

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

DETERMINACION DE TRES NIVELES DE ORINA HUMANA Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN LA COMUNIDAD VILLANDRANI, LA PAZ

JOSÉ LUIS TARQUI COCARAPI

LA PAZ – BOLIVIA

2014

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

DETERMINACION DE TRES NIVELES DE ORINA HUMANA Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN LA COMUNIDAD VILLANDRANI, LA PAZ



Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el título de de Ingeniero Agrónomo

JOSÉ LUIS TARQUI COCARAPI

Asesores:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

.....

Ing. M. Sc. Diego Gutiérrez Gonzales

.....

Tribunal Examinador:

Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban

.....

Ing. M. Sc. Hector Cortéz Quispe

.....

Ing. Bernardo Ticona Contreras

.....

Aprobada

Presidente tribunal examinador

.....

2014

DEDICATORIA

Con todo mi amor a Dios por ser el mejor de los amigos y nunca desampararme.

Al amor de mi vida Elsa Verónica y a mi amada hijita Eliet Maya por ser la inspiración que Dios puso en mi camino para seguir adelante.

A mi madre Justa y a mi padre Patricio por sus constantes oraciones y lecciones de vida, amándome en los momentos que más necesitaba de alguien.

A mis hermanas María Lourdes, Beatriz, Nancy Isabel, como también así a mi hermano Víctor Orlando que siempre me apoyan con el amor de hermanas y hermano sin condiciones.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo.

Al Ing. Ph. D. David Cruz Choque, al Ing. M. Sc. Diego Gutiérrez Gonzales por el asesoramiento brindado durante la realización del presente trabajo de investigación.

Al comité revisor: Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban, Ing. M. Sc. Hector Cortéz Quispe y al Ing. Bernardo Ticona Contreras por sus criterios y contribuciones técnicas para la edición de la presente tesis.

A los señores: Hugo Condori Hilli, José Condori Hilli por el préstamo de terreno y apoyo técnico en la realización del trabajo de campo.

A la ONG Misión Alianza de Noruega en Bolivia por el apoyo brindado durante mi formación profesional, a los facilitadores: al Ing. Fausto Cori, Sra. Rosmery Apaza, y al Lic. Ronald Mayora y al Equipo B.U.M.A.N, a todos ellos por mostrarme a Dios como un amigo incondicional.

A mi padre: Patricio Tarqui R., a mi madre: Justa Cocarapi M., a mis hermanas: Lourdes, Nancy, Beatriz y a mi hermano Víctor por todo el cariño brindado durante el transcurso de mi vida hasta la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Prof. Antonio Javier Cutili por el apoyo teórico – técnico brindado para la edición de la presente tesis.

Al Ing. Veder Quispe Mamani por el apoyo técnico brindado durante los últimos años hasta la presente elaboración de tesis.

RESUMEN

La investigación sobre Determinación de tres niveles de orina humana y densidad de siembra en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) fue realizado en la gestión agrícola 2012-2013 en la comunidad Villandrani Provincia Murillo del Departamento de La Paz, Municipio de El Alto, Distrito Rural 9. El material genético utilizado fue Avena Forrajera, Variedad Gaviota. El biofertilizante foliar fue orina humana fermentada de seis meses.

La siembra se efectuó el 24 de Noviembre del 2012 de acuerdo al croquis de campo, a una distancia entre surcos de 80 cm, seguidamente se apertura los surcos con la ayuda de un tractor agrícola, posteriormente se colocó la semilla a chorro continuo de acuerdo a los niveles de densidad de siembra calculada, finalmente se cubrió las semillas manualmente con la ayuda de rastrillos.

El diseño experimental fue el diseño de bloques completo al azar con un arreglo en parcelas divididas.

Se evaluaron variables de: días a la emergencia, altura de la planta, número de hojas por planta, número de macollos, área foliar de la planta, días a la floración, rendimiento del forraje verde y el análisis económico.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar tres niveles de orina humana y densidad de siembra en el cultivo de avena. La cosecha se lo realizó según el desarrollo fenotípico del cultivo demostrando mayores días a la floración la densidad de 120 kg/ha con un promedio de 140 días en fecha 23 de abril de 2013 y la densidad que presentó menor número de días a la floración fue de donde se sembró 90 kg/ha con un promedio de 134 días en fecha 7 de abril de 2013.

Los resultados muestran que la aplicación del fertilizante foliar tiene efectos positivos sobre el comportamiento agronómico del cultivo. La orina humana

presenta una respuesta positiva estableciendo diferencias en las diferentes dosificaciones aplicadas en el ensayo, también difiriendo de los testigos.

En las dosificaciones aplicadas, el mayor rendimiento de forraje se dio en el T₇ con 5,77 kg/m², siendo este el mayor respecto a los demás tratamientos con la dosis de 3 litros de orina humana en 17 litros de agua, obteniendo así el menor peso el T₉ con 1,66 kg/m² a una densidad de 120 kg/ha, donde no se aplicó ninguna dosis de orina humana en comparación al rendimiento de materia verde.

El análisis económico demuestra que el T₇ se tiene un rendimiento de 5,8 kg/m² y el beneficio costo de Bs. 2,0; en cambio como cita el cuadro 41 el T₃ y el T₅ tienen un beneficio costo de Bs. 2,3 con rendimientos de 4,7 y 2,9 kg/m², siendo estos menores al T₇ que posee la aplicación adecuada.

Los tratamientos T₁₀ y T₁₂ muestran pérdidas en el costo de producción con Bs. 0,9 y 0,8 respecto al rendimiento forrajero de 3,4 y 3,1 kg/m² con respecto al rendimiento de materia verde en el cultivo de avena.

SUMMARY

Research on Determination of three levels of human urine and planting density on cultivated oat (*Avena sativa* L.) was conducted in the 2012-2013 agricultural management Villandrani community Murillo Province Department of La Paz, El Alto Township, Rural District 9 genetic material was used Forage Oats, Variety Gaviota. The foliar biofertilizer was fermented human urine seia months.

Planting took place on November 24, 2012 according to field sketches at a row spacing of 80 cm, then the grooves with the help of an agricultural tractor is opening , then the seed according to continuous jet was placed levels calculated density planting seeds manually finally covered with the help of rakes.

The experimental design was a complete block design with randomly arranged in split plots.

Days to emergence, plant height, number of leaves per plant, number of tillers, leaf area of the plant, days to flowering, green fodder yield and economic analysis: variables were evaluated.

This research aims to determine three levels of human urine and planting density in growing oats. The harvest was made according to the phenotype crop development showing greater days to flowering density of 120 kg/ha with an average of 140 days as of April 23, 2013 and density showed a lower number of days to flowering was where was seeded 90 kg/ha with an average of 134 days as of April 7, 2013 .

The results show that the application of foliar fertilizer has positive effects on the agronomic performance of the crop. Human urine has a hit in differentiating the different doses applied in the trial, also differing from witnesses.

In the applied dosages, the highest forage yield was in the T₇ with 5.77 kg/m², which is the highest compared to the other treatments with a dose of 3 liters of human urine in 17 liters of water, thus obtaining the T₉ weight less 1.66 kg/m² at a density of 120 kg/ha, where no human urine dose was applied compared to the yield of green matter.

The análisiseconómico shows that T₇ has a yield of 5.8 kg/m² and the cost benefit of Bs 2.0; Instead quotes table 41 as the T₃ and T₅ have a cost benefit of Bs 2.3 with yields of 4.7 and 2.9 kg/m² , and these under the T₇ having the appropriate application.

T₁₀ and T₁₂ show loss treatments production cost Bs 0.9 and 0.8 with respect to the forage yield of 3.4 kg/m² and 3.1 with respect to the yield of green matter from oats.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CONTENIDO	i
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE MAPAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
3.1 Importancia del cultivo de avena	4
3.1.1 Valor nutritivo de la avena	5
3.2 Características botánicas	5
3.3 Fases Fenológicas del cultivo de avena	6
3.4 Requerimientos agronómicos del cultivo	8
3.4.1 Requerimientos climáticos	8
3.4.2 Requerimientos de suelo	9
3.5 Densidad de siembra	10
3.6 Altura de la planta	11
3.7 Macollamiento	11
3.8 Area foliar	12
3.9 Producción forrajera de avena	13
3.10 Efecto de las heladas sobre el cultivo de avena	15
3.11 Análisis de crecimiento	15
3.12 Análisis de los costos parciales de producción	16
3.13 Fertilización foliar	17
3.13.1 Absorción de nutrientes por las hojas	17
3.13.2 Ventajas de la fertilización foliar	20
3.13.3 Limitaciones de la fertilización foliar	21

3.14	Uso de la orina humana como fertilizante en plantas	22
3.14.1	Composición de la orina humana	23
3.14.2	Propiedades físico- químicas de la orina humana	24
3.14.3	Beneficios de la orina humana	25
3.14.4	Desventajas de la orina humana	26
3.14.5	Cálculo del área productiva con orina humana	27
3.14.6	Almacenamiento de la orina humana	28
3.14.7	Uso y forma de la aplicación de la orina humana	30
4.	MATERIALES Y METODOS	31
4.1	Ubicación	31
4.1.2	Características climáticas de la región	31
4.1.2.1	Clima y meteorología	31
4.1.2.2	Vegetación	31
4.1.2.3	Suelos	32
4.1.3	Fauna	36
4.1.4	Actividad productiva	37
4.2	MATERIALES	37
4.2.1	Material Genético	37
4.2.2	Fertilizante foliar empleado y dosis de aplicación	38
4.2.2.1	Aplicación de la orina humana por vía foliar	38
4.3	Metodología	39
4.3.1	Diseño experimental	39
4.3.2	Factores de estudio	40
4.3.3	Tratamientos	40
4.3.4	Dimensiones de las unidades experimentales	41
4.3.5	Método de campo	41
4.3.5.1	Elección del terreno	41
4.3.5.1.1	Croquis del experimento	42
4.3.5.1.2	Análisis de suelo y análisis de la orina humana	43
4.3.5.1.3	Preparación del terreno	43
4.3.5.1.4	Delimitación de la parcela experimental	44

4.3.5.1.5 Siembra	44
4.3.5.1.6 Fertilización	44
4.3.5.1.7 Desmalezado	44
4.3.5.1.8 Cosecha	45
4.3.6 Variables de respuesta	45
4.3.6.1 Variables fenológicas	46
4.3.6.1.1 Días a la emergencia	46
4.3.6.1.2 Días a la floración	46
4.3.6.2 Variables agronómicas	46
4.3.6.2.1 Altura de planta (cm.)	46
4.3.6.2.2 Número de hojas por planta	46
4.3.6.2.3 Número de macollos	47
4.3.6.2.4 Area foliar de la planta	47
4.3.6.2.5 Rendimiento del forraje verde	47
4.3.7 Análisis de los costos parciales de producción	48
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
5.1 Descripción del comportamiento fenológico	49
5.1.1 Días a la emergencia	49
5.2 Descripción del comportamiento agronómico	52
5.2.1 Altura de la planta	52
5.2.2 Número de macollos	56
5.2.3 Número de hojas	61
5.3 Descripción del comportamiento fisiológico	65
5.3.1 Area foliar	65
5.4 Descripción de los días a la floración y rendimiento	68
5.4.1 Días a la floración	69
5.4.2 Rendimiento de forraje verde	73
5.5 Análisis de costos	78
5.5.1 Costos de producción	78
5.5.2 Beneficios netos	78
5.5.3 Análisis de dominancia	80

5.5.4 Relación beneficio costo	81
6. CONCLUSIONES	84
7. RECOMENDACIONES	86
8. BIBLIOGRAFIA	87
9. ANEXOS	94

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Composición química de la avena forrajera en verde	5
Cuadro 2.	Fases fenológicas de la avena	7
Cuadro 3.	Composición de la avena verde en 100 g de sustancia	14
Cuadro 4.	Comparación de heces y orina humana	25
Cuadro 5.	Cantidades de abono líquido aplicado	38
Cuadro 6.	Tratamientos resultantes del arreglo en parcelas divididas	40
Cuadro 7.	Características edáficas de los suelos agrícolas y agropecuarios de la Comunidad Villandrani	43
Cuadro 8.	Análisis químicos y microbiológicos de orina almacenada por 3 años	43
Cuadro 9.	Promedio de días a la emergencia en el cultivo de avena	49
Cuadro 10.	Análisis de varianza para días a la emergencia en el cultivo de avena	50
Cuadro 11.	Efecto de las densidades de siembra en los días a la emergencia, prueba de Duncan	50
Cuadro 12.	Promedio de altura de planta en el cultivo de avena	52
Cuadro 13.	Análisis de varianza para altura de planta en avena	53
Cuadro 14.	Efecto de las densidades de siembra en la altura del cultivo, prueba de Duncan	54
Cuadro 15.	Efecto de los niveles de orina en la altura del cultivo, prueba de Duncan	55
Cuadro 16.	Promedio del número de macollos por planta en cultivo de avena	57
Cuadro 17.	Análisis del número de macollos por planta	57
Cuadro 18.	Efecto de las densidades de siembra en el número de macollos	58
Cuadro 19.	Efecto de los niveles de orina en el número de macollos	58
Cuadro 20.	Promedio del número de hojas por planta en el cultivo	

	de avena	61
Cuadro 21.	Análisis de varianza para el número de hojas por planta	61
Cuadro 22.	Efecto de la densidad de siembra en el número de hojas por planta	62
Cuadro 23.	Efecto de los niveles de orina/17lt.H ₂ O en el número de hojas por planta	63
Cuadro 24.	Promedio del área foliar en el cultivo de avena en (cm ²) ..	65
Cuadro 25.	Análisis de varianza para el área foliar en el cultivo de avena	66
Cuadro 26.	Efecto de las densidades de siembra en el área foliar	66
Cuadro 27.	Efecto de los niveles de orina en el área foliar	67
Cuadro 28.	Promedio días a la floración en el cultivo de avena	69
Cuadro 29.	Análisis de varianza para los días a la floración en el cultivo de avena	70
Cuadro 30.	Efecto de las densidades en los días a la floración	70
Cuadro 31.	Efecto de los niveles de orina en días a la floración	71
Cuadro 32.	Promedio del rendimiento de materia verde kg/m ²	73
Cuadro 33.	Análisis de varianza para el rendimiento de forraje en el cultivo de avena	74
Cuadro 34.	Efecto de las densidades en el rendimiento de forraje	74
Cuadro 35.	Efecto de los niveles de orina en el rendimiento de forraje	75
Cuadro 36.	Superficie y rendimiento de avena (Distrito 9)	77
Cuadro 37.	Costos totales subdivididos	78
Cuadro 38.	Análisis de beneficios y costos por tratamiento del cultivo de avena	79
Cuadro 39.	Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos	80
Cuadro 40.	Relación beneficio/costo de los tratamientos para el cultivo de avena	81
Cuadro 41.	Relación beneficio/costo de los tratamientos para el cultivo de avena respecto al rendimiento	82

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Macollamiento en avena y sus partes	12
Figura 2. Pasos en la absorción de nutrientes por las hojas	18
Figura 3. Vías de penetración del abono foliar hasta el conducto vascular	19
Figura 4. Saneamiento ecológico convierte los residuos en un recurso	23
Figura 5. Promedio de días a la emergencia por densidad de siembra	51
Figura 6. Promedio de altura en el cultivo de la avena por tratamiento	55
Figura 7. Promedio del número de macollos por tratamiento	59
Figura 8. Promedio del número de hojas por tratamiento	64
Figura 9. Promedio del área foliar por tratamiento	68
Figura 10. Promedio de días a la floración del forraje por tratamiento	72
Figura 11. Promedio del rendimiento forrajero por tratamiento (kg/m²)	76
Figura 12. Comparación de rendimiento respecto al beneficio costo	82

INDICE DE MAPAS

		Pág.
Mapa 1.	Area de ubicación de la Comunidad Villandrani	34
Mapa 2.	Uso de suelo de la Comunidad Villandrani, Municipio de El Alto, Departamento de La Paz	35
Mapa 3.	Vegetación de la Comunidad Villandrani Municipio de El Alto, Departamento de La Paz	36

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.	Lugar de recolección de la orina humana 95
Anexo 2.	Preparación del fertilizante foliar 95
Anexo 3.	Aplicación foliar con orina humana y agua 96
Anexo 4.	Distancia entre bloques 96
Anexo 5.	Marbetes 97
Anexo 6.	Preparación del abono foliar 97
Anexo 7.	Determinación de la fitomasa aérea 97
Anexo 8.	Encuesta en producción de cultivos. Comunidad:
	Villandrani Distrito N°9 del Municipio de El Alto 98
Anexo 9.	Climograma Del Municipio De El Alto Datos Periodo
	Estación: El Alto 2005 A 2007 99
Anexo 10.	Resumen de las características climáticas de la ciudad
	de El Alto, record de 50 años 100

1. INTRODUCCION

La producción de forrajes cumple un rol importante en la actividad ganadera para la alimentación del ganado vacuno, por tal razón la avena (*Avena sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes dentro de las especies forrajeras por su gran valor nutritivo y alimenticio, caracterizado por su fácil adaptación a condiciones ecológicas del Altiplano.

La utilización de la orina humana como fertilizante fue desde la antigüedad como recurso valioso, dándole así diferentes usos; olvidado en la nueva sociedad de consumo y la comodidad donde los residuos son tratados como desperdicios inmundos que hay que eliminar rápidamente.

Es importante considerar que la orina es un buen fertilizante utilizado para mejorar los suelos y los cultivos agrícolas ya que contiene nutrientes como: nitrógeno, fósforo y potasio. Sin embargo en la actualidad no se aprovecha eficientemente sus propiedades por desconocimiento de sus beneficios. Salazar (2011).

La orina humana es considerada como inocuo y estéril y se puede utilizar sin ningún pre- tratamiento en la fertilización, a menos que se contamine por heces fecales, además ha surgido como una fuente de enriquecimiento y productividad de las plantas de una forma natural, que se ha presentado por la búsqueda de alternativas que vayan en beneficio del hombre y del medio ambiente. Höglund *et al.* (2001).

