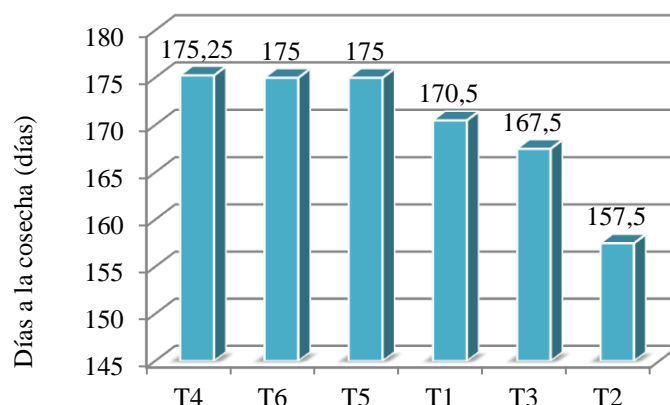


Gráfico 9. Días a la cosecha, para la interacción de A*B.

En los días a la cosecha se registró una media de 170 días, para los tratamientos establecidos. INIAP, 2010 en un informe realizado sobre la quinua en la variedad Tunkahuan, señala que los días a la cosecha en seco va de 150 a 210 días, tomando en cuenta que la variación depende de condiciones edafo-climáticas, y la altitud; que en el caso de este estudio, las parcelas experimentales estaban ubicadas a 3300 m.s.n.m.

7. Rendimiento de grano por parcela neta y ha.

El análisis de varianza, para el rendimiento de grano por hectárea (Cuadro 25), presenta diferencias significativas para la variable sistemas de labranza (factor A), para la variable métodos de siembra (factor B) y para la interacción A*B con una media de 1352.5 Kg y un coeficiente de variación de 0.25%

Cuadro 25. Análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea.

Fuente de Varianza	gl	S.C	C. Medio	F.C	Probabilidad	Sig.
REPETICIÓN	3	1748,68	582,89	0,04	0,989	
S.LABRANZA (Factor A)	2	897250,77	448625,39	30,63	0,0001	*
MÉTODOS DE SIMBRA (Factor B)	1	996500,51	996500,51	68,04	0,0001	*
S.LABRANZA*MÉTODOS	2	382542,29	191271,15	13,06	0,0005	*
Error	15	219674,12	14644,94			
Total	23	2497716,37				
CV% 0,25						
Media 1352,5						

Según la prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por hectárea en el cultivo de quinua (Cuadro 26, Gráfico 10), presentan 3 rangos para los sistemas de labranza (Factor A): la labranza tradicional con una media de 1588.90 kg en el rango “a” en tanto que la labranza mínima alcanzo una media de 1384,7 kg en el rango “b”, y finalmente la labranza cero con 1116.7 kg ubicándose en el rango “c”.

Cuadro 26. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por hectárea según el sistema de labranza.

Factor A	Medias (kg)	Rango
A1 (Tradicional)	1588.90	a
A2 (Mínima)	1384.7	b
A3 (Cero)	1116.7	c

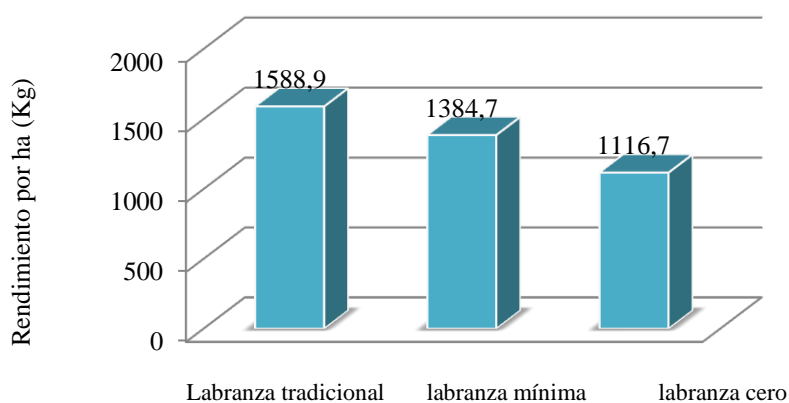


Gráfico 10. Rendimiento de grano por hectárea, según el sistema de labranza.