La presente investigación, tiene el propósito de utilizar la orina humana disponible de manera fácil como fertilizante ecológico líquido. Esto significa una fuente adicional de micronutrientes óptimos que deben ser suministrados para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta y que esta no se pierda como residuo inorgánico, sino disponerlo como fertilizante natural para mantener la calidad de avena y fortalecerla, enfocando a la orina humana para uso productivo, ya que permite como cualquier abono orgánico, el mejoramiento de las condiciones

fisiológicas de la planta haciéndola adaptable al cambio climático en nuestro medio agrícola, también se pretende evitar el uso de fertilizantes químicos nitrogenados y que los productores forrajeros tengan mejores ingresos económicos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Determinar tres niveles de orina humana y densidad de siembra en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.) en la Comunidad Villandrani, La Paz.

2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de tres niveles de fertilización foliar con orina humana en el comportamiento agronómico de la avena forrajera variedad Gaviota.
- Conocer el efecto de tres densidades de siembra 60, 90 y 120 kg/ha en el comportamiento de la avena forrajera.
- Determinar la interacción de niveles de fertilización foliar con orina humana fermentada y densidad de siembra en el comportamiento agronómico de la avena forrajera.
- Realizar el análisis de los costos parciales de los tratamientos en el cultivo de la especie forrajera avena.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Importancia del cultivo de avena

La avena es una planta anual de la familia de las gramíneas adaptada a nuestro medio, por sus características resulta ser el cultivo de mayor importancia para la alimentación del ganado. PDLA (2006).

La avena es una forrajera de alta productividad, especialmente en valles, zonas frías y húmedas. Se cultiva desde los 2000 a 4500 msnm. SEFO-SAM (2011).

El mismo autor menciona que actualmente la avena es la forrajera más difundida y cultivada por los productores, aumentando las superficies con cultivos de avena, destinadas a la alimentación del ganado lechero.

La avena es el cereal más importante en los países de clima frío, su uso principalmente en la alimentación animal, como forraje verde, heno y ensilado. Actualmente el cultivo está tomando relevancia en algunas zonas de Sudamérica debido al empleo de técnicas de siembra directa y la gran cantidad de producción de biomasa "Forraje Verde". (Palomino, 2013).

Duran (2001), señala que la importancia de la avena, es una especie que tiene amplio rango de adaptación al tipo de suelo y clima, resiste la explotación corte-pastoreo y en forma general no produce timpanismo en los rumiantes. Es un cultivo de mayor importancia para el ganado, actualmente es la forrajera más difundida y cultivada por los productores lecheros.

La avena por su calidad forrajera puede consumirse en estado verde, henificado o ensilado, pero se utiliza generalmente en estado fresco porque es mas apetecible y se obtiene mayor rendimiento y calidad nutritiva (Veizaga, 1984).

3.1.1 Valor nutritivo de la avena

El valor nutritivo se refiere a las características que tiene el forraje para poder proveer nutrientes al animal, por lo cual el valor nutritivo de los forrajes van íntimamente relacionados con el requerimiento nutricional del animal. (Torrico, 2002).

Tapia (1997), señala que el objetivo de la producción forrajera no es simplemente producir en gran volumen el forraje, sino al mismo tiempo es satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales que lo consumen; por esta razón, la determinación del valor nutritivo de los forrajes es parte integrante de todo programa de investigación forrajera.

El valor de proteína metabolizable indica el grado en que los alimentos contribuyen a cubrir las necesidades de proteína de los tejidos animales. (Cerrillo *et al*, 2012).

Bidwell (1993), indica que el valor nutritivo de la avena como el de cualquier otra forrajera varía principalmente por el estado fisiológico en el que se encuentra y el grado de fertilización que se utilice, disminuyendo la calidad nutricional a medida que pasa el tiempo óptimo de cosecha.

Cuadro 1. Composición química de la avena forrajera en verde

Agua %	MS %	Proteína digestible %	Grasa %	ELN %	Fibra %	Cenizas %
82-88	17-18	1,7-2,0	0,4 - 0,6	8,8-9,5	5,8-6,5	1,6-1,7

Fuente: Juscafresca (1980).

3.2 Características botánicas

Según Robles (1990), las características botánicas de la avena son: el sistema radicular es pseudo fasciculado y fibroso, un poco más desarrollado que el trigo, lo

que permite a la planta aprovechar mejor las posibilidades del suelo en las regiones pobres. Asimismo el tallo es grueso y bastante blando, lo que le confiere una resistencia al vuelco, caña herbácea y erguida con nudos llenos y entre nudos huecos; crece de 0.6 a 0.5 m y con 3 a 5 o más tallos, que varían de 0.32 a 0.64 cm de diámetro.

El mismo autor menciona que las hojas son planas alargadas de color verde oscuro; en el punto en que el limbo se separa del tallo, posee una lígula ovalada, pero carecen de estípulas. Su color es verde azulada bastante oscuro. Asimismo la inflorescencia se denomina panícula, es un racimo de espiguillas de 2 o 3 flores, sustentadas de largos pedúnculos, sobre todo en su base y el fruto es grano maduro y alargado.


La avena (*Avena sativa* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, se acostumbra sembrar a principios de primavera (Septiembre) para cosechar a mediados o finales de verano (Marzo – Abril). La avena es una gramínea anual, donde el sistema radicular de la avena es fasciculado de mayor profundidad que la cebada y el trigo, los tallos son erectos de caña delgada y menos rígidos, con nudos y entrenudos, por eso es susceptible al encamado, las hojas son alargadas, estrechas y con vainas que abrazan completamente el tallo, la inflorescencia está constituido por un racimo de espiguillas llamado panoja, de cada espiguilla contiene entre 2 a 5 flores, de las cuales solo 2 se desarrollan. (Palomino, 2013).

3.3 Fases Fenológicas del cultivo de avena

Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica. (Yzarra y López, 2011).

Infoagro (2013), muestra la composición de la avena verde durante la época de floración tiene una altura de planta: 0.6 a 1.8 m., macollos por planta: 7-22, días a la floración: 90 – 95, días a la cosecha 100-120 días, tamaño de la inflorescencia 30 – 60 cm., flores por panoja: 74 – 83.

Cuadro 2. Fases fenológicas de la avena



EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJE	ENCAÑADO	PANOJA	FLORACIÓN	MADURACION LECHOSA	MADURACION PASTOSA	MADURACION CORNEA
Aparición de las plantitas con 1 ó 2 hojas por encima de la superficie del suelo.	Aparece la tercera hoja en la planta.	Momento en que aparece el primer macollo en la orilla de sus hojas más bajas de la planta. Se debe notar el inicio de esta fase cuando el macollo tiene 1 cm de longitud.	Aparece el primer nudo en el primer tallo principal de la planta. Este nudo se halla entre los 2 a 3 cm del suelo.	La mitad de las panojas han comenzado a salir de la vaina de la hoja superior.	Momento en que se abren las primeras flores.	Los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.	Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa.	Los granos se hallan duros y todas las partes de la planta están secas.

Fuente: (Yzarra y López, 2011)

Mariscal (1992), menciona que para pasar de una fase a otra dentro del ciclo biológico, se requiere de cierta “energía”, que constituye la fuerza con que se produce la aparición de nuevos órganos, y está representada por el número de días que tardan en aparecer desde el primero hasta el último órgano de la fase. Entre estas fases en las gramíneas se pueden distinguir:

- ✓ Emergencia, no se debe confundirse con la germinación ya que es una fase oculta, en realidad es la aparición de los primeros tejidos de la planta sobre la superficie del suelo con una a dos hojas hasta el inicio del macollamiento.
- ✓ Macollamiento, cuando el 50% de las plantas han macollado, es decir tienen brotes o retoños.
- ✓ Encañado, cuando el 50% de las plantas presentan el primer nudo a dos o tres centímetros sobre el suelo.

- ✓ Embuchamiento, la panícula se encuentra envuelta dentro de la vaina de la hoja bandera (hoja superior).
- ✓ Panojamiento, o llamado prefloración, cuando el 50% de las plantas tienen panículas completamente libres de la vaina foliar.
- ✓ Floración (Antesis), cuando en el 50% de las panículas, las florecillas se abren y las anteras liberan el polen.
- ✓ Grano lechoso, cuando el 50% de las panojas presentan granos que al ser presionados con la uña revientan con la liberación de un fluido (líquido de color blanco).
- ✓ Grano pastoso, cuando el 50% de las panículas presentan granos que resisten al ser presionados con la uña. El contenido del ovario se solidifica.
- ✓ Madurez fisiológica, cuando el 50% de las plantas presentan el pedúnculo de color amarillento.

3.4 Requerimientos agronómicos del cultivo

3.4.1 Requerimientos climáticos

Parsons (1989), menciona que los requerimientos climáticos de los cereales menores y principalmente de la avena están referidos a:

Temperatura.- Esta especie se cultiva en zonas templadas; sin embargo, también puede crecer en áreas con baja temperatura y con baja humedad, la temperatura adecuada para el cultivo de esta planta varía entre 15 a 31°C, aunque también pueden soportar bajas temperaturas.

Precipitación.- Los cereales de primavera requieren como promedio 600 mm de precipitación durante el año y los de invierno requieren aproximadamente unos 800 mm; sin embargo, estas especies también se adaptan a zonas con precipitaciones de 300- 400 mm de precipitación.

Fotoperiodo.- En la época de crecimiento y floración los cereales requieren un periodo de días largos, es decir con más de 12 horas luz por día. Cuando la

duración del día no es suficiente en la época de floración, esta se tardara. Sin embargo, algunas variedades son relativamente insensibles a la duración del día.

SEFO-SAM (2011), menciona que la avena es una forrajera de alta productividad, especialmente en valles, zonas frías y húmedas. Se cultiva desde los 2000 a 4500 m.s.n.m., utilizada para pastoreo, su rusticidad se traduce en no ser exigente en suelo, es tolerante a la sequía y resistente a fuertes heladas. Los rangos de temperatura para su crecimiento y desarrollo son: temperatura óptima entre 25 a 31°C, una mínima de 4 a 8°C y una máxima de 31 a 37°C. Por otra parte la tasa de germinación es mayor al 90% cuando la temperatura sobrepasa a los 7°C, siendo el rango óptimo de 10 a 25°C.

Mariscal (1992), menciona que las temperaturas afectan a la germinación y desarrollo de las plantas. Es así, que cuando se presentan temperaturas mínimas por debajo de cero grados centígrados los tejidos de las plantas comienzan a sufrir daño, mientras que las temperaturas máximas, cuando son anormales elevadas y está asociada con periodos de sequía permiten una rápida proliferación de plagas, enfermedades y una alta evapotranspiración.

3.4.2 Requerimientos de suelo

La avena se cultiva en suelos francos y franco arcillosos, generalmente a secano muy raras veces bajo riego. Se adapta a suelos con escasa fertilidad y se comporta mejor en suelos alcalinos. No requiere de una preparación rigurosa del terreno, pero sin embargo requiere mullir el suelo adecuadamente a fin de aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta. (SEFO-SAM, 2011).

Para obtener una buena cosecha, es necesario que el suelo tenga una capa cultivable de por lo menos 20 cm de profundidad y una textura media a pesada y de buena estructura que permitan un buen drenaje, obteniéndose los mejores rendimientos en suelos livianos-limosos o arenosos. También es importante el pH

que va de 7 a 8.5 y un contenido de materia orgánica de acuerdo a las necesidades del suelo. Parsons, citado por (Quispe, 1999).

Veizaga (1984), menciona que la avena ya sea para grano o forraje requiere de suelos francos o franco arcilloso, debido a que retienen mejor el agua, generalmente se cultiva a secano y muy rara vez bajo riego. Se adapta a tierras de escasa fertilidad y se comporta mejor en suelos alcalinos. La avena no requiere de una buena preparación del terreno sin embargo, conviene mullir el suelo adecuadamente a fin de aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta.

3.5 Densidad de siembra

Torrigo (2002), señala que desde el punto de vista agronómico la determinación de la cantidad de semilla por unidad de superficie, es importante, porque permite obtener buenos rendimientos, disminuyendo el costo de producción.

PDLA (2006), menciona que la densidad de siembra puede variar dependiendo del método de siembra, cuando la siembra es al voleo se utiliza mayor cantidad de semilla, con relación a la siembra en surco a chorro continuo; puede sembrarse en el cultivo puro o asociado. Asimismo señala que la densidad de siembra en avena es de 80 a 90 kg/ha.

Parsons (1989), indica que son muchos los factores que influyen en la cantidad de semilla a sembrar en la práctica, la cantidad de semilla varía de 70 a 200 kg/ha en cereales, el mismo autor señala que es útil emplear mayor cantidad de semilla cuando: Se siembra en época tardía, el porcentaje de germinación es menor a 90%, mala preparación del terreno, suelos con baja fertilidad.

Indudablemente uno de los factores que interviene en el aumento de la producción de los cultivos de cereales menores como la avena y que juega un rol importante

es la fertilización química, en niveles racionales determinados técnicamente. (Durán, 2001).

Cada cultivo específico requiere de una cierta cantidad de nutrientes. En los cereales los nutrientes de mayor importancia son el N, P y el K, en cantidades de 40 a 200 kg de nitrógeno, entre 20 a 60 kg de fósforo y hasta 40 kg de potasio por hectárea (Parsons, 1989).

3.6 Altura de la planta

Robles (1990), señala que la altura de planta es un indicador de la producción de forraje principalmente se ha utilizado en numerosos casos de muchas especies forrajeras perennes como anuales para evaluar su producción.

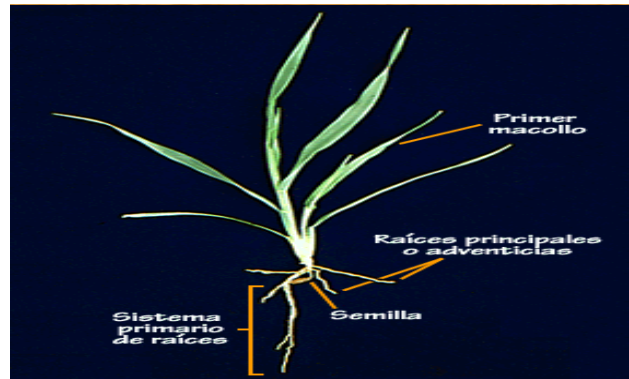
Mendieta (1979), llegó a la conclusión de que mayores alturas de plantas, producirían mayor cantidad de forrajes.

Infoagro (2013), muestra la composición de la avena verde durante la época de floración tiene una altura de planta: 0.6 a 1.8 m., macollos por planta: 7-22, días a la floración: 90 – 95, días a la cosecha 100-120 días, tamaño de la inflorescencia 30 – 60 cm., flores por panoja: 74 – 83.

3.7 Macollamiento

Quispe (1999), en un estudio de especies y variedades de avena, cebada y triticale para la producción de forraje en el altiplano central en la Estación Experimental de Choquenaira en condiciones de secano, encontró un promedio de 6.46, 5.46, y 3.40 macollos por planta de las especies estudiadas.

Figura 1. Macollamiento en avena y sus partes



Fuente: (Chapingo, 2013).

A partir del estado de segunda hoja, comienza el crecimiento de macollos desde yemas ubicadas en los subnodos del eje principal. Los macollos corresponden a brotes laterales y su desarrollo sigue el mismo modelo del tallo principal; así, un macollo va emitiendo hojas y produciendo raíces adventicias durante su desarrollo vegetativo. Las plantas pueden llegar a producir entre tres y cuatro macollos, siendo común que uno o dos de los macollos de formación más tardía no logren aportar al rendimiento. (Chapingo, 2013).

Todas las gramíneas forrajeras tienen un máximo de hojas vivas por macollo, que está determinado genéticamente. Cuando un macollo alcanza esa cantidad máxima de hojas vivas, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere, por lo tanto cada macollo mantiene una cantidad relativamente estable de hojas la mayor parte del ciclo de la planta. (Forrajes y Granos, 2013).

3.8 Área foliar

Méndez (2013), indica que cuando las plantas son individualizables, las medidas lineales de la hoja, se obtienen con uso de relaciones matemáticas simples; en hojas muy grandes como banano, caña de azúcar o maíz, se determina el área como el producto del ancho por el largo; cuando se trabaja en análisis, con fines de vegetación, cambios de biomasa y en general cuando se utilizan grandes

poblaciones de plantas (no individualizables), lo más conveniente es determinar el área foliar utilizando una sub muestra representativa de la población.

Se han desarrollado diferentes métodos para determinar el área foliar como la: planimetría, ecuaciones y coeficientes, regresiones (área – longitud); actualmente existen programas computarizados y equipos sofisticados. (Morales 1992).

Coombs *et al.* (1988), recomiendan que el área foliar debe ser medido lo más pronto posible después de cosechar usando el material mantenido húmedo para evitar el encogimiento o enrollamiento y puede llevar a tener errores en los cálculos.

3.9 Producción forrajera de Avena

El momento oportuno de cosecha del forraje para la evaluación en una investigación, debe estar relacionado con el desarrollo fisiológico de la planta, para esto se ha establecido que el mejor momento de corte es cuando se observan en las parcelas de un 10 al 15% de emergencia de las panojas. Además, es necesario eliminar por efecto de bordura los surcos de los extremos y las cabeceras de las parcelas. (CIF-SEFO, 2000).

Pearson (1989), menciona que el corte se hace cuando el grano se encuentra en estado lechoso o masoso pero preferiblemente en este último, pues es cuando se obtiene el equilibrio de máxima calidad y alto rendimiento, es conveniente dar al corte a unos 8 cm. del suelo, para evitar el efecto del sobrepastoreo en el que existe menos recuperación en el cultivo y menos porcentaje de ahijamiento.

PDLA (2006), menciona que el rendimiento de la avena en materia verde es de 18,000 kg/ha. Asimismo la importancia de segar especies forrajeras en su punto óptimo, radica en que estos contienen mayor porcentaje de proteínas y mayor digestibilidad. Por otro lado, la cantidad de minerales presentes en los follajes y

hojas van disminuyendo a medida que avanza el desarrollo de las plantas a ser henificadas.

Morrison, citado por Duran (2001), señala que la siega de las gramíneas ó leguminosas a intervalos frecuentes como se hace en las praderas cultivadas, generalmente suele ser menor el rendimiento de materia seca, que cuando se los deja desarrollar hasta la fase óptima de siega, debido a que es menor la superficie foliar expuesta a la luz, por tanto disminuye la producción de hidratos de carbono en la planta.

Barcello (1988), menciona que se debe tener cuidado cuando se pesa una planta existiendo diferencias sustanciales en “peso fresco y peso seco”, hasta el punto en que no haya crecimiento sino ganancia de agua.

Cuadro 3. Composición de la avena verde en 100 g de sustancia

Agua %	77
Materia no nitrogenada %	10
Celulosa %	8
Materias minerales %	2.5
Proteínas %	1.9
Materia grasa %	0.6

Fuente: (Infoagro, 2013).

Según Robles (1990), el momento oportuno del corte para forraje es cuando el grano se encuentra en grano lechoso a masoso, pero preferiblemente en este último, pues es cuando se obtiene el equilibrio de máxima calidad y alto rendimiento como heno, en este estado contiene aproximadamente 8.2% de proteína. A medida que se retrasa la época de corte, disminuye el porcentaje de proteína, la digestibilidad, vitamina A y el caroteno.

El mismo autor indica que la altura de la planta, está directamente relacionado con la formación de biomasa, teniendo que a mayor altura existirá mayor biomasa.

3.10 Efecto de las heladas sobre el cultivo de avena

Torres (1983), indica que el descenso de las temperaturas menores a 0°C es conocido como heladas, que es otra de las perturbaciones climáticas adversas que influyen en el cultivo de la avena, esta puede presentarse después del veranillo o sequía o en cualquier época del periodo vegetativo.

El mismo autor menciona que es posible aseverar que la avena en sus primeros estadios (hasta los 60 días de emergencia), soporta heladas de hasta 4°C, la fase crítica resulta ser el panojamiento y la floración, en las cuales el descenso de las temperaturas menores a -1°C afecta al cultivo.

La helada es un fenómeno atmosférico cuando la temperatura del aire es igual o inferior a 0°C. Asimismo, indica que en algunos casos ocurren cambios bruscos en menos de 24 horas, después de una lluvia inmediatamente desaparecen las nubes y se presentan las heladas. Cuando el terreno está húmedo los daños son severos. (Mariscal, 1992),

3.11 Análisis de Crecimiento

El análisis de crecimiento ayuda a describir las condiciones morfofisiológicas de las plantas en diferentes intervalos de tiempo entre dos fases sucesivas y la capacidad de asimilación de la planta, la cual es evaluada a través de la acumulación de materia seca. Morales, citado por (Ticona, 2006).

Lira (1994), señala que un análisis de crecimiento denota un aumento en el volumen, masa o peso (ya sea fresca o seco). Cada parámetro describe algo diferente y rara vez hay relación simple entre ellos en un organismo en crecimiento.

El mismo autor indica que, muchas plantas presentan una curva de crecimiento bastante diferente, una fase u otra puede intensificarse o suprimirse, y la tasa de crecimiento puede fluctuar notablemente al paso del tiempo, presentando inflexiones, mesetas y agudas pendientes, pero tales variaciones se deben generalmente a los eventos del desarrollo y resultan difíciles tratar en términos matemáticos simples.

El corte del pasto se lleva a cabo dos días antes, el pasto debe tener entre 50 y 60% de agua, para lo cual se tiende en hileras para un buen secado. Esta actividad se lleva a cabo utilizando una hoz o una guadaña. Asimismo en la fase de pérdida del contenido de agua del forraje verde hasta llegar al 70 a 73%. (Argote y Ruiz, 2011).

3.12 Análisis de los costos parciales de producción

El objetivo de una evaluación económica propuesta por el CIMMYT (1988), consiste en demostrar la viabilidad financiera de un proyecto mediante una metodología sobre el presupuesto parcial y el análisis marginal, como herramientas útiles para determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios al analizar los resultados. Para tal efecto, se toman los siguientes aspectos económicos:

Presupuesto Parcial.- Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales, con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

Costos variables.- Son los costos por hectárea, relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varía de un tratamiento a otro.

Rendimiento Ajustado.- Es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje de 5 a 30%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

Beneficio Bruto.- Resulta de la multiplicación entre el rendimiento ajustado por el precio del producto.

Beneficio Neto.- El BN es el beneficio total bruto del campo menos el total de los costos variables.

Tratamiento Dominado.- Se considera tratamiento dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo.

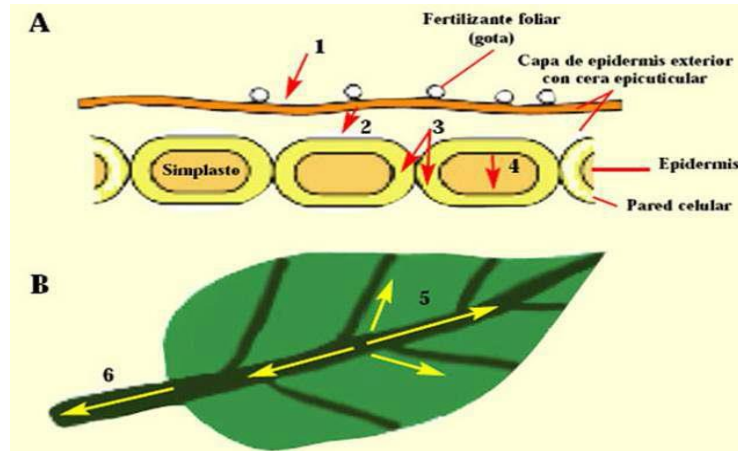
3.13 Fertilización foliar

3.13.1 Absorción de nutrientes por las hojas

Para Smil (1999), la absorción de nutrientes por las hojas es una manera natural de transformar los elementos inorgánicos tomados por las plantas del aire y del suelo en materia orgánica, con la ayuda de la energía de la luz solar: la energía de la luz se transforma en energía química. Las plantas producen azúcar de la luz solar, del aire, del agua y de los nutrientes del suelo.

Romheld (1999), menciona que los fertilizantes aplicados a través de la superficie de las hojas se enfrentan a diversas barreras estructurales para penetrar en este tejido. Asimismo menciona que la estructura general de la hoja está basada en diversas capas, celulares y no celulares. En la siguiente figura se demostrará la absorción de nutrientes por las hojas.

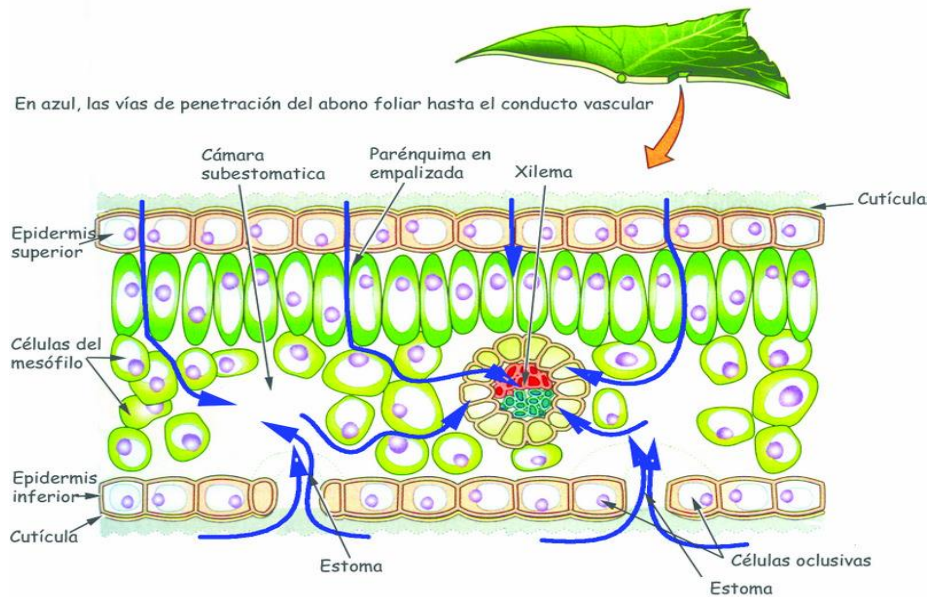
Figura 2. Pasos en la absorción de nutrientes por las hojas



1. Mojado de la superficie de las hojas con la solución del fertilizante. 2. Penetración a través de la pared celular epidermal exterior. 3. Entrada en el apoplasto de la hoja. 4. Absorción en el simplasto de la hoja. 5. Distribución dentro de la hoja. 6. Transporte fuera de la hoja. (Pedulla, 2012).

Para las hojas son órganos que se encargan de realizar el intercambio de gases $O_2 > CO_2$ necesarios durante la fotosíntesis y en todos los procesos bioquímicos de las plantas. Su función primordial, aparte de la fotosíntesis, es la evapotranspiración, con la que envía agua a la atmósfera. Pero los mecanismos que la hoja utiliza para expulsar esa agua, son los mismos que nos permiten introducir agua en ella, y gracias a esta peculiaridad, introducir también, abonos y otros productos necesarios (insecticidas y fungicidas sistémicos). (Pedulla, 2012).

Figura 3. Vías de penetración del abono foliar hasta el conducto vascular



Fuente: (Payeras, 2006)

Al estar la superficie de la hoja mojada con la solución de abono foliar, la diferencia de potencial entre la película de líquido en la superficie y el interior de la hoja hace que penetre en ella, de igual modo que es evaporado a la atmósfera. Esta evaporación hace que en el líquido restante aumente la concentración de abono, dejando en la lámina de la hoja depósitos de sales del abono una vez es evaporada toda el agua. (Payeras, 2006)

El mismo autor menciona que la osmosis también contribuye a la absorción, ya que los fluidos internos de la hoja son más densos que el líquido con la solución de abono, y por tanto el líquido menos denso tiene tendencia a penetrar a través de cualquier membrana semipermeable hacia donde se encuentra el líquido más denso.

3.13.2 Ventajas de la fertilización foliar

Pedulla (2012), menciona que las ventajas de la fertilización foliar, permite una rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo, lo cual muchas veces no es posible mediante la fertilización del suelo.

El mismo autor menciona que los macronutrientes, como se requieren en grandes cantidades, presentan la limitación que la dosis de aplicación no puede ser tan elevada, por el riesgo de fitotoxicidad, además de requerir un alto número de aplicaciones determinando un costo que lo hará impracticable para la mayoría de los cultivos; Permite el aporte de nutrientes en condiciones de emergencia o estrés, como son los siguientes casos:

- **Sequía:** Las plantas absorben nutrientes a través de una solución en la cual éstos están disueltos. En el caso de un estrés hídrico, esta absorción se dificulta severamente limitando la nutrición y comprometiendo el desarrollo del cultivo. En este caso, el aporte de nutrientes vía foliar, permite aliviar esta dificultad, no obstante, se debe tener en cuenta que en estas condiciones las plantas son mucho más sensibles a los efectos de toxicidad causada por las aplicaciones foliares.
- **Anegamiento:** El efecto del exceso de agua en el suelo, tiene un efecto similar al de la sequía. En este caso, la falta de oxígeno suficiente para la actividad de las raíces, presenta la misma consecuencia para la planta, de no poder absorber la cantidad de nutrientes necesaria, presentando en este caso la nutrición vía foliar una alternativa adecuada.
- **Bajas temperaturas:** El efecto de las bajas temperaturas se manifiesta en el daño que puede sufrir el follaje y en su efecto en el suelo. Las heladas pueden ocasionar un daño tal al follaje, que se limite la actividad fotosintética de la planta, limitándose por ende, la absorción de nutrientes. En este caso, las aplicaciones foliares, de más rápida respuesta, permiten que la planta se recupere más rápidamente de esta condición de estrés. Asimismo en las latitudes extremas, es frecuente que las bajas temperaturas congelen el suelo,

limitándose en este caso la actividad de las raíces. Aquí también, la nutrición vía aplicaciones foliares ayuda a las plantas a sobrellevar esta situación adversa.

- **Estimula la absorción de nutriente:** La fertilización foliar con dosis aún bajas de nutrientes, además de su acción nutritiva, tiene el efecto parcialmente estimulante de los procesos productivos de las plantas, estimulando el crecimiento y su capacidad asimilante, lo cual se manifiesta en una mayor absorción de nutrientes y un mejor rendimiento de en la cosecha.

Según Rodríguez (1989), la efectividad de la fertilización foliar depende en gran medida de la cantidad absorbida del elemento a través de la superficie (siendo importante la composición química de las hojas) y de su traslado a través de los conductos floemáticos, requiriendo un gasto de energía metabólica. Estos elementos nutritivos deben atravesar la cutícula, las paredes (primaria y secundaria) y la membrana plasmática hasta llegar al interior de la hoja.

3.13.3 Limitaciones de la fertilización foliar

Las principales limitaciones, o si se les puede llamar desventajas: riesgo de fitotoxicidad, dosis limitadas de macronutrientes, requiere un buen desarrollo de follaje, elevado costo, pérdidas en la aspersion, oportunidad de la aplicación foliar. (Pedulla, 2012).

Para Rodríguez (1989), los factores que afectan a la fertilización foliar son los siguientes:

- **Temperatura:** a medida que aumenta la temperatura, por ejemplo entre 20 a 26°C, la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada. Después de los 28°C comienza a producirse un secado superficial, disminuyendo la absorción de la solución.
- **Humedad relativa:** al aumentar la humedad relativa ambiental la permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar es mayor, aumentando la probabilidad de su absorción.

- **Edad de la hoja:** las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción que las viejas.
- **Características de la solución aplicada:** se difunden a nivel foliar en un mayor grado, los fosfatos y nitratos de potasio, que los cloruros y nitratos de potasio.
- **Luz:** este factor es importante para una óptima fotosíntesis, en consecuencias habrá una energía disponible para la absorción activa de los nutrientes.

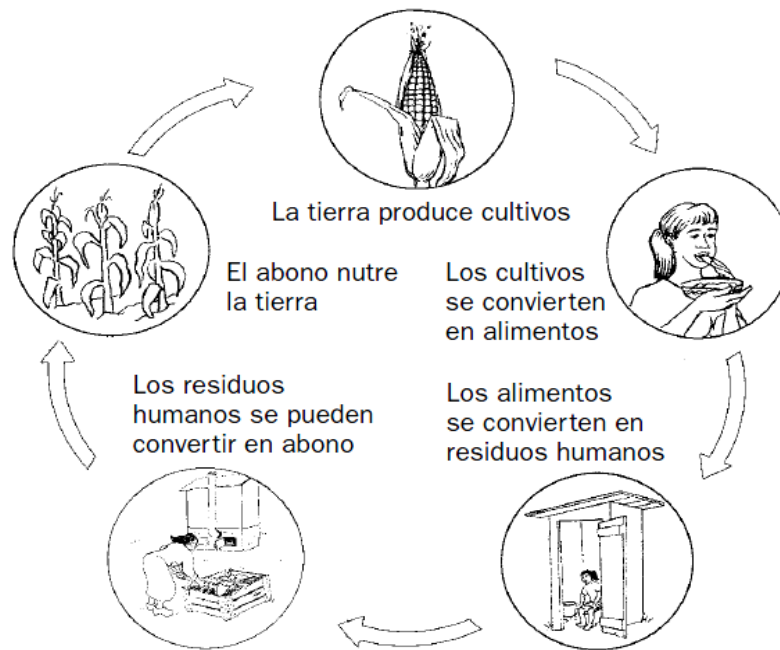
3.14 Uso de la orina humana como fertilizante en plantas

Para usar la orina como fertilizante, previamente se debe dejar reposar no menos de un mes para estabilizar el pH (la orina sale del cuerpo con un pH ácido), luego se diluye con agua en la siguiente proporción: un litro de orina en tres litros de agua. Se lo puede utilizar para cualquier tipo de planta. (Salazar, 2011).

La orina humana ha sido propuesta para ser utilizada como una solución nutritiva alternativa al uso convencional de fertilizantes y soluciones nutritivas inorgánicas. Sin embargo, estudios precedentes han señalado que requiere un acondicionamiento previo para disminuir el pH y la salinidad elevada. (Añorve, 2013).

Rangel *et al.* (2010), mencionan que la orina humana ha sido propuesta para ser utilizada como una solución nutritiva alternativa al uso convencional de fertilizantes y soluciones nutritivas inorgánicas. Sin embargo, estudios precedentes han señalado que requiere un acondicionamiento previo para disminuir el pH y la salinidad elevada.

Figura 4. Saneamiento ecológico convierte los residuos en un recurso



Fuente: (Conant, 2005)

El saneamiento ecológico es una opción al saneamiento convencional, además es un intento para resolver algunos de los problemas como: enfermedades de origen hídrico, degradación y contaminación ambiental como la necesidad de recuperar y reciclar nutrientes para el cultivo de plantas (Salazar, 2011).

3.14.1 Composición de la orina humana

Depende de la alimentación que se haya ingerido, pero en general, la orina contiene Urea (producto final nitrogenado del catabolismo de las proteínas), ácido úrico (derivado del catabolismo de las bases nitrogenadas), Cloruro de Sodio, Sulfatos (azufre), fosfatos (fósforo), electrolitos (sodio, calcio, potasio), Cetosteroides, amonio y algunos pigmentos. Es decir una gran cantidad de micronutrientes a nivel molecular, que se encuentran aptos para la absorción directa de las raíces de las plantas. (Silveti *et al.*, 2012).

Según Gotaas *citado por* Añorve (2013), la orina humana tiene la siguiente composición:

Orina: 1 –1.3 litros por persona por día.	%
Contenido de humedad.....	93 –96
Nitrógeno.....	15 –19
Fósforo.....	2.5 –5
Potasio.....	3 –4.5
Carbón.....	11 –17
Calcio.....	4.5 –6

La orina producida por una persona durante todo un año, totalmente seca, cabría en una maleta de 1 pie cúbico y contiene todo el Nitrógeno necesario para cultivar toda la comida que necesita una persona por un año. (Gotaas *citado por* Añorve, 2013).