Según la prueba de Tukey al 5% para el rendimiento por hectárea en el cultivo de quinua (Cuadro 27, Gráfico 11), presenta dos rangos para los métodos de siembra (Factor B): con siembra a golpe alcanzó un rendimiento de 1567.1 kg en el rango “a”, y con siembra en línea se tiene un rendimiento de 1159.6 kg en el rango “b”.

Cuadro 27. Rendimiento de grano por hectárea para el cultivo de quinua según el método de siembra.

Métodos de Siembra	Media (kg)	Rango
B1 (Línea)	1567,1	a
B2 (Golpe)	1159,6	b

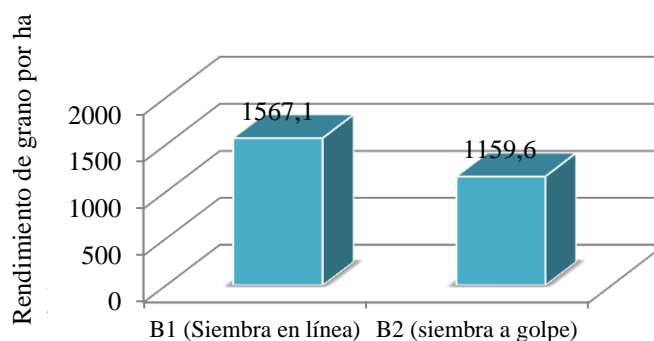


Gráfico 11. Rendimiento por hectárea para el cultivo de quinua, según el método de siembra.

Según la prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por hectárea en el cultivo de quinua (Cuadro 28, Grafico 12) presenta cuatro rangos para la interacción de A*B; en el rango “a” se encuentra la labranza mínima y siembra en línea (T2) con 1922 kg, mientras que la labranza mínima con siembra a golpe (T5) presenta el rango más bajo con 1084.2 kg en el rango “c” los demás tratamientos se encuentran en rangos intermedios.

Cuadro 28. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento de grano por ha.

Rendimiento	Media (Kg)	Rangos
T2	1922	a
T4	1630,2	ab
T1	1255,8	c
T6	1149,2	c
T3	1138,8	c
T5	1084,2	c

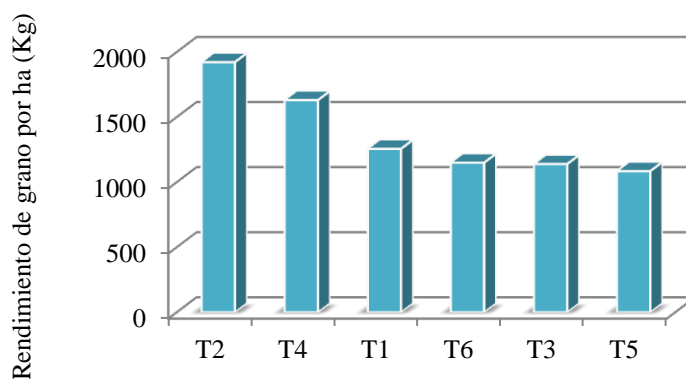


Gráfico 12. Rendimiento por hectárea para el cultivo de quinua, en la interacción de A*B.

El rendimiento por hectárea mostró una media general de producción de 1352.5 kg que es inferior a lo indicado por INIAP, 2012 que reportó un promedio de producción de 2000 kg/ha para la quinua variedad Tunkahuan, en condiciones óptimas. El sistema de labranza mínima y el método de siembra en línea obtuvieron una producción de 1922 kg/ha., lo que es equivalente a lo obtenido por INIAP, en tanto que los otros tratamientos son inferiores a los resultados antes mencionados, debido a que influyen la compactación del suelo y el método de siembra. Según MAGAP, 2014 el rendimiento en Kg/ha para el cultivo de quinua es de 1500 Kg/ha.

B. Análisis económico

La evaluación económica se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por Perrin. (1983), para el análisis económico de los tratamientos o alternativas tecnológicas evaluadas en el presente estudio, donde se consideraron únicamente los costos que varían, para determinar el presupuesto parcial (Cuadro 29).