En la orina de origen humano se localizan la mayoría de los nutrientes excretados por humanos, aproximadamente 85-90% de nitrógeno (N), 50-80% de fósforo (P), y 80-90% de potasio (K). También menciona que además de los elementos mencionados la orina contiene calcio, azufre, hierro, cobre, zinc, boro, entre otros. Lienert *citado por* (Villavicencio, 2009).

3.14.2 Propiedades físico- químicas de la orina humana

La orina fresca es un líquido acuoso transparente y amarillento, de olor característico, secretado por los riñones y eliminado al exterior por el aparato urinario. Se eliminan aproximadamente 1,5 litros de orina al día. La orina normal contiene un 96% de agua, un 4% de sólidos en solución y aproximadamente 20 g de urea por litro. En la orina fresca con un pH entre 5-7, la urea es el principal compuesto de nitrógeno. (Villavicencio, 2010).

La orina es una fuente valiosa de nutrientes, usada desde tiempos antiguos para aumentar el crecimiento de las plantas, especialmente de las verduras de hojas. (Jönsson *et al.*, 2004).

Cuadro 4. Comparación de heces y orina humana

	ORINA	HECES
Volumen (litros/día)	1.2	0.15
Fósforo (gramos/litro)	0.8	0.6
Nitrógeno (gramos/litro)	3	2
Potasio (gramos/litro)	1.3	0.6

Fuente: Arroyo (2005)

El mismo autor menciona que la orina es, de las excretas humanas, la que más contiene nutrientes.

3.14.3 Beneficios de la orina humana

Para Arroyo (2005), la orina es un excelente fertilizante por sus altos contenidos en Nitrógeno (N), fósforo (P) y Potasio (K), los cuales son los principales macronutrientes (elementos que absorbe en mayor cantidad la planta) para el crecimiento de la planta. Estos elementos se encuentran en la orina en formas químicas asimilables por las plantas. Dada la importancia del N, P y K para el crecimiento vegetal, estos se encuentran en todos los fertilizantes químicos.

Kvarnström *et al.* (2006), menciona que cerrar el ciclo mediante el reciclaje de los nutrientes es un reto clave de la sustentabilidad y esta técnica lo hace posible sin necesidad de aplicar procesos de tratamiento costosos.

La orina contiene sustancias nutritivas casi perfectas, estos nutrientes son solubles en el agua y las plantas los pueden absorber fácilmente. La orina es casi estéril, por eso es posible utilizarla una vez que haya pasado por un tratamiento (proceso de reposo). Las ventajas de una desviación de orina se dan en la

recuperación de los recursos presentes en ella, en el ahorro de agua, así como en una disminución de la carga de nitratos y fosfatos en aguas residuales. (Villavicencio, 2010).

La orina humana es considerada como inocuo y estéril y se puede utilizar sin ningún pre- tratamiento en la fertilización, a menos que se contamine por heces fecales. (Höglund, 2001).

Según Richert *et al.* (2011), el uso de la orina como abono, puede contribuir en la mitigación de la pobreza y la desnutrición, y mejorar la balanza comercial de los países importadores de fertilizantes químicos, si se adopta a gran escala. Se puede ampliar la seguridad alimentaria mediante la aplicación de un fertilizante que está disponible de manera gratuita para todos, independientemente de la logística y los recursos económicos.

Los nutrientes contenidos en la orina humana hace que ésta obtenga propiedades como fertilizador una vez que haya pasado por un adecuado proceso de tratamiento, sobre todo debido a que los elementos que contiene son accesible para las plantas. El efecto fertilizador de la orina es similar al de fertilizantes químicos como por ejemplo la urea. (Villavicencio, 2009).

3.14.4 Desventajas de la orina humana

La orina es considerada como una sustancia estéril si proviene de personas sanas, no obstante existe el riesgo de ser contaminada con materia fecal. Según investigaciones en la orina pueden encontrarse organismos patógenos en particular huevos de áscaris y sistosomas, así como bacterias como la *Salmonella typha* y *S. paratyphi* entre otros, cuya eliminación varía dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, si la orina es tratada adecuadamente, la carga de patógenos será reducida considerablemente. (Esrey *et al.* Citado por Villavicencio, 2009).

Según Richert et al. (2011), En general se puede aseverar que cuanto más largo sea el tiempo entre la aplicación y la cosecha, existe menos riesgo, no existe riesgo por la orina.

Villavicencio (2009). Menciona que en las consideraciones finales de esta sistematización se manifiesta que aún se necesita un amplio trabajo en la concientización y la sensibilización sobre el uso de la orina como un recurso en la agricultura. Finalmente es importante resaltar que es necesaria la repetición de este tipo de experiencia con la participación activa de productores para alcanzar una mayor divulgación de esta buena práctica.

3.14.5 Cálculo del área productiva con orina humana

Arroyo (2005), menciona que la orina fermentada es la que permite cultivar con el sistema de la organoponia (u orinoponia), el cual utiliza orina fermentada como insumo e inoculante. La organoponia se establece en un sustrato de aproximadamente 85% de hojarasca y/o pasto de recorte con una capa superior de tierra, en la cual se siembra o trasplanta y se riega con dosis semanales de orina fermentada diluida.

Kvarnström *et al.* (2006), menciona que el área productiva necesaria (por ejemplo para césped, camas de flores, hortalizas de jardín, árboles) por persona para el uso de la orina en el hogar depende de tres cosas:

- A. La demanda de nitrógeno del área productiva.
- B. La concentración de nitrógeno en la orina recolectada.
- C. Cuantas cosechas son realizadas por año (en Suecia tenemos únicamente una cosecha anual, mientras que en otros climas se pueden realizar tres cosechas).

Jönsson *et al.* (2004), menciona que cuando el área no es un factor limitante, se puede aprovechar todo el efecto fertilizante de la orina, aunque la orina sea

aplicada en diferentes dosis y en diferentes lugares, siempre y cuando la dosis en todos los lugares sea menor a la de la cantidad.

3.14.6 Almacenamiento de la orina humana

Richert *et al.* (2011), menciona que la orina deberá ser recolectada en contenedores plásticos y cerrados, para evitar pérdidas de nitrógeno. De preferencia, almacenarla en lugar fresco y a la sombra. El acopio de la orina puede realizarse en contenedores plásticos de 20 lt., o bien en contenedores de mayor tamaño, dependiendo el número de usuarios y la frecuencia de uso de los sanitarios. Para el manejo de orina se recomienda la protección personal y medidas de higiene.

Arroyo (2005), menciona que la orina es corrosiva con los metales, por ello se recomienda almacenarla en contenedores plásticos. El nitrógeno contenido en la orina es volátil (se evapora), por ello se recomienda el almacenamiento en contenedores cerrados. La orina al salir del cuerpo tiene un pH muy ácido 5-6, con el paso del tiempo, este pH cambia de ácido a básico (o alcalino) registrándose un pH de 8-9.

A mayor tiempo de reposo de la orina hay menor sobrevivencia de patógenos, esto se debe a los altos valores de pH alrededor de 9.0 que se alcanzan ya en las primeras semanas de almacenamiento. A menor temperatura hay mayor supervivencia de patógenos. (Villavicencio, 2009).

Los residuos líquidos se almacenan en tanques de 5000 litros por un tiempo estimado de 3 meses, en el cual se produce la maceración y estabilización de sus componentes químicos alcanzando un pH de 9 (alcalino) que garantiza la muerte de los gérmenes patógenos luego de este procedimiento están listos para su uso como fertilizante líquido. (Ibañez *et al.*, 2012).

Al almacenar la orina, este compuesto se hidroliza en amonio, amoniaco hasta obtener nitritos y nitratos además de hidrocarbonatos. Este proceso hace que el líquido se oscurezca, presente un olor fétido y esté además acompañado de un aumento del pH alcanzando valores de 9. (Villavicencio, 2010).

La mayor parte del nitrógeno en la orina, inicialmente en forma de urea, se convierte rápidamente en amoniaco dentro del recolector. Sin embargo, la pérdida de amoniaco puede minimizarse en el depósito, si está sellado o cubierto con ventilación limitada y puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior con los productores agrícolas. (Esrey *et al.*, 1998).

Conant (2005), menciona que se puede agregar composta a la orina y dejar que esta mezcla se fermente (pudrirse y ponerse ácida) para hacer nueva tierra para sembrar.

Recolecte orina de los sanitarios secos. Por cada litro de orina agregue 1 cucharada de composta sólida enriquecida.

La orina humana puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior con los productores agrícolas. Usualmente se mezcla en proporción de 1:2 a 1:5 partes de agua. Donde no existe el interés en usar la orina de modo práctico es posible depositarla en una cama de evapo-transpiración o bien evaporarla, hasta que el productor se haya convencido de su valor como fertilizante. (Esrey *et al.*, 1998).

Arroyo (2005) menciona que el tratamiento de la orina es muy sencillo, pues consiste en almacenarla en contenedores plásticos cerrados y sin diluir por al menos 1 mes. Esto crea un ambiente más hostil para organismos dañinos.

- Desde el aspecto de salud, cuando se usa la orina de la familia no hay necesidad de reposo. El riesgo de contagio por la orina de algún familiar enfermo es menor que otras vías de contaminación en el hogar.
- En el acopio de orina proveniente de instalaciones sanitarias públicas, es recomendable aumentar los tiempos de reposo.
- Es mejor almacenar la orina sin diluir debido a que es un ambiente más hostil para los microbios parásitos.

3.14.7 Uso y forma de la aplicación de la orina humana

Un período de espera de un mes entre la última aplicación de la orina y la cosecha es una barrera que da tiempo para la mortandad de los patógenos, y es siempre recomendado. (Richert *et al.*, 2011).

Arroyo (2005), recomienda que las dosis posibles con orina humana, a un litro por metro cuadrado del área debajo de los árboles (área de sombra), y en ella aplicar también estiércol, composta, lombricomposta y mantener el acolchado natural con las propias hojas que caen de los árboles.

Esrey *et al.* (1998), mencionan que las verduras crecen en contenedores (idealmente cubetas plásticas de 18-20 litros) rellenos con hojas secas o pasto cortado, cubiertas con una capa de tierra de 3 a 5 cm. La orina, almacenada en envases de 2-5 litros por tres semanas, se aplica al contenido sembrado en la cubeta después de haberla diluido con agua en proporción de 1:10.

Jönsson *et al.* (2004), indican que la orina puede ser aplicada pura o diluida. Sin embargo, su dosis de aplicación siempre debe basarse en la tasa de aplicación deseada del nutriente y cualquier necesidad adicional de agua debe ser satisfecha con agua solamente, no orina diluida. Para evitar malos olores, pérdida de amoníaco y quemaduras foliares.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la Comunidad Villandrani ubicado en la Provincia Murillo, Departamento de La Paz, Distrito Rural 9 del Municipio de El Alto.

Jiménez y Lima (2010), mencionan que analizando el radio urbano de la ciudad de El Alto, D-9, se encuentra en el área urbana expansiva de dicha urbe. Geográficamente se encuentra ubicado entre los paralelos 16°28'12'' y 16°17'24'' de Latitud Sur y entre los meridianos 68°17'24'' y 68°16'48'' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Presentan altitudes que van desde los 3.936 a 3.941 m.s.n.m. Asimismo, limita al Norte con el Distrito Municipal 7, al Sur con la Comunidad Kallutaca del Municipio de Laja; al Oeste con el Municipio de Pucarani; y al Este con el Distrito Rural 11 del Municipio de El Alto.

4.1.2 Características climáticas de la región

4.1.2.1 Clima y meteorología

El Clima del Área de estudio es representativo a lo que sucede en todo el municipio de El Alto. Es decir que es típico de puna con sensaciones térmicas que varían de una mínima promedio de 7°C hasta una máxima promedio de 21°C (Datos SENAMHI 2005 a 2007).

4.1.2.2 Vegetación

Los campos naturales de pastoreo de tipo bofedal mesico de *Festuca sp* – (*Elocharis albibracteata*), constituyen el área de pastoreo comunal para la crianza de bovinos y ovinos particularmente, este tipo de vegetación corresponde a la

zona altiplánica. En general presentan variada biodiversidad de especies vegetales (Mamani, 2008).

Se caracteriza por presentar áreas de cultivo de tubérculos *Solanum sp.* y forrajes (cebada y avena). El 60 a 70% son áreas de cultivo del 30% corresponde a campos agrícolas en descanso CADES, con cobertura vegetal muy pobre con dominancia de especies como *Stipa sp.*, y presencia de malezas (maycha). El estrato de pradera nativa ahijaderos tipo bofedal mesico con dominancia de especies como la *Festuca sp - Eloecharis albibracteata - Lachimilla pinnata*, irrigados por vertientes subterráneos (jalsus), constituyen fuente principal de alimento para la crianza de animales “ganado lechero” (Ardúz *et. al.*, 2007).

Tarqui (2012), menciona que la zona de estudio presenta cobertura vegetal, predominancia de especies que son muy frecuentes: gramíneas y otros, así como también por leguminosas. Se pudo observar una vegetación de predominancia nativa aunque estas son consideradas en su mayoría como malezas, que generalmente crecen durante la época lluviosa, como ser:

<i>Taraxacum officinalis</i>	Diente de león
<i>Erodium cicutarum</i>	Reloj-reloj
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsa de pastor
<i>Brassica alba</i>	Mostacilla
<i>Bidens andicola</i>	Muni-muni
<i>Distichlis humilis</i>	Ch'iji
<i>Stipa ichu</i>	Paja brava – iru ichu
<i>Scirpus rigidus</i>	Totorilla
<i>Parastrepia sp.</i>	T'ola
<i>Festuca dolichphylla</i>	Chilligua

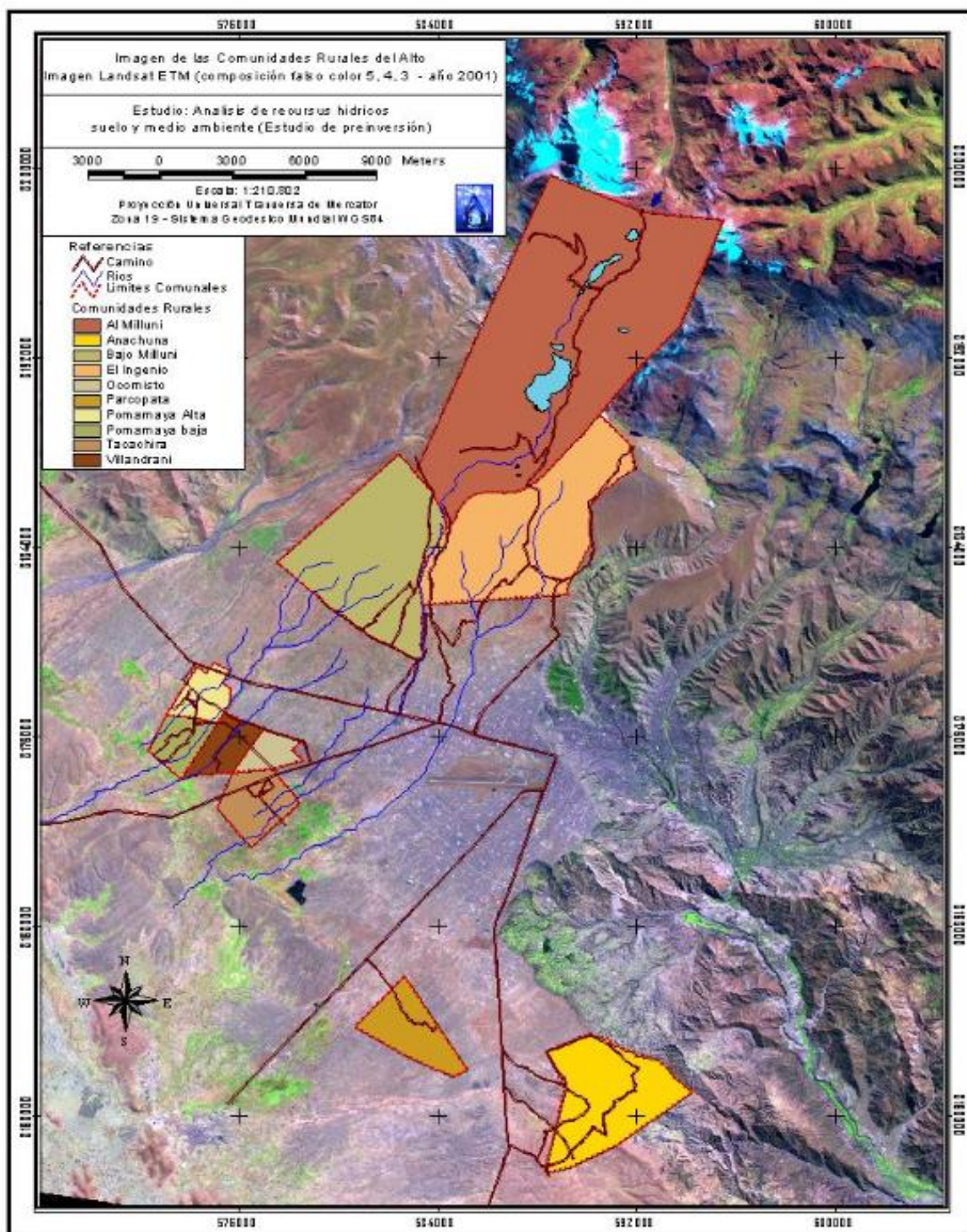
4.1.2.3 Suelos

La textura de los suelos de la comunidad Villandrani en su mayoría son franco - arcillosos con variantes a franco – arcilloso – arenoso, con cantidades regulares

de materia orgánica, el pH de los suelos agrícolas y agropecuarios, son medianamente ácidos (6.00 y 5.30 - 5.90), adecuados para la mayoría de los cultivos. (Mamani, 2008).