Cuadro 29. Cálculo de costos variables de los tratamientos por hectárea.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	LABOREO MECANIZADO (USD/ha)	COSTO (UDS/ha)	SEMILLA (kg/ha)	COSTO (kg/ha)	MANO DE OBRA (jornal)	COSTOS (USD/jornal)	COSTOS TOTALES QUE VARIAN
T1	A1B1	9	135	8	24	30	450	609
T2	A2B1	6	90	8	24	27	405	519
T3	A3B1	2	30	8	24	25	375	429
T4	A1B2	9	135	5	15	30	450	600
T5	A2B2	6	90	5	15	27	405	510
T6	A3B2	2	30	5	15	25	375	420

Los costos que varían estuvieron representados por los inherentes a los tres sistemas de labranza, 15 dólares la hora de tractor, el jornal que se avaluó en 15 dólares el día y el costo de semilla en 3 dólares por Kg. En el (Cuadro 30) se expresa el rendimiento total en Kg/ha para cada uno de los tratamientos empleados en la presente investigación y el rendimiento ajustado (al 10%), para homologar el rendimiento a las condiciones comunes de los productores; el desglose de las costos totales que varían; beneficio de campo y el beneficio neto USD/ha.

Cuadro 30. Presupuesto parcial y beneficio neto de los tratamientos por hectárea.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	RENDIMIENTO PROMEDIO (Kg/ha)	RENDIMIENTO AJUSTADO (Kg/ha)	BENEFICIO BRUTO DE CAMPO (USD/Kg)	COSTOS TOTALES QUE VARIAN (USD/ha)	BENEFICIO NETO (USD/ha)
T1	A1B1	1225,8	1103,22	2206,44	609	1597,44
T2	A2B1	1922	1729,8	3459,6	519	2940,6
T3	A3B1	1138	1024,2	2048,4	429	1619,4
T4	A1B2	1630,2	1467,18	2934,36	600	2334,36
T5	A2B2	1084,2	975,78	1951,56	510	1441,56
T6	A3B2	1149,2	1034,3	2068,6	420	1648,6

Conforme lo establece el análisis de Dominancia, los tratamientos no dominados, son los que representan alternativas económicas a ser recomendadas a los productores; por su parte todas las alternativas dominadas, son desechadas porque no constituyen ninguna alternativa de orden económica para los productores (Cuadro 31)

Cuadro 31. Análisis de dominancia para los tratamientos.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	COSTOS TOTALES QUE VARIAN (USD/ha.)	BENEFICIO NETO (USD/ha.)	ANÁLISIS DE DOMINANCIA
T2	A2B1	609	2940,6	ND
T4	A1B2	519	2334,3	ND
T1	A1B1	429	1597,4	D
T6	A3B2	420	1648,6	D
T3	A3B1	600	1619,4	D
T5	A2B2	516	1531,5	D

Los valores del beneficio neto son debido al precio referencial de venta obtenido al momento de la comercialización que fue de 2 dólares/Kg que resulta beneficioso para el productor. Es particularmente interesante, haber alcanzado una tasa de retorno marginal de 674% con el sistema de labranza mínima en siembra en línea que es el Tratamiento 2.

a. Taza de retorno marginal

Cuadro 32. Tasa de retorno marginal entre tratamientos.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	COSTOS TOTALES QUE VARIAN (USD/HA)	INCREMENTO DE COSTO VARIABLE USD/cambio	BENEFICIOS NETO (USD/ha.)	BENEFICIO MARGINAL (USD/cambio)	TASA DE RETORNO MARGINAL (T.R.M.) (%)
T2	A2B1	609		2940,6		
			90		606,3	674
T4	A1B2	519		2334,3		

VI. CONCLUSIONES

A. Los sistemas de labranza aplicados para el cultivo de quinua influyeron en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la parroquia Santiago de Quito. La labranza incide en la calidad y salud del suelo, repercute en el desarrollo del cultivo y en el rendimiento de grano a la cosecha.

B. La mejor respuesta agronómica en el cultivo de quinua se obtuvo con el sistema de labranza mínima y siembra en línea (T2), con un rendimiento de grano por hectárea de 1992 kg, alcanzando la mayor altura de planta y el mayor rendimiento por hectárea, disminuyendo costos en la preparación del suelo, evitando realizar muchos pases de aperos en el mismo lote, lo cual causa compactación en capas inferiores, e impide el crecimiento de la raíz y el desarrollo de la planta.

C. El sistema de labranza mínima y siembra en línea (T2), logró la mayor tasa de retorno marginal de 674 %, teniendo como alternativa para el cultivo de quinua el sistema de labranza tradicional y siembra a golpe (T4).

VII. RECOMENDACIONES

A. Aplicar el sistema de labranza mínimo para el cultivo de quinua, utilizando el arado de cincel en reemplazo del arado de discos, con la finalidad de disminuir la compactación del suelo, para favorecer el crecimiento radicular, el desarrollo de la planta y elevar el rendimiento por hectárea para este cultivo.

B. Utilizar el método de siembra en línea a chorro continuo bajo estas condiciones agroecológicas aplicando un raleo en el cultivo.

C. Realizar otras investigaciones basándose en la aplicación de abonos orgánicos e incorporar prácticas agroecológicas que ayuden a evitar la pérdida de calidad del suelo.

VIII. RESUMEN

En la siguiente investigación se propuso: Evaluar los efectos del laboreo sobre la calidad del suelo, bajo dos métodos de siembra en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.), en la parroquia Santiago de Quito en la provincia de Chimborazo, utilizando un diseño de parcelas divididas en arreglo bifactorial con 6 tratamientos y 4 repeticiones. En la evaluación de la calidad del suelo, analizando los factores físico, químicos y biológicos se consideró el suelo de la zona del experimento como de baja calidad para el cultivo de quinua. Evaluando las variables como: porcentaje de emergencia, días a la floración, tamaño de panoja, días a la cosecha, altura de planta, tamaño de raíz, rendimiento neto y rendimiento por hectárea; en las propiedades químicas: pH, CIC, contenido de materia orgánica y contenido de N, P, K; en las propiedades física: textura, estructura y resistencia al corte; y en la propiedades biológicas: número de lombrices y número de insectos en estado larval. El tratamiento adecuado para el cultivo de quinua fue el de labranza mínima + siembra en línea (T2) alcanzando la mayor altura de planta de 160 cm y mayor rendimiento por hectárea con 1992 kg, y una tasa de retorno marginal de 674 %. Además el ensayo obtuvo una media de 82.5% para los días a la emergencia, 79 días al panojamiento, 12.28cm de tamaño de panoja, 115 cm de altura de planta, 15.5cm de tamaño de raíz y 170 días a la cosecha. Se concluyó que la mejor respuesta agronómica en el cultivo de quinua se logró con la labranza tradicional y la siembra a golpe (T4) mientras que la labranza mínima con la siembra en línea (T2) obtuvo la mejor tasa de retorno marginal. Se recomienda utilizar la labranza mínima y la siembra en línea junto con la incorporación de abonos orgánicos.