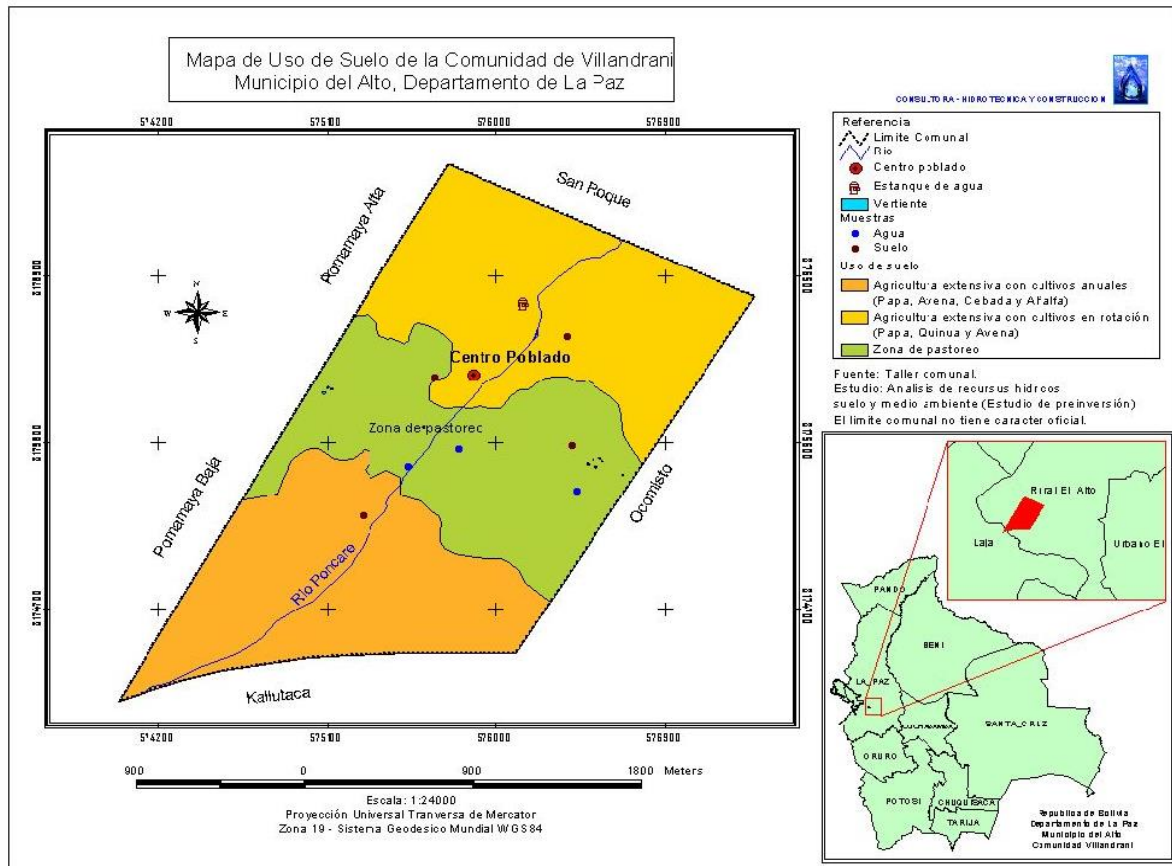
Ardúz *et al.*, (2007), menciona que el pH de los suelos destinados a la actividad agrícola son medianamente ácidos (6.00), adecuados para la mayoría de los cultivos con presencia de un elevado contenido de sales (89.00 uS/cm), de forma similar el pH de los suelos para la agropecuaria varían desde fuertemente ácido (5.30) a medianamente ácidos (5.90), el promedio de esta variación (5.6), muestra que los suelos agropecuarios son adecuados para la mayoría de los cultivos, relacionando con la conductividad eléctrica (31.0 a 45.00 uS/cm) indican la presencia de sales en la capa arable.

MAPA 1. Área de ubicación de la Comunidad Villandrani



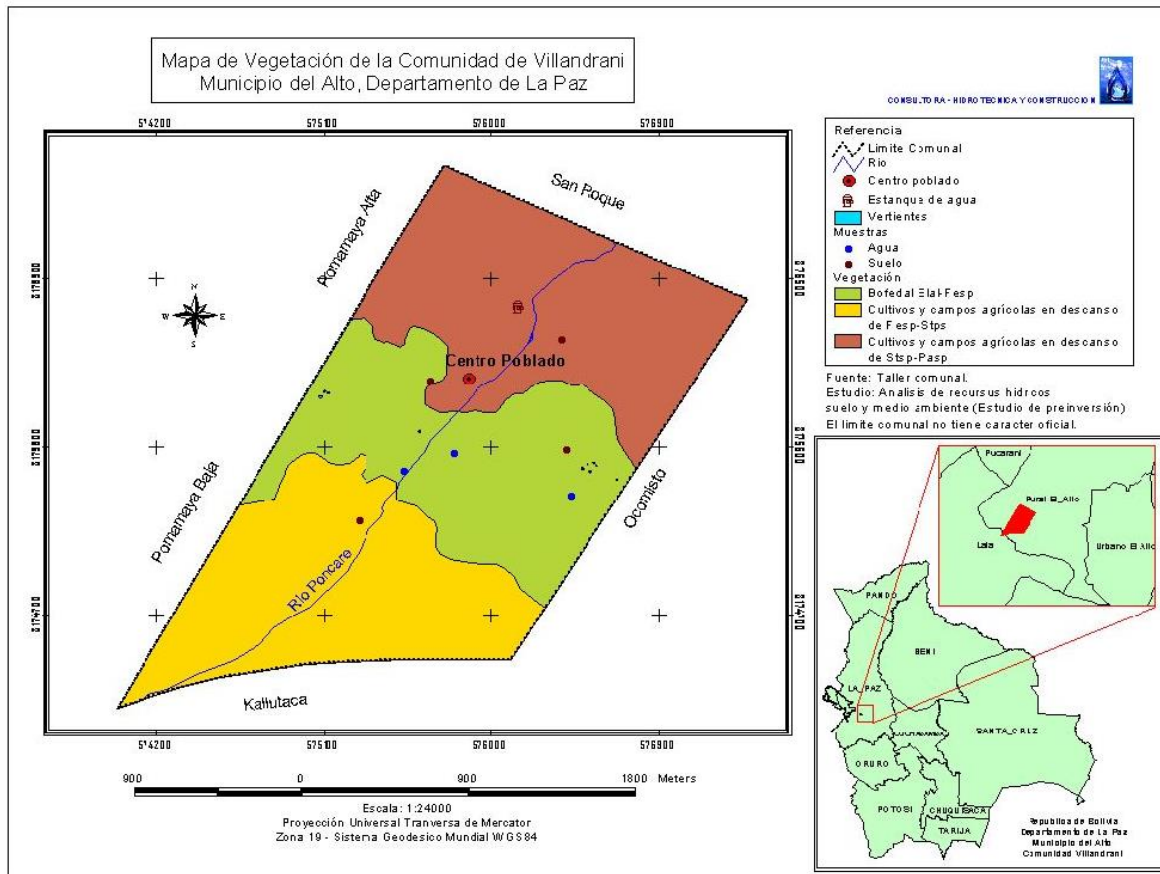
Fuente:(Mamani, 2008)

MAPA 2. Uso de suelo de la Comunidad Villandrani, Municipio de El Alto, Departamento de La Paz



Fuente: (Mamani, 2008)

MAPA 3. Vegetación de la Comunidad Villandrani Municipio de El Alto, Departamento de La Paz



Fuente: (Mamani 2008)

4.1.3 Fauna

Los campos naturales de pastoreo de tipo bofedal mesico de Festuca sp – Eloecharis albibracteata, constituyen el área de pastoreo comunal para la crianza de bovinos y ovinos particularmente, este tipo de vegetación corresponde a la zona altiplánica. En general presentan variada biodiversidad de especies vegetales (Mamani, 2008).

El resultado de la encuesta establece una cantidad 610 bovinos entre toros, vacas, y vaquillas para 80 productores. El promedio de ganado que posee cada productor es de 8 bovinos, por comunidad el mayor promedio lo tiene la Comunidad

Pomamaya Alta con 10. En Villandrani su promedio es menor, con 4 bovinos por productor (Tarqui, 2012).

4.1.2 Actividad productiva

En los distritos rurales 9, 10 y 11 se tiene como principal actividad productiva la agricultura donde las familias de estas comunidades se dedican a la crianza de ganado Bovino, Ovino y Camélido, el cultivo de forrajes (Avena, Cebada y Alfalfa) y papa como principales rubros agrícolas, también se tiene construidas Carpas Solares donde se desarrolla producción de Hortalizas en pequeña escala. Este potencial agropecuario es característico de estos distritos que debe ser desarrollado, lo que permitiría tener mejor acceso a alimentos como la leche, derivados lácteos, carne, papa y hortalizas producidos en El Alto. Asimismo las familias también se dedican a otras actividades económicas como el transporte, comercio, la construcción que les permiten mejorar y diversificar sus ingresos (Mamani, 2008).

La producción de vacas criollas y mejoradas, en las dos épocas, tiene una producción promedio de 6,4 litros, máximo 7,4 litros y mínimo de 5,3 litros. Por el tipo de vaca, sin duda la mayor producción está en las vacas mejoradas por sus características genotípicas (interiormente que es demostrado exteriormente). Esta es mayor en casi 57% a la de las criollas (Tarqui, 2012).

4.2 MATERIALES

4.2.1 Material Genético

El material vegetal utilizado en el estudio fue la variedad de avena forrajera (*Avena sativa* L.) Gaviota que actualmente se encuentra ampliamente difundida en varias áreas en producción forrajera del país; proveída por el centro de semillas SEFO-SAM, Cochabamba.

4.2.2 Fertilizante foliar empleado y dosis de aplicación

Se utilizaron tres niveles de orina humana fermentada de acuerdo a la dosis recomendada por el CIPCA de 3 litros de caldo /17 litros de agua.

Cuadro 5. Cantidades de abono líquido aplicado

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	Abono líquido a dosis CIPCA	3Lt de caldo /17 Lt de agua
T2	Abono líquido dosis alta	4.5 Lt de caldo /17 Lt de agua
T3	Abono líquido dosis baja	1.5 Lt de caldo / 17 Lt de agua
T0	Testigo (sin abonando)	-----

Fuente: CIPCA (2002)

4.2.2.1 Aplicación de la orina humana por vía foliar

El inicio de aplicación con orina humana fermentada de seis meses de color oscuro y olor no fétido, se aplicó a las plantas que presentaron una altura promedio de cinco centímetros (emergencia), aplicando la mitad de la dosis recomendada para prevenir posible estrés en las primeras hojas de las plantas.

Posteriormente se aplicaron las dosis recomendadas cuando las plantas presentaban las etapas fenológicas en la emergencia, macollaje, y la última aplicación se lo realizó en el momento que el 50% de las plantas desarrollaron la hoja bandera, para prevenir los residuos del fertilizante en la alimentación del ganado bovino y esta sea palatable, ya que solo se evaluó hasta el rendimiento de materia verde para los diferentes tratamientos.

Para tal efecto la aplicación por vía foliar se realizó en el ocaso ya que cerca de medio día se tiende a perder el abono foliar por volatilización y el estrés en las hojas.

4.3 Metodología

4.3.1 Diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo utilizando el diseño de bloques completo al azar con un arreglo en parcelas divididas, con 4 repeticiones, debido a que en el presente trabajo de investigación tiene mayor importancia los tratamientos que se ubicaron en las subunidades (parcelas pequeñas) el Factor B (Niveles de orina humana), y en las unidades completas (parcela grande) se ubicaron el Factor A (Densidades de siembra) para facilitar el manejo, que corresponde al siguiente Modelo Aditivo Lineal (Calzada, 1982).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_a + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_b$$

Donde:

- Y_{ijk} : Una observación cualquiera
- μ : Media poblacional
- β_j : Efecto del j-ésimo bloque
- α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Densidad de siembra)
- ε_a : Error de la parcela principal
- γ_k : Efecto del k-ésimo nivel del factor B (Niveles de orina humana)
- $(\alpha\gamma)_{ij}$: Interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k-ésimo nivel del factor B
- ε_b : Error de sub-parcela , error experimental

4.3.2 Factores de estudio

En el presente estudio se establecieron los siguientes factores:

Factor A: Densidades de siembra

$a_1 = 60$ kg/ha de avena

$a_2 = 90$ kg/ha de avena

$a_3 = 120$ kg/ha de avena

Factor B: Niveles de fertilización foliar con orina humana

$b_1 = 0$ litros de orina en 17 litros de agua

$b_2 = 1.5$ litros de orina en 17 litros de agua

$b_3 = 3$ litros de orina en 17 litros de agua

$b_4 = 4.5$ litros de orina en 17 litros de agua

4.3.3 Tratamientos

Se establecieron los tratamientos tomando en cuenta la existencia de tres densidades de siembra, tres niveles de aplicación de orina humana y un testigo, dando un total de 12 tratamientos.

Cuadro 6. Tratamientos resultantes del arreglo en parcelas divididas

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T1 = $a_1 b_1$	Densidad de siembra 60 kg/ha sin aplicación de orina
T2 = $a_1 b_2$	Densidad de siembra 60 kg/ha con 1.5 litros de orina en 17 litros de agua
T3 = $a_1 b_3$	Densidad de siembra 60 kg/ha con 3 litros de orina en 17 litros de agua
T4 = $a_1 b_4$	Densidad de siembra 60 kg/ha con 4.5 litros de orina en 17 litros de agua
T5 = $a_2 b_1$	Densidad de siembra 90 kg/ha sin aplicación de orina
T6 = $a_2 b_2$	Densidad de siembra 90 kg/ha con 1.5 litros de orina en 17 litros de agua
T7 = $a_2 b_3$	Densidad de siembra 90 kg/ha con 3 litros de orina en 17 litros de agua
T8 = $a_2 b_4$	Densidad de siembra 90 kg/ha con 4.5 litros de orina en 17 litros de agua
T9 = $a_3 b_1$	Densidad de siembra 120 kg/ha sin aplicación de orina
T10 = $a_3 b_2$	Densidad de siembra 120 kg/ha con 1.5 litros de orina en 17 litros de agua
T11 = $a_3 b_3$	Densidad de siembra 120 kg/ha con 3 litros de orina en 17 litros de agua
T12 = $a_3 b_4$	Densidad de siembra 120 kg/ha con 4.5 litros de orina en 17 litros de agua

4.3.4 Dimensiones de las unidades experimentales

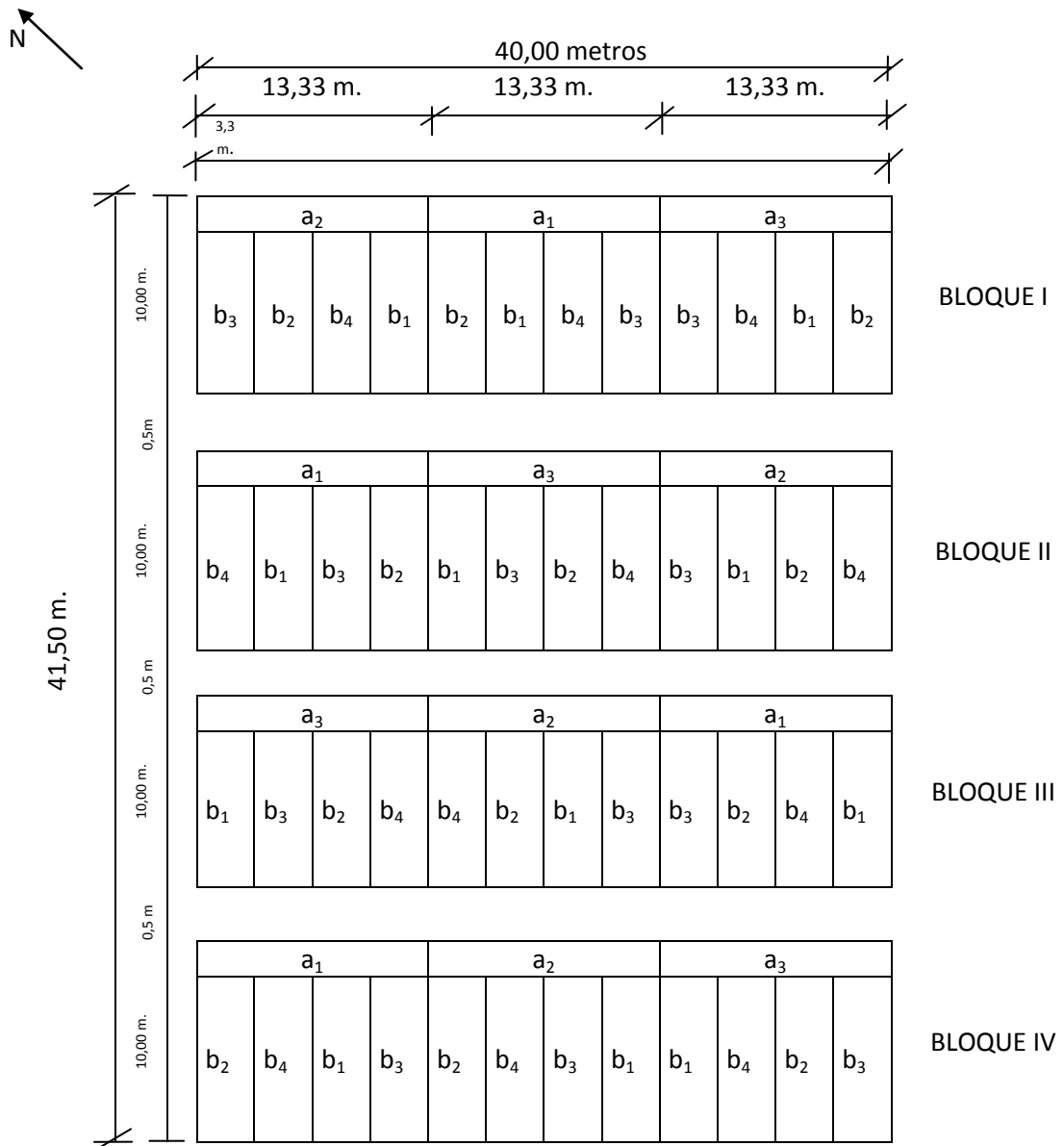
- Largo del campo experimental (mas pasillos)	41,50 m
- Ancho del campo experimental (mas pasillos)	40,00 m
- Área total del experimento (mas pasillos)	1.660,00 m ²
- Ancho del pasillos entre bloques	0,5 m
- Área del bloque	400,00 m ²
- Número de bloques	4
- Largo de la parcela grande	10 m
- Ancho de la parcela grande	13,33 m
- Área de la parcela grande	133,30 m ²
- Número de parcelas grandes por bloque	3
- Largo de la parcela pequeña	10 m
- Ancho de la parcela pequeña	3,33 m
- Área de cada unidad experimental	33,30 m ²
- Número de unidad experimental por parcela grande	4
- Largo del surco	10 m
- Ancho del surco	0.8 m
- Número de surcos por unidad experimental	4
- Efecto de bordura	1 m
- Número de surcos por efecto de bordura	2
- Número de surcos para rendimiento	2
- Área útil de evaluación/UE	12,80 m ²

4.3.5 Método de campo

4.3.5.1 Elección del terreno

Se realizó el reconocimiento e inspección visual del área para ubicar el experimento, seleccionando un lugar adecuado en el cual se sembró el cultivo.