IX. ABSTRACT

The present research is aimed to evaluate the effects of working about quality of soil, using two sowing methods in the (*Chenopodium quinoa* Wild) quinoa production, parish Santiago de Quito, Colta canton, Chimborazo province by using a plot design divided in bifactorial arrangement with 6 treatments and 4 repetitions. In the soil quality evaluation, by analyzing physic, chemical and biological factor the soil of the experiment area was considered of low quality for the quinoa cultivation. The following variable were analyzed: percentage of emergency, days to flowering size of panicle, days to harvest, plant height, root size, net performance, performance per hectare; in chemical properties: pH, , organic-matter content and N,P,K content; in physical properties: texture, structure and shear strength; and in the biological properties; number of worms and insect in larval state. The best treatment for quinoa cultivation was that minimum farming + sowing in lines (T2) reaching 160cm in plant height and more performance per hectare with 1992 kg and with 674%. In addition the essay got an average of 82.5% for the days to the emergency, 79 days to the panicle, 12.28 cm of height of panicle, 115cm of plant height, 15.5 cm of height of root and 170 days to the harvest. It is concluded that the best agronomic answer in this harvest was gotten with the minimum farming and the sowing in lines, while traditional farming with in furrow sowing got the best marginal rate.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. **AGRORURAL. 2010.** Abonamiento de la Quinoa. Recuperado el 17 de octubre de 2014, de Perú.
[http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709706438000/abonamiento-en-el-cultivo- de-quinua.pdf](http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709706438000/abonamiento-en-el-cultivo-de-quinua.pdf).
2. **ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.** 2000. “Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad”. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª edición.. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Méjico.
3. **BRADY Y RAY 1999**, “The Nature and properties of Soil”
4. **BOTANICA, 2013** (El mundo de las plantas).
5. **BOLIVIA, M. 2013.** Quinoa. La paz: Estado Plurinacional de Bolivia
6. **CALLA, 2012.** Agrobanco. Puno: Unalm.
7. **CÁRDENAS, M. 1944** “Descripción preliminar de variedades de *Chenopodium quinoa* de Bolivia”. Revista de Agricultura. Universidad mayor San Simón de Cochabamba.(Bol.) Vol 2 No 2,pp13-26.
8. **CERRILLO, P. 2003.** Fundamentos de agricultura ecológica. Cuenca, Ecuador: Universidad de Castilla la Mancha.
9. **CORNEJO, G. 1976.** Hojas de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) fuente de proteína. En: Convención Internacional de Chenopodiaceas. 2da.Potosí, Bolivia. 26-29 abril. IICA. Serie informes de conferencias, cursos y reuniones. No. 96. Bolivia. pp. 177-180.
10. **CLIMATOLOGICO** <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Boletines/enso/05-b-enso-mayo2014-sinoptico-fsp-evp.pdf>.
11. **DELGADO, A. 2009** Universidad Nacional de Colombia.

12. **DÍAZ, F. 2010.** Labranza cero.
13. **ERQUINIGO, F. 1970.** Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.). Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú. 89 p.
14. **FAO, 2001.** Cochabamba, Bolivia: Fao , Proyecto poscosecha.
15. **FAO, 2013.** Labranza en la agricultura.
www.ecured.cu/index.php/Labranza_en_la_Agricultura.
16. **FIALLO, E. 1987.** “Estudio preliminar sobre la entorno fauna asociada a *Chenopodium quinoa* Wild”. Departamento de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
17. **FOBOMADE. 2012.** Cultivo de Quinoa bajo condiciones adversas. Disponible en:
www.fobomade.org.bo/art-1862.
18. **GALLARDO, 1997.**Efecto del cna sobre el contenido de betalainas en *Chenopodium quinoa* Willd.
19. **GANDARILLAS, 1979** Genética y origen. In: M Tapia (ed) Quinoa y Kañiwa, cultivos andinos. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-65
20. **GREGORICH, L. 1995** The health of Our Soils
21. **IGNACIO, 2013.** Hacia una quinua perfecta. LA PATRIA, Revista Dominical, 1-2.
22. **INAMHI, 2014.** Evaluación y monitoreo de las condiciones sinópticas en el ecuador periodo 01 - 31 de mayo 2014. Boletín.
23. **INAMI, 2014.** Análisis climatológico. Quito: www.ecuador.gov.ec
24. **INIAP, 2010.** Iniap Tunkahuan. Quito: Iniap.