4.3.5.1.1 Croquis del experimento



4.3.5.1.2 Análisis de suelo y análisis de la orina humana

Cuadro 7. Características edáficas de los suelos agrícolas y agropecuarios de la Comunidad Villandrani

Área de cultivo/Tipo de pradera	Textura	pH	CE (uS/cm)	% Nitrógeno Total	% Carbono Orgánico	% Materia Orgánica
Agricultura extensiva con cultivos anuales en rotación (Papa, Quinoa y Avena) y CADES de <i>Stsp-Pasp</i>	FYA	6,00	89,00	0,17	1,60	2,70
Agropecuaria extensiva con cultivos anuales (Papa, Avena, Cebada y Alfalfa) y CADES de <i>Fesp-Stsp</i>	FY	5,30	45,00	0,19	2,00	3,40
	FY	5,90	31,00	0,11	1,20	2,10
Bofedal de <i>Fesp-Elal</i>	FY	6,20	202,00	0,35	4,10	7,00

CADES = Campos naturales de pastoreo, *Fesp* = *Festuca especie*, *Stsp* = *Stipa especie*, *Pasp* = *Parastrehya especie*, *Elal* = *Elocharis albibractea*. Fuente. (Ardúz et al., 2007).

Cuadro 8. Análisis químicos y microbiológicos de orina almacenada por 3 años

Orina	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Turbidez	Análisis bacteriológico
Tanque 2	9	0.56 g/L	0.245 g/L	1.872 g/L	Turbia, color café oscuro	Esclerichia coli (+)
Tanque 3	9	0.449 g/L	0.252 g/L	1.755 g/L	Turbia, color oscuro	Esclerichia coli (+)

Fuente: (Sandoval y Medina, 1999).

4.3.5.1.3 Preparación del terreno

El desterronado del terreno se llevó a cabo el mes de Agosto del 2012. Posteriormente el rastreado se realizó el mes de noviembre, haciendo uso del tractor agrícola y tracción humana en mullir los terrones a menor diámetro.

Posterior a ello se realizó el nivelado manualmente con rastrillos para uniformizar el suelo, de modo que este en óptimas condiciones para la siembra.

4.3.5.1.4 Delimitación de la parcela experimental

Sobre el terreno preparado de acuerdo a las características del campo experimental considerando el respectivo dilimitacion y se realizó la división en bloques y en unidades experimentales (parcelas grandes) y posteriormente en subunidades (parcelas pequeñas), utilizando una cinta métrica, lienzo y estacas.

4.3.5.1.5 Siembra

La siembra se efectuó el 24 de Noviembre del 2012 de acuerdo al croquis de campo, a una distancia entre surcos de 80 cm, seguidamente se apertura los surcos con la ayuda de un tractor agrícola, posteriormente se coloco la semilla a chorro continuo de acuerdo a los niveles de densidad de siembra calculada, finalmente se cubrió las semillas manualmente con la ayuda de rastrillos.

4.3.5.1.6 Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo a los niveles establecidos y a las sugerencias técnicas con la incorporación en la fase de emergencia, macollamiento y desarrollo del 50% de la hoja bandera, ya que se pretendió garantizar la palatabilidad de forraje verde para el ganado bovino, fertilizando así en horas del ocaso, para evitar y prevenir la quemadura de las hojas, incidencia de la helada y evitar la palatabilidad de liebres existentes en el lugar, ya que estas merodean en horas de la noche.

4.3.5.1.7 Desmalezado

Con la finalidad de lograr un buen desarrollo y crecimiento del cultivo y obtener rendimientos satisfactorios, se realizó deshierbes de las especies consideradas como malezas en forma manual, entre las más comunes que se encontraron fueron la cebadilla (*Bromus catarticus*), diente de león (*Taraxacum officinalis*),

Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), mostacilla (*Lepidium latifolium*), mata conejo (*Lepidium chichicara*), y muni-muni (*Bidens andicola*).

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo no hubo la presencia de plagas y enfermedades atribuyéndose que es una especie resistente y que se adapta a las condiciones agroecológicas del altiplano.

4.3.5.1.8 Cosecha

La cosecha se realizó manualmente en horas de la mañana, con la ayuda de hoces y una balanza de 50 kg de capacidad para el pesaje de la fitomasa aérea, cuando el 50% de la población se encontraba en grano lechoso.

Para determinar el rendimiento se cosecharon los 2 surcos centrales de cada unidad experimental, tomando en cuenta el efecto de bordura 1.00 m en ambas cabeceras del surco y desechando un surco en cada extremo, el corte se lo realizó a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.

Luego se procedió a pesar la materia verde para cada unidad experimental, para obtener el rendimiento de materia verde kg/m^2 .

4.3.6 Variables de respuesta

Los distintos niveles de fertilización foliar y densidades de siembra fueron evaluados bajo los siguientes parámetros:

4.3.6.1 Variables fenológicas

4.3.6.1.1 Días a la emergencia

Para determinar este parámetro, se consideró los días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia del 50% de las plántulas en los diferentes tratamientos.

4.3.6.1.2 Días a la floración

Los días a la floración se determinaron mediante la caracterización de los diferentes tratamientos, cuando estos presentaron el 50% de flores.

4.3.6.2 Variables agronómicas

4.3.6.2.1 Altura de planta (cm)

La medición de altura de planta se realizó quincenalmente, en cuatro plantas seleccionadas al azar por unidad experimental, haciendo su lectura desde la base de suelo hasta la punta de la espiguilla terminal en estado lechoso. Dichas medidas se realizaron durante todo el desarrollo del cultivo.

4.3.6.2.2 Número de hojas por planta

Se realizó un conteo directo del número de hojas en las plantas muestreadas al azar, desde el momento en que aparecieron las primeras hojas verdaderas hasta el momento de la cosecha hasta la aparición de la hoja bandera.

4.3.6.2.3 Número de macollos

Se determinó por conteo directo en el momento de la cosecha, para los cuales se extrajeron cuatro plantas al azar desde la raíz por unidad experimental y el promedio fue expresado en número de macollos por planta.

4.3.6.2.4 Área foliar de la planta

En cada una de las plantas muestreadas las hojas se dispusieron por tamaño: pequeños, medianos y grandes para medir el ancho (en la parte central) y el largo de la hoja en cm, estos valores se multiplicaron por el factor de corrección 0.75, una vez obtenido el promedio de estos valores, la misma se relacionó con el número de hojas por planta para obtener el área foliar de dicha planta. El promedio del grupo muestreado, se expresó como área foliar de la planta por tratamiento.

$$AF = \text{Ancho de la hoja} \times \text{Largo de la hoja} \times 0.75$$

4.3.6.2.5 Rendimiento del forraje verde

Se procedió a pesar la materia verde, con el grano en estado lechoso, para determinar el rendimiento en kg/m^2 del cultivo de avena.

Silveti *et al.* (2012), menciona que en el T5 con fertilización orgánico orina diluida de 1:4 y humus ecosan de 3 Kg/ha presenta un mayor rendimiento de producción de avena calculado en 18,1 Ton/ha. Asimismo el T2 con fertilización orgánico liquido orina diluida en 1:4 presenta un rendimiento calculado de 16,2 Ton/ha y el testigo T6 presenta con menor rendimiento calculado en 13,2 Ton/ha.

4.3.7 Análisis de los costos parciales de producción

El análisis económico se realizó de acuerdo al método de costos parciales de producción incluye solamente los costos afectados con el cambio tecnológico propuesto. En nuestro caso estamos comparando si la alternativa tecnológica de la aplicación de niveles de fertilizante y densidades de siembra tiene ventajas económicas contra la práctica tradicional del agricultor según (CIMMYT, 1988).

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Descripción del comportamiento fenológico

A continuación se detallan los resultados obtenidos en campo del presente trabajo de investigación de las características fenológicas que se evaluaron, tales como: días a la emergencia el cual fue evaluado estadísticamente.

5.1.1 Días a la emergencia

Los promedios de días a la emergencia en el cultivo de avena, con diferentes densidades de siembra se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 9. Promedio de días a la emergencia en el cultivo de avena

Densidades de Siembra	Trattos.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio Trattos.	Promedio Densidades
60 kg/ha	T-1	23	23	21	21	22	22
	T-2	21	22	21	23	22	
	T-3	22	21	22	22	22	
	T-4	23	23	22	23	23	
90 kg/ha	T-5	19	18	19	18	19	19
	T-6	18	19	19	18	19	
	T-7	19	18	18	19	19	
	T-8	18	19	18	19	19	
120 kg/ha	T-9	13	14	13	14	14	14
	T-10	14	15	13	14	14	
	T-11	14	13	14	15	14	
	T-12	15	13	14	13	14	

En el cuadro 9 se puede observar los promedios de días a la emergencia, donde se presenta diferencia significativa entre los doce tratamientos. Se observa que los tratamientos donde se aplicaron 60kg/ha de avena presentan mayor tiempo 22 días a la emergencia del cultivo, seguido de los tratamientos donde se aplicaron 90 y 120 kg/ha con 19 y 14 días a la emergencia.

Para poder observar mejor los resultados y la diferencia que existe en la densidad de siembra se realizó el análisis de varianza respecto a los días de emergencia.

Cuadro 10. Análisis de varianza para días a la emergencia en el cultivo de avena

Fuentes de Variación	Días a la emergencia				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	1.41	0.472	0.72	0.5468 *
Densidades	2	547.87	273.937	419.65	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	0.958	0.159	0.24	0.9573 *
Niveles de orina	3	0.750	0.250	0.38	0.7661 NS
Dend*Niveles de orina	6	2.625	0.437	0.67	0.6744 NS
Error	27	17.625	0.652		
TOTAL	47	571.25			

CV = 4.45%

En el cuadro 10 de análisis de varianza se observa que el coeficiente de variación es 4.45% lo que nos indica que los datos obtenidos en el experimento son confiables, en los días a la emergencia.

También se puede observar que existe diferencia significativa en la densidad de siembra por lo que se realizó la prueba de Duncan.

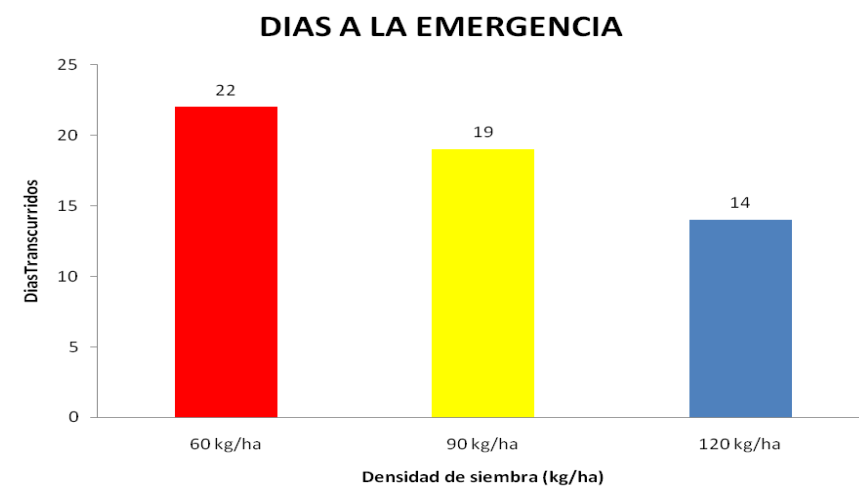
Cuadro 11. Efecto de las densidades de siembra en los días a la emergencia, prueba de Duncan.

Densidades	Días a la emergencia	Prueba de Duncan (5%)
60 kg/ha	22	A
90 kg/ha	19	B
120 kg/ha	14	C

En el cuadro 11, respecto a la prueba de Duncan al 5% de confianza, se puede observar tres grupos, donde el grupo que tardó más días en emerger es el promedio de tratamientos en la densidad de siembra de 60 kg/ha con 22 días, seguido del grupo donde la densidad fue 90 kg/ha de avena con 19 días y por

último el grupo que tardó menos días a la emergencia, donde se empleó 120 kg/ha con 14 días a la emergencia, se puede observar que a mayor densidad de siembra, el tiempo de emergencia es menor. Para una mejor comprensión de los resultados se muestra la siguiente gráfica.

Figura 5. Promedio de días a la emergencia por densidad de siembra



En el figura 5 se puede observar que los tratamientos donde la densidad de siembra fue 60 kg/ha de avena tardó más tiempo en emerger con 8 días de diferencia en comparación con la densidad de 120 kg/ha de avena que emergió en 14 días, mostrándose así que a mayor densidad de siembra los días a la emergencia son menores, porque se crea un micro clima en la germinación de los granos de las semillas forrajeras la cual permite desarrollar mayor competencia en el desarrollo fenológico de la planta.

Lira (1994), menciona que el desarrollo del sistema radicular y de las hojas verdaderas, los procesos anabólicos dependientes de la fotosíntesis, se traducen en un rápido crecimiento.

Apaza (2008), menciona que los días a la emergencia de avena bajo las diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada dio un promedio de

26 días, donde se observan los promedios de días a la emergencia, presento diferencias no significativas entre los doce tratamientos, esto se atribuye a la humedad existente del suelo debido a las precipitaciones ocurridas después de la siembra.

5.2 Descripción del comportamiento agronómico

A continuación se detallan los resultados obtenidos en campo, de todas las características agronómicas consideradas tales como: la altura, número de macollos, número de hojas por planta y rendimiento de materia verde, los cuales fueron evaluados estadísticamente.

5.2.1 Altura de planta

En el cuadro 12 se presentan los promedios de altura de planta en (cm) por tratamiento, desde la base de suelo hasta la punta de la espiga terminal en estado lechoso de las diferentes densidades de siembra y niveles de orina como fertilizante foliar.

Cuadro 12. Promedio de altura de planta en el cultivo de avena

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio Densidad
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	72.50	75.83	73.83	73.33	73.88	86.27
	1.5 Lt.	T - 2	83.17	86.33	82.83	81.50	83.46	
	3 Lt.	T - 3	97.00	100.50	98.17	96.83	98.13	
	4.5Lt.	T - 4	87.00	91.17	91.67	88.67	89.63	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	85.50	87.33	86.17	83.67	85.67	109.02
	1.5 Lt.	T - 6	90.50	93.50	90.83	88.83	90.92	
	3 Lt.	T - 7	154.33	160.17	157.33	154.17	156.50	
	4.5Lt.	T - 8	102.00	106.17	103.17	100.67	103.00	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	74.83	79.67	78.33	76.50	77.33	94.01
	1.5 Lt.	T - 10	85.33	89.17	86.50	86.17	86.79	
	3 Lt.	T - 11	114.33	120.17	121.67	116.50	118.17	
	4.5Lt.	T - 12	90.33	96.50	94.33	93.83	93.75	

En el cuadro 12 se observa los promedios de altura de planta en cm de los resultados obtenidos en el presente estudio mostrando diferencia numérica en los diferentes tratamientos donde el tratamiento que presenta mayor altura de planta fue el T₇ con 156.50 cm respecto a los demás tratamientos y el tratamiento que presento menor altura fue el tratamiento T₁ con 73.88 cm de altura.

A continuación se presenta el análisis de varianza de la altura de la especie forrajera.

Las diferencias registradas en los tratamientos sin fertilización se atribuye a que el suelo no ofrecía la cantidad de nutrientes suficientes para que estas plantas puedan desarrollarse en un tiempo determinado determinando una menor altitud.

En el transcurso de primeras semanas se registraron mayores crecimientos para los tratamientos testigos de 120 kg/ha. Posteriormente se registró en la séptima semana una granizada laminar la cual causó daños en las hojas del cultivo forrajero. Gracias a la fertilización foliar se pudo observar que el cultivo causó resistencia en comparación a los testigos y parcelas aledañas.

Cuadro 13. Análisis de varianza para altura de planta en avena

Fuentes de Variación	Altura de planta				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	802.45	267.48	44.11	0.0001 *
Densidades	2	25688.84	12844.42	2117.92	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	87.40	14.56	2.40	0.0281 *
Niveles de orina	3	84154.23	28051.41	4625.40	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	21226.54	3537.75	583.34	0.0001 *
Error	27	1619.26	6.06		
TOTAL	47	133578.74			

CV = 2.55%

De acuerdo al análisis de varianza para esta variable se observa un coeficiente de variación de 2.55%, lo cual indica que los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron de plena certidumbre ya que tiene

un valor menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo. (Calzada 1982).

En el análisis estadístico se muestra que existe diferencia significativa entre los bloques, por lo que se observa que las condiciones de terreno no fueron homogéneas para todo el experimento, esto posiblemente se deba a la humedad y las condiciones del terreno no sean favorables para algunos bloques.

Existe diferencia significativa para las densidades de siembra, mostrando así que existe influencia de las densidades en el experimento porque se realizó la prueba de Duncan para observar la menor diferencia significativa.