25. **INIAP, 2012.** Quito-Ecuador: Iniap, manual agrícola de granos andinos.
26. **JACOBSEN, E. 2011.** Producción de Quinua. Disponible en: [www .leisa-al.org/web/revistas/vol-28-numero-4/451-la-produccion-de-quinua-en-el-sur-de-bolivia-del-exito-economico-al-desastre-ambiental.html](http://www.leisa-al.org/web/revistas/vol-28-numero-4/451-la-produccion-de-quinua-en-el-sur-de-bolivia-del-exito-economico-al-desastre-ambiental.html).
27. **JUNA, C. 2009.** Evaluación de tres sistemas de labranza y dos métodos de siembra en el rendimiento de Arveja (*Pisumsativum L.*), en la Estación Experimental Tunshi.
28. **LEIVA. 2005.** Producción de quinua. FAO.
29. **LEIVA, F. 2003.** Memorias del Curso Producción de quinua, cultivo multipropositocoin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709773966870/memorias_proyecto_quinua2003.pdf.
30. **LESCANO, 1994.** Genética y mejoramiento de cultivos alto andino: quinua, kañiahu, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa interinstitucional de Waru Waru. Convenio INADE/PELT – COTESU p459.
31. **MAGAP, 2014.** Quinua. Fomento de la producción de quinua en la sierra ecuatoriana. Quito, Pichincha, Ecuador: MAGAP.
32. **MIRANDA, 2006.** Todo sobre quinua. Bolivia: <http://laquinua.blogspot.com/2013/05/la-raiz-de-la-quinua.html>.
33. **MONAR, 2005** Informe Anual INIAP. UT/ - Bolívar Guaranda Ecuador pp 85
34. <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm>.
35. **MUJICA, 1989.** Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*). En: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información

agrometeorológica. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. pp: 23-27.

36. **MUJICA, 1988.** Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoaWilld.*). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos, México. 122p.
37. **MUJICA, 1999.** Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento. I curso Internacional sobre fisiología de Resistencia a la sequía en Quinua: 25-38.
38. **MEYHUAY, M. 2013.** <http://www.fao.org/docrep/018/ar364s/ar364s.pdf>: FAO.
39. **NIETO, Y M. SORIA 1991.** Procesamiento de Quinua en el Ecuador. Proyecto 3P-85-0213. Informe final de Labores INIAP-UTA-CIID. Quito –Ecuador 94p.
40. **ORSAG, V. 2010.** Peligros del cultivo mecanizado de Quinua.
41. **PERALTA, E. 2009.** Catálogo de Variedades mejoradas de granos andinos. Quito-Ecuador: Miscelanea.
42. **PUIGNAU, J. 2001.** RECUPERACION Y MANEJO DE SISTEMA DEGRADADOS. Uruguay: Procisur.
43. **PERALTA, E. 1985.** “La quinua, un gran alimento y su utilización”. Boletín Divulgativo No. 175. Sección Quinua-Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador.21 p.
44. **RAFFAUT, M. 2000.** Quinua Orgánica. ERPE. Riobamba-Ecuador pg 9-95.
45. **ROJAS, W. 2003** “Análisis de multivariadas de la diversidad genética de Quinua en Bolivia”. Revista Internacional Vol. 19 (1-2): pp 1-23.

46. **SANCHEZ, O. 2005.** TEMAS SOBRE RESTAURACION ECOLOGICA. Michuacan, México: 2005.
47. **SEPHU, 2014** (15 de 07 de 2010). Noticias sephu. Recuperado el 21/ 10 / 2014, https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/05//15.0710/Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf
48. **SORIA,1991.** Procesamiento de Quinoa en Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP.
49. **TAPIA, E.1992** Cultivos Andinos Subexplorados y su aporte a la alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
50. **VIMOS, N. 1992.** *Algunas experiencias en Ecuador.* Quito-Ecuador: INIAP.
51. **TORRES, 2004** <http://www.dspace.espol.edu.ec>.
52. <http://www.fao.org/quinoa-2013/press-room/news/fourth-world-congress-on-quinoa/es>.
53. <http://www.agricultura.gob.ec/ecuador-quintuplicara-produccion-de-quinoa/>
54. <http://www.prodiversitas.bioetica.org/quinoa.htm>
55. http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t03.htm
56. http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_de_intercambio_cati%C3%B3nico
57. <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/prop.htm>
58. http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa
59. <http://www.sap.uchile.cl>
60. <http://www.agrobanco.com.pe>
61. <http://www.academia.edu>.