Cuadro 14. Efecto de las densidades de siembra en la altura del cultivo, prueba de Duncan

Densidades	Altura de planta	Prueba de Duncan (5%)
90 kg/ha	109.02	A
120 kg/ha	94.01	B
60 kg/ha	86.27	C

En el cuadro 14 en la prueba de Duncan al 5% de confianza, se observan tres grupos donde, el grupo que se empleó la densidad de 90 kg/ha de siembra presenta el promedio en altura más alto con 109.02 cm de altura, seguido del grupo donde la densidad fue de 120 kg/ha de avena con una altura promedio de 94.01 cm y por último el grupo donde la densidad de siembra de 60 kg/ha con 86.27 cm de altura promedio.

En el cuadro 13 de análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa en los niveles de orina aplicados en la investigación por lo cual se realizó la prueba Duncan al 5% de confianza.

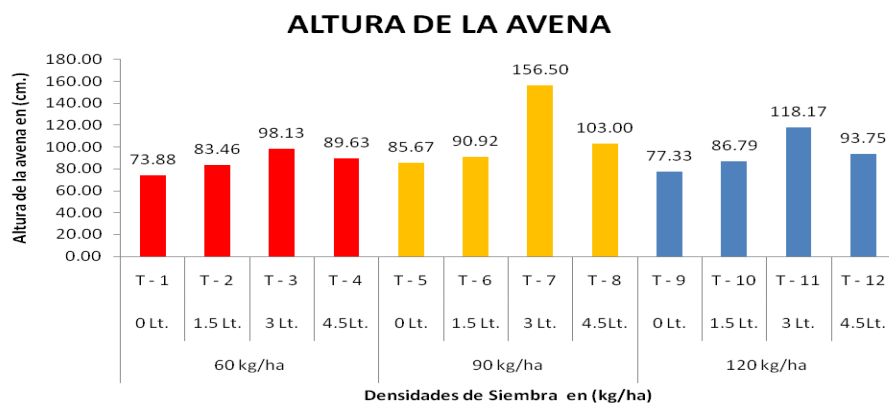
Cuadro 15. Efecto de los niveles de orina en la altura del cultivo, prueba de Duncan.

Niveles de orina	Altura de planta	Prueba de Duncan (5%)
3 lt.	124.26	A
4.5 lt.	95.45	B
1.5 lt.	87.05	C
0 lt.	78.95	D

En el cuadro 15 en la prueba de Duncan al 5% de confianza, se puede apreciar cuatro grupos esto nos indica que existe diferencia entre los niveles de orina aplicados en la investigación, donde el grupo que presentó mayor altura promedio es donde se usó 3 lt. de orina como fertilizante foliar con 124.26 cm de altura promedio, seguido de los grupos donde se empleó 4.5 lt y 1.5 lt de orina como fertilizante foliar con 95.45 y 87.05 cm de altura promedio correlativamente, y por último el grupo donde no se aplicó ningún nivel de orina (testigo) que presenta una altura promedio de 78.95 cm.

En el cuadro de análisis de varianza se puede apreciar que es significativo la interacción de las densidades de siembra con los niveles de orina, esto nos indica que ambos factores son dependientes uno del otro, para una mejor comprensión se muestra la siguiente figura.

Figura 6. Promedio de altura en el cultivo de la avena por tratamiento.



En la figura 6 se puede observar el promedio en altura del cultivo de avena en (cm.), donde el tratamiento que presento mayor altura promedio es el tratamiento T₇ con 156.5 cm de altura, donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha y se utilizó 3 lt. de orina como fertilizante foliar, y por ultimo tenemos el tratamiento T₁ con 73.88 cm de altura promedio donde se no se aplicó fertilizante foliar con una densidad de siembra de 60kg/ha.

Para Apaza (2008), Durante las primeras 8 semanas se registraron mayores crecimientos para los tratamientos testigos (0 kgN/ha) con 36.3 cm, seguido de la aplicación de 80 kgN/ha con 35.35 cm, y por ultimo presentando un crecimiento casi homogéneo los tratamientos bajo la aplicación de 160 y 240 kgN/ha con 30.99 y 29.79 cm respectivamente.

Realizando las comparaciones con el presente trabajo de investigación se tiene que Apaza (2008), tuvo como resultado índices de altura menores al presente trabajo de investigación con 65 cm como máximo en el tratamiento 10 del trabajo de investigación.

Por otro lado, Silveti *et al.* (2012).aplicando humus de lombriz (Ecosan) más fertilizante orgánico liquido (orina) alcanzo altura mayor a 1,50 m, alcanzó una altura similar al presente trabajo de investigación.

5.2.2 Número de macollos

En el cuadro 16 se observa los promedios del número de macollos por planta obtenidos en el cultivo de la avena, usando diferentes densidades de siembra con los niveles de orina empleados en la investigación. En el cual se observa los resultados obtenidos de la investigación.

Cuadro 16. Promedio del número de macollos por planta en cultivo de avena

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio Densidad
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	8	9	10	8	9	13
	1.5 Lt.	T - 2	11	12	13	11	11	
	3 Lt.	T - 3	17	19	18	16	18	
	4.5Lt.	T - 4	13	15	14	15	14	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	6	7	7	6	7	10
	1.5 Lt.	T - 6	9	9	10	8	9	
	3 Lt.	T - 7	14	15	14	13	14	
	4.5Lt.	T - 8	12	13	13	10	12	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	5	7	7	6	6	10
	1.5 Lt.	T - 10	8	9	8	7	8	
	3 Lt.	T - 11	13	15	14	14	14	
	4.5Lt.	T - 12	10	12	12	12	11	

En el cuadro de promedio de macollos por planta se puede observar que los tratamientos que desarrollaron mayor número de macollos, son aquellos donde se aplicaron una densidad de siembra de 60 kg/ha que muestra un promedio de número de 13 macollos, seguido de los tratamientos donde se aplicaron 90 y 120 kg/ha con 10 y 10 macollos por planta respectivamente.

Cuadro 17. Análisis del número de macollos por planta

Fuentes de Variación	Número de macollos				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	18.91	6.30	14.97	0.0001 *
Densidades	2	91.62	45.81	108.74	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	3.70	0.61	1.47	0.2268 *
Niveles de orina	3	438.08	146.02	346.62	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	3.54	0.59	1.40	0.2504 *
Error	267	11.37	0.42		
TOTAL	287	567.25			

CV =5.83%

De acuerdo al análisis de varianza para esta variable se observa un coeficiente de variación de 5.83%, lo cual indica que los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron de plena certidumbre ya que tiene un valor menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo. (Calzada 1982).

En el análisis estadístico se puede observar que existe diferencia significativa entre bloques, esto posiblemente se deba a la siembra de quinua asociado con el cultivo de haba en la gestión pasada, lo cual afecto a algunos bloques.

En el análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa en el factor A, densidades de siembra donde se realizó la prueba de Duncan para observar mejor las diferencias existentes.

Cuadro 18. Efecto de las densidades de siembra en el número de macollos

Densidades	Número de macollos	Prueba de Duncan (5%)
60 kg/ha	13	A
90 kg/ha	10	B
120 kg/ha	10	B

En el cuadro 18 en la prueba de Duncan al 5% de confianza, se puede observar dos grupos, donde el grupo que tuvo mejores resultado fue en la densidad de siembra de 60 kg/ha avena, y desarrollo mayor número de macollos en comparación con el segundo grupo, donde se aplicó 90 kg/ha y 120 kg/ha de avena con 10 y 10 macollos por planta.

En el cuadro de análisis de varianza se puede apreciar que existe diferencia significativa en los niveles de orina aplicados en la investigación, para una mejor comprensión de los resultados obtenidos se realizó la prueba de Duncan.

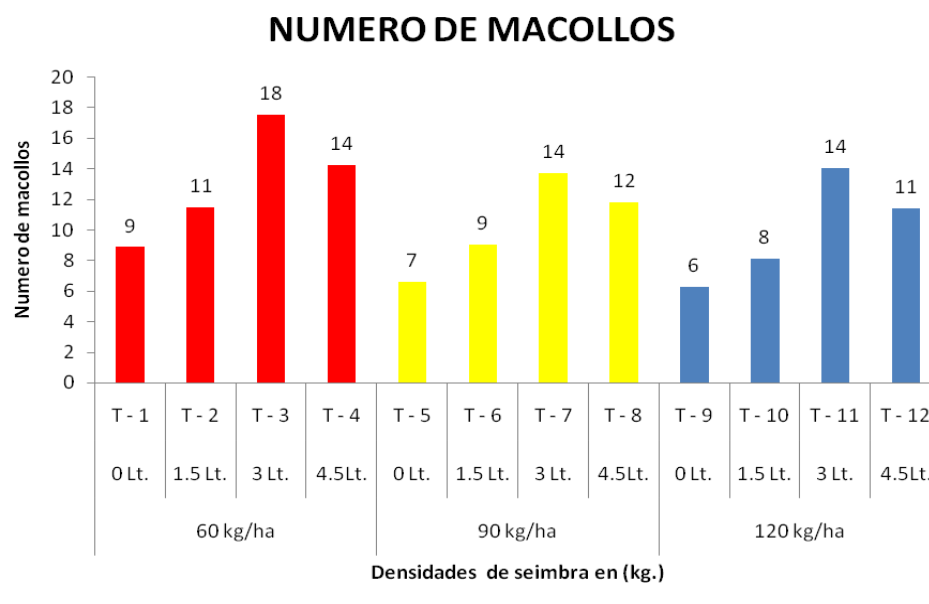
Cuadro 19. Efecto de los niveles de orina en el número de macollos

Niveles de orina/17 lt.H ₂ O	Número de macollos	Prueba de Duncan (5%)
3 lt.	15	A
4.5 lt.	12	B
1.5 lt.	9	C
0 lt.	7	D

En la prueba de Duncan al 5% de confianza, se puede observar cuatro grupos donde el grupo que tuvo mejores resultados en el número de macollos fue donde se aplicó 3 lt. de orina en 17 litros de agua como fertilizante foliar desarrollando 15 macollos, seguido de los grupos donde se fertilizó con niveles de orina de 4.5 y 1.5 lt. Con 12 y 9 macollos por planta y por último el grupo donde no se utilizó ningún nivel de orina con 7 macollos por planta.

En el cuadro de análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa, entre la interacción de densidades de siembra con niveles de orina aplicado como fertilizante foliar, donde se observa que los dos factores interactúan entre si y son dependientes uno del otro.

Figura 7. Promedio del número de macollos por tratamiento



En el cuadro 16 y en la figura 7, se puede apreciar el promedio de los macollos por tratamiento, donde se observa que el tratamiento que tuvo mejores resultados en el desarrollo de macollos es el tratamiento T₃ con 18 macollos por planta, donde se aplicó una densidad de siembra de 60 kg/ha con un nivel de 3 lt. de orina en 17 litros de agua como fertilizante foliar. El tratamiento que presentó menor número

de macollos es el tratamiento T₉ con 6 macollos por planta donde se aplicó una densidad de siembra de 120 kg/ha y ningún nivel de orina.

Se estima que debido al microclima causado después de la aplicación del fertilizante foliar en horas cercanas a la puesta de sol, el fertilizante influyó en el ambiente con respecto a las otras plantas (testigos), provocando así un mayor macollaje, en comparación visual, respecto a otras parcelas aledañas al lugar de investigación.

Para Apaza (2008), menciona que la fertilización nitrogenada influyó en el macollamiento por planta en el cultivo de la avena, ya que el nivel de 240 kg. N/ha fue el que reportó mayor número de macollos con 19 macollos/planta seguido por los niveles de 160 y 80 kgN/ha con 16 y 13 macollos/planta y por último se obtuvo menor número de macollos en los tratamientos sin fertilización con 6 macollos/planta.

El trabajo de investigación anteriormente mencionado la aplicación de nitrógeno en el suelo fue mayor 24 gr. de N/m² (240 kg. N/ha), 16 gr. N/m² (160 kg.N/ha) y 0,8 gr.N/m² (80 kg. N/ha), aplicándose en la textura del suelo antes de la siembra.

Se sabe que los fertilizantes foliares son complementarios a los fertilizantes utilizados en el suelo, es por eso que la aplicación de orina humana diluida fue utilizada con menor cantidad en el cultivo de avena por vía foliar.

Arroyo (2005), menciona que en 1 lt. de orina hay 3 gr. de N (Nitrógeno), es entonces que la aplicación por vía foliar en el cultivo de avena fue calculado según la dosis CIPCA (2002), utilizando así la compensación de 0,67 gr. N/m², (4.5 lt. de orina en 17 lt. de H₂O); 0.45 gr. N/m², (3 lt. de orina en 17 lt. de H₂O) (Dosis CIPCA 2002) y por último 0.22 gr. N/m², (1.5 lt. de orina en 17 lt. de H₂O), teniendo una diferencia de 23.33 gr/m², 15.55 gr por m² y 0.58 gr de N/m², con respecto a (Apaza, 2008).

5.2.3 Número de hojas

En el cuadro 20 se presentan los promedios de número de hojas por planta de los doce tratamientos, bajo diferentes densidades de siembra y niveles de orina aplicado como fertilizante foliar, se observa que el número de hojas fue mayor para los tratamientos donde se aplicaron una densidad de siembra de 60 kg/ha.

Cuadro 20. Promedio del número de hojas por planta en el cultivo de avena

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio Densidad
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	19	21	21	20	20	38
	1.5 Lt.	T - 2	40	43	43	40	41	
	3 Lt.	T - 3	48	52	50	49	50	
	4.5Lt.	T - 4	39	43	41	40	41	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	19	21	20	19	20	39
	1.5 Lt.	T - 6	42	45	43	44	43	
	3 Lt.	T - 7	49	52	50	51	50	
	4.5Lt.	T - 8	40	41	41	42	41	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	13	15	14	14	14	32
	1.5 Lt.	T - 10	36	38	37	37	37	
	3 Lt.	T - 11	44	44	44	43	44	
	4.5Lt.	T - 12	33	34	33	34	34	

Para reflejar estadísticamente las diferencias existentes entre los tratamientos se realizó el análisis de varianza para el número de hojas por planta.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el número de hojas por planta

Fuentes de Variación	Número de hojas				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	31.06	10.35	27.44	0.0001 *
Densidades	2	428.16	214.08	567.39	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	8.50	1.41	3.75	0.0076 *
Niveles de orina	3	5943.89	1981.29	5251.05	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	11.66	1.94	5.15	0.0012 *
Error	27	10.18	0.37		
TOTAL	47	6433.47			

CV = 1.69%

En el análisis de varianza se observa un coeficiente de variación de 1.69% lo que demuestra que el experimento ha sido bien manejado y que los datos que se obtuvieron fueron bien manejados.

También se puede observar en el cuadro de análisis de varianza que existe diferencia significativa entre bloques, esto posiblemente se deba a las condiciones climáticas que se presentaron en el lugar donde se realizó el experimento, como ser la humedad, temperatura y la granizada torrencial ocurrida en la séptima semana del trabajo de investigación.

Donde se observa el mayor número de hojas por planta fueron los bloques II y III, esto debido a la posición en la que se encontraban dentro de la parcela de experimento.

En el cuadro de análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa en la densidad de siembra, lo que nos indica que si existe influencia en el desarrollo del número de hojas por planta, para una mejor interpretación de los datos se realizó la prueba de Duncan.

Cuadro 22. Efecto de la densidad de siembra en el número de hojas por planta

Densidades	Número de hojas	Prueba de Duncan (5%)
90 kg/ha	39	A
60 kg/ha	38	B
120 kg/ha	32	C

En la prueba de Duncan al 5% de confianza, muestra diferencia significativa en el número de hojas por planta, donde se muestran tres grupos entre los tratamientos aplicados, donde el grupo que presenta mayor número de hojas por planta es el tratamiento donde se aplicó 90 kg/ha de avena con 39 hojas por planta, seguido

de los grupos donde se aplicó una densidad de siembra de 60 y 120 kg/ha con 38 y 32 número de hojas por planta respectivamente.

De acuerdo a los resultados, el mayor número de hojas por planta se obtuvo en los tratamientos que se aplicaron una densidad de siembra de 90 kg/ha, el cual tuvo una gran influencia en el aumento del número de hojas, en comparación con los otros tratamientos.

En el cuadro 21 de análisis de varianza se observa que existe diferencia significativa en los niveles de orina aplicado como fertilizante foliar en 17 lt. de agua, por lo que se realizó la prueba de Duncan al 5% de confianza.

Cuadro 23. Efecto de los niveles de orina/17lt.H₂O en el número de hojas por planta

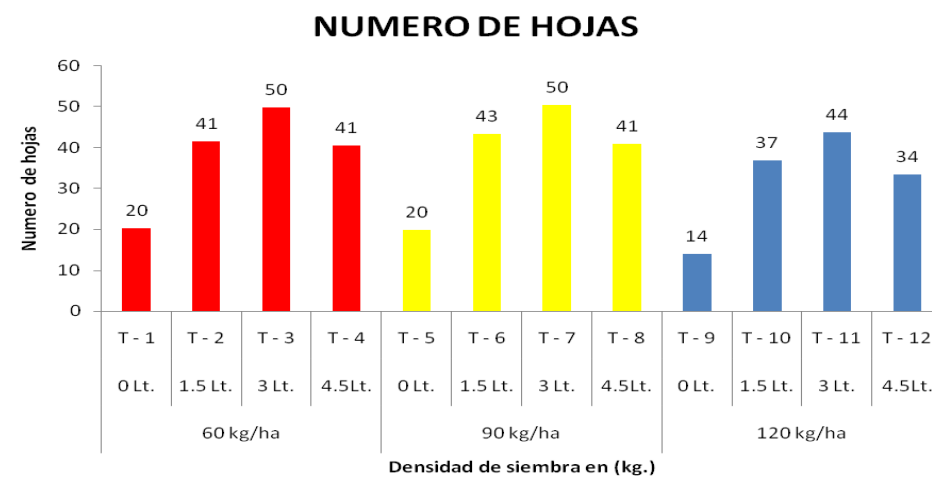
Niveles de orina/17lt.H ₂ O	Número de hojas	Prueba de Duncan (5%)
3 lt.	48	A
1.5 lt.	41	B
4.5 lt.	38	C
0 lt.	18	D

En la prueba de Duncan al 5% de confianza se observa que existe diferencia significativa en el número de hojas por planta, entre los tratamientos respecto a los niveles de orina aplicados como fertilizante foliar, donde se puede observar cuatro grupos donde el grupo que presentó mayor número de hojas es donde se aplicó 3 lt de orina como fertilizante foliar con 48 hojas por planta, seguido de los grupos donde se aplicó 1.5 y 4.5 lt. de orina en 17 litros de agua como fertilizante foliar con 41 y 38 hojas por planta respectivamente, y por último el grupo donde no se aplicó ningún nivel de orina como fertilizante foliar (testigo) con 18 hojas por planta.