62. http://es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo.
63. <http://araucarias.blogspot.com/2005/09/aireacin-del-suelo-la-aireacin-del.html>
64. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n3/texto/foval
65. <http://deconceptos.com/general/efecto#ixzz33VXIHZID>
66. <http://granjaescuelalailusion.wordpress.com/2012/01/12/el-laboreo-del-suelo/>
67. <http://definicion.mx/produccion-agricola/#ixzz33WMPBXQN>
68. <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-b-quinua.pdf>
69. <http://www.municipiodecolta.gob.ec>
70. <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje de emergencia de la quinua. (%)

PORCENTAJE DE EMERGENCIA							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	89	90	89	85	353	88,25
A2	B1	90	89	87	91	357	89,25
A3	B1	75	83	84	77	319	79,75
A1	B2	81	89	77	79	326	81,5
A2	B2	80	87	77	73	317	79,25
A3	B2	79	69	79	83	310	77,5

Anexo 2. Días a al panojamiento en el cultivo de quinua. (Días)

DIAS AL PANOJAMIENTO							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	77	77	77	77	308	77
A2	B1	77	77	77	77	308	77
A3	B1	84	84	80	80	328	82
A1	B2	80	80	84	84	328	82
A2	B2	78	78	78	73	307	76,75
A3	B2	78	78	78	78	312	78

Anexo 3. Tamaño de Panoja (cm)

TAMAÑO DE PANOJA							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	27	21	25	25	98	24,50
A2	B1	27	24	21	25,5	97,5	24,38
A3	B1	20	17,4	16,5	18	71,9	17,98
A1	B2	16	17,1	15,2	14	62,3	15,58
A2	B2	12,5	10,5	13,4	12,33	48,73	12,18
A3	B2	13,1	11,3	12,9	11,8	49,1	12,28

Anexo 4. Altura de planta para el cultivo de quinua (cm)

ALTURA DE PLANTA							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	126	120	132	128	506	126,5
A2	B1	156	157	164	162	639	159,75
A3	B1	109	115	99	105	428	107
A1	B2	130	133	147	133	543	135,75
A2	B2	71	73	88	88	320	80
A3	B2	85	83	76	89	333	83,25

Anexo 5. Tamaño de raíz para el cultivo de quinua (cm)

TAMAÑO DE RAIZ							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	17	21	23	24	85	21,25
A2	B1	19	22	19	23	83	20,75
A3	B1	13	15	14	13	55	13,75
A1	B2	14	15	13	14	56	14
A2	B2	12	11	14	10	47	11,75
A3	B2	9	13	12	11	45	11,25

Anexo 6. Días a la cosecha en el cultivo de quinua (días).

DIAS DE COSECHA							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	170	170	170	172	682	170,5
A2	B1	170	160	150	150	630	157,5
A3	B1	160	170	160	170	660	165
A1	B2	171	175	180	175	701	175,25
A2	B2	175	175	175	175	700	175
A3	B2	175	175	175	175	700	175

Anexo 7. Rendimiento por hectárea en Kg

RENDIMIENTO POR HECTARIA (Kg)							
Factor A	Factor B	Repeticiones				Suma	Media
		I	II	III	IV		
A1	B1	1326	1216.8	1154.4	1326	5023.2	1255.8
A2	B1	2103	1791	1860	1934	7688	1922
A3	B1	1014	1154.4	1326	1060.8	4555.2	1138.8
A1	B2	1528.8	1622.4	1591.2	1778.4	6520.8	1630.2
A2	B2	1092	1107.6	1170	967.2	4336.8	1084.2
A3	B2	1185.6	1279.2	1092	1040	4596.8	1149.2

Anexo 8. Preparación del suelo, laboreo**Anexo 9.** Surcado manual de los tratamientos.

Anexo 10. Medición de trazado de las parcelas experimentales.



Anexo 11. Desinfección del suelo.



Anexo 12. Siembra de los tratamientos en estudio



Anexo 13. Emergencia .**Anexo 14.** Fertilización foliar**Anexo 15.** Cultivo de quinua a los 30 días.

Anexo 16. Cultivo de quinua a los 45 días.



Anexo 17. Deshierba de los tratamientos.



Anexo 18. Tratamientos a los 70 días



Anexo 19. Aporque de los tratamientos**Anexo 20.** Tratamientos a los 90 días**Anexo 21.** Tratamientos a los 120 días.

Anexo 22. Cosecha de los tratamiento**Anexo 23. Emparvado de los tratamientos**

Anexo 24. Trilla manual de los tratamientos