En el cuadro de análisis de varianza se observa que la interacción de las densidades de siembra con los niveles de orina es significativo, lo que nos indica

que estos dos factores son dependientes uno del otro y se complementan, en la figura 8 se muestra la interacción de los factores en los respectivos tratamientos.

Figura 8. Promedio del número de hojas por tratamiento



En la figura 8 se puede observar la interacción de los dos factores por tratamiento, donde se observa que el tratamiento que presentó mayor número de hojas es el tratamiento T₇ con 50 hojas por planta, donde la densidad de siembra fue 90 kg/ha con una dosis de 3 Lt. de orina como fertilizante foliar diluida en 17 litros de agua.

El tratamiento que presenta menor número de hojas es el tratamiento T₉ con 14 hojas por planta donde la densidad de siembra fue de 120 kg/ha sin aplicar ningún dosis de orina humana fermentada como fertilizante foliar.

Se estima que debido al microclima causado después de la aplicación del fertilizante foliar en horas cercanas a la puesta de sol, el fertilizante influyó en el ambiente con respecto a las otras plantas (testigos), provocando así mayor desarrollo de hojas, en comparación visual respecto a otras parcelas aledañas al lugar de investigación.

5.3 Descripción del comportamiento fisiológico

A continuación se detallan los resultados obtenidos en campo del presente trabajo de investigación de las características fisiológicas que se evaluaron, tales como: área foliar el cual fue evaluado estadísticamente.

5.3.1 Área foliar

En el cuadro 24 podemos apreciar los promedios del área foliar de la planta en el cultivo de la avena, bajo los diferentes tratamientos, donde la diferencia que se presenta atribuye a efectos de los factores que se aplicaron en la investigación.

Cuadro 24. Promedio del área foliar en el cultivo de avena en (cm²)

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio Densidad
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	538,19	619,25	578,72	551,70	571,97	1333,59
	1.5 Lt.	T - 2	1470,38	1571,71	1524,42	1531,18	1524,42	
	3 Lt.	T - 3	1754,09	1875,68	1774,36	1848,66	1813,20	
	4.5Lt.	T - 4	1369,06	1436,61	1409,59	1483,89	1424,78	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	921,55	1010,10	1034,25	969,85	983,94	1840,76
	1.5 Lt.	T - 6	1935,85	2080,75	2056,60	1951,95	2006,29	
	3 Lt.	T - 7	2330,30	2507,40	2418,85	2378,60	2408,79	
	4.5Lt.	T - 8	1871,45	2064,65	1984,15	1935,85	1964,03	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	355,12	443,32	405,52	386,62	397,65	1080,80
	1.5 Lt.	T - 10	1230,82	1306,42	1268,62	1262,32	1267,05	
	3 Lt.	T - 11	1526,92	1526,92	1545,82	1489,12	1522,20	
	4.5Lt.	T - 12	1117,42	1148,92	1130,02	1148,92	1136,32	

Donde se observa que se obtuvo mayor área foliar en los tratamientos donde la densidad de siembra fue de 90 kg/ha con un promedio de 1840.76 cm² de área foliar y mientras el promedio más bajo se presentó donde se aplicó una densidad de siembra de 120 kg/ha con un área promedio de 1080.8 cm².

En el cuadro 24 se puede observar que existe diferencia numérica por lo que se realizó el análisis de varianza.

Cuadro 25. Análisis de varianza para el área foliar en el cultivo de avena

Fuentes de Variación	Área foliar				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	58843.67	19614.56	31.30	0.0001 *
Densidades	2	4793351.04	2396675.52	3824.74	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	20062.96	3343.83	5.34	0.0010 *
Niveles de orina	3	10508306.00	3502768.67	5589.90	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	104849.13	17474.85	27.89	0.0001 *
Error	27	16918.88	626.63		
TOTAL	47	15502331.67			

CV = 1.76%

En el análisis de varianza se observa un coeficiente de variación de 1.76% lo cual indica que los datos que se obtuvieron en el experimento son confiables. El área foliar en el cultivo de avena muestra una diferencia significativa con respecto a esta variable.

En el cuadro 25 se observa que existe diferencia significativa entre bloques, lo que nos indica que las condiciones del experimento no fueron homogéneas, esto posiblemente se deba a las condiciones de humedad que se presentaron en el experimento.

También se observa que existe diferencia significativa con respecto a las densidades de siembra que se aplicaron en la investigación, entonces se realizó la prueba de Duncan.

Cuadro 26. Efecto de las densidades de siembra en el área foliar

Densidades	Área foliar	Prueba de Duncan (5%)
90 kg/ha	1840.81	A
60 kg/ha	1333.62	B
120 kg/ha	1080.81	C

En el cuadro de la prueba de Duncan al 5% de confianza, se observa que los tratamientos que muestran mejores resultados en el área foliar, es el grupo donde

se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha que presenta un área foliar de 1840.81 cm², seguido de los grupos donde se aplicó 60 y 120 kg/ha con un área foliar de 1333.62 y 1080.81 cm² respectivamente.

En el cuadro 26 se muestra que existe diferencia significativa, respecto a los niveles de orina empleados en la investigación donde se muestra que si existe influencia de los niveles de orina en el desarrollo del área foliar, por tal motivo se realizó la prueba de Duncan al 5% de confianza.

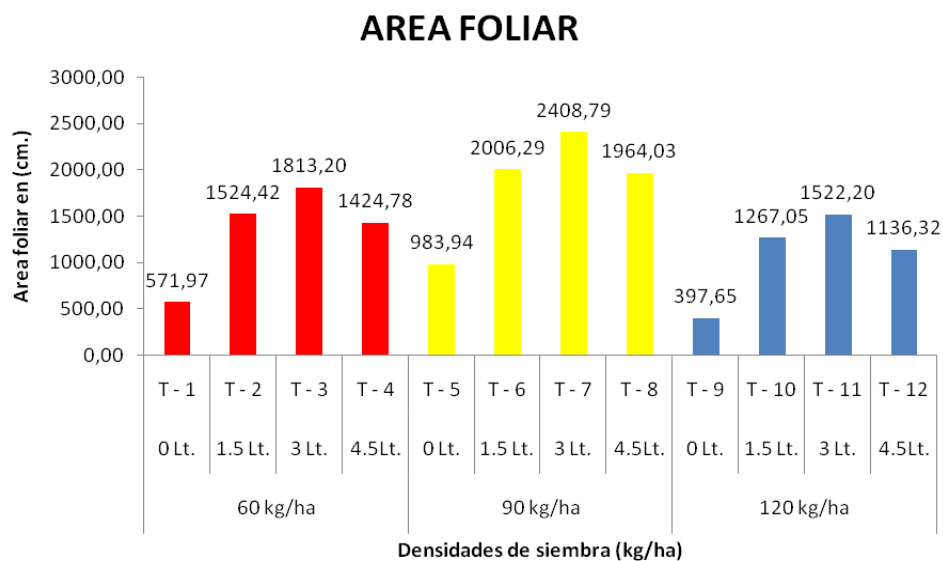
Cuadro 27. Efecto de los niveles de orina en el área foliar

Niveles de orina/17lt.H ₂ O	Área foliar	Prueba de Duncan (5%)
3 lt.	1914.75	A
1.5 lt.	1599.25	B
4.5 lt.	1508.42	C
0 lt.	651.25	D

En el cuadro 27 en la prueba de Duncan al 5% de confianza se observa que se forman cuatro grupos donde el grupo que tuvo mejores resultados en el desarrollo del área foliar, es el grupo donde se aplicó 3 lt. de orina como fertilizante foliar con 1914.75 cm² de área foliar, seguido de los grupos donde se aplicó 1.5 y 4.5 lt. de orina como fertilizante foliar en 17 litros de agua, con un área foliar de 1599.25 y 1508.42 cm² respectivamente y por último el grupo donde no se aplicó ningún nivel de orina como fertilizante foliar fue 651.25 cm².

En el análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa entre ambos factores, densidades de siembra y niveles de orina, donde ambos interactúan uno con el otro por lo que son dependientes. En la figura 9 se muestra la interacción de los factores combinados en los respectivos tratamientos.

Figura 9. Promedio del área foliar por tratamiento



En la figura 9 se puede observar que el tratamiento que presenta mayor área foliar es el tratamiento T₇ con 2408.79 cm² de área foliar, donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha y se dosificó al cultivo de avena con 3 lt. de orina humana fermentada, diluido en 17 lt. de agua usado como fertilizante foliar y por último el tratamiento que presenta menor área foliar es el tratamiento T₉ con 397.65 cm² donde la densidad de siembra fue de 120 kg/ha sin la aplicación de orina como fertilizante foliar.

En el cuadro 24 y en la figura 9 muestran que cuando se aplica menor densidad de siembra existe mayor desarrollo de área foliar, esto se debe a que en menor densidad de siembra el cultivo de avena desarrolla mayor número de macollos y por lo tanto mayor número de hojas, por lo que se tendrá mayor área foliar.

5.4 Descripción de los días a la floración y rendimiento

A continuación se detallan los resultados obtenidos en campo del presente trabajo de investigación de las características de los días a la floración y rendimiento que

se evaluaron estadísticamente en donde se tomó en cuenta la madurez fisiológica de la planta en los diferentes tratamientos con el grano en estado lechoso.

5.4.1 Días a la floración

A continuación se detallan los resultados obtenidos en campo del presente trabajo de investigación de las características de los días a la floración en cultivo de avena evaluados estadísticamente.

En el cuadro 28 apreciamos los promedios de días a la floración en cultivo de avena, bajo los diferentes tratamientos aplicados en la investigación.

Cuadro 28. Promedio de días a la floración en el cultivo de avena

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	130	131	131	130	131	138
	1.5 Lt.	T - 2	135	135	136	135	135	
	3 Lt.	T - 3	141	142	140	139	141	
	4.5Lt.	T - 4	145	146	146	144	145	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	127	126	127	126	127	134
	1.5 Lt.	T - 6	132	133	131	131	132	
	3 Lt.	T - 7	137	136	137	134	136	
	4.5Lt.	T - 8	141	140	140	141	141	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	133	132	133	132	133	140
	1.5 Lt.	T - 10	136	136	135	135	136	
	3 Lt.	T - 11	143	144	145	143	144	
	4.5Lt.	T - 12	147	146	147	147	147	

Se observa que donde existió mayor tiempo en la floración del cultivo de la avena fue en el tratamiento donde teniendo una densidad de 120 kg/ha con un promedio de 140 días en fecha 23 de abril de 2013 y la densidad que presentó menor número de días a la floración fue de donde se sembró 90 kg/ha con un promedio de 134 días en fecha 7 de abril de 2013, para una mejor comprensión de los datos se realizó el análisis de varianza.

Cuadro 29. Análisis de varianza para los días a la floración en el cultivo de avena

Fuentes de Variación	Días a la floración				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	6.729	2.24	3.77	0.0221 *
Densidades	2	297.87	148.93	250.35	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	2.95	0.49	0.83	0.5580 *
Niveles de orina	3	1442.89	480.96	808.47	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	18.229	3.04	5.12	0.0013 *
Error	27	16.06	0.77		
TOTAL	47	1784.81			

CV = 0.56%

En el análisis de varianza se observa un coeficiente de variación de 0.56% lo cual indica que los datos que se obtuvieron en el experimento son confiables. En los días a la floración en el cultivo de avena muestra diferencia significativa con respecto a estas variables.

En el cuadro 29 se observa que existe diferencia significativa entre bloques, lo que nos indica que las condiciones del experimento no fueron homogéneas, esto posiblemente se deba a las condiciones de humedad que se presentaron en el experimento.

También se observa que existe diferencia significativa con respecto a las densidades de siembra que se aplicaron en la investigación, por lo que se realizó la prueba de Duncan.

Cuadro 30. Efecto de las densidades en los días a la floración

Densidades	Días a la floración	Prueba de Duncan (5%)
120 kg/ha	140	A
60 kg/ha	138	B
90 kg/ha	134	C

En el cuadro de la prueba de Duncan al 5% de confianza, se observa que los tratamientos que muestran mayor tiempo en la floración, es el grupo donde se aplicó una densidad de siembra de 120 kg/ha que presenta el mayor tiempo en la floración de avena con 140 días, seguido de la densidad de siembra de 60 kg/ha con un tiempo de 138 días, los tratamientos donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha muestra que fueron los tratamientos que tardaron menos tiempo en la floración con 134 días.

En el cuadro 29 se muestra que existe diferencia significativa, respecto a los niveles de orina empleados en la investigación donde se muestra que si existe influencia de los niveles de orina en los días a la floración, por lo que se realizó la prueba de Duncan al 5% de confianza.

Cuadro 31. Efecto de los niveles de orina en días a la floración

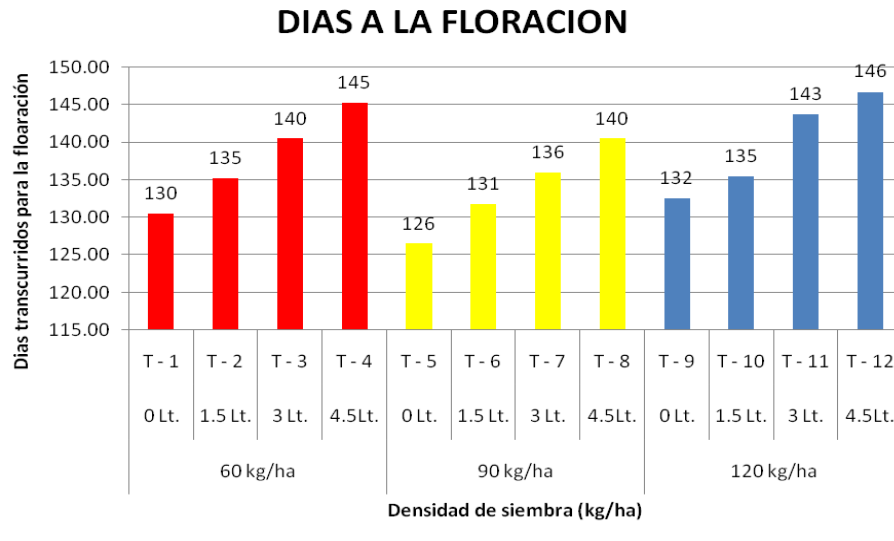
Niveles de orina/17lt.H ₂ O	Días a la floración	Prueba de Duncan (5%)
4.5 lt.	144	A
3 lt.	140	B
1.5 lt.	134	C
0 lt.	130	D

En el cuadro 31, prueba de Duncan al 5% de confianza se observa que se forman cuatro grupos donde el grupo que tardo más tiempo en la floración fue el grupo donde se aplicó 4.5 lt. de orina como fertilizante foliar con 144 días, seguido de los grupos donde se aplicó 3 y 1.5 lt. de orina como fertilizante foliar con 140 y 134 días respectivamente, los tratamientos que dieron mejores resultados en los días a la floración, fue donde no se aplicó ningún nivel de fertilizante foliar, tardando un tiempo de 130 días a la floración.

La precocidad del testigo se dió porque la planta no tuvo los requerimientos nutrimentales suficientes para una óptima floración y adecuado desarrollo fisiológico.

En el análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa entre ambos factores, densidades de siembra y niveles de orina donde ambos interactúan uno con el otro por lo que son dependientes. En la figura 10 se muestra la interacción de los factores combinados en los respectivos tratamientos.

Figura 10. Promedio de días a la floración del forraje por tratamiento



En la figura 10 se puede observar que el tratamiento que presenta mayor tiempo en la floración es el tratamiento T₁₂ con 146 días a la floración donde se aplicó una densidad de siembra de 120 kg/ha utilizado así 4.5 lt de orina como fertilizante foliar. El tratamiento que presenta menor tiempo en la floración es el tratamiento T₅ con 126 días a la floración, donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha y no se aplicó ningún nivel de orina humana como fertilizante foliar.

Quispe (1999), señala que la avena llega a la madurez fisiológica de forraje para cosecha (grano lechoso) en 127 días. Por otro lado, Crespo (2003), en un estudio de introducción de variedades de avena en la localidad de Choquenaira, indica que la fase de emergencia tuvo como promedio 11 días; la fase de macollamiento 31 días, la fase de encañamiento 67 días, la fase de floración 130 días, el estado

de grano lechoso 166 días y finalmente la madurez fisiológica se presentó a los 207 días como promedios.

5.4.2 Rendimiento de forraje verde

En el cuadro 32 apreciamos los promedios del rendimiento de materia verde en el cultivo de la avena expresados en kg/m^2 , bajo los diferentes tratamientos, donde la diferencia que se presenta se atribuye a efectos de los factores que se aplicaron en la investigación.

Cuadro 32. Promedio del rendimiento de materia verde kg/m^2

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Promedio	Promedio Densidad
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	2,19	2,35	2,27	2,21	2,25	3,78
	1.5 Lt.	T - 2	4,05	4,25	4,16	4,17	4,16	
	3 Lt.	T - 3	4,62	4,86	4,66	4,81	4,73	
	4.5Lt.	T - 4	3,85	3,98	3,93	4,08	3,96	
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	2,80	2,98	3,02	2,90	2,92	4,64
	1.5 Lt.	T - 6	4,83	5,12	5,07	4,86	4,97	
	3 Lt.	T - 7	5,61	5,97	5,79	5,71	5,77	
	4.5Lt.	T - 8	4,70	5,08	4,92	4,83	4,88	
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	1,57	1,75	1,67	1,64	1,66	3,02
	1.5 Lt.	T - 10	3,32	3,47	3,40	3,39	3,40	
	3 Lt.	T - 11	3,92	3,92	3,95	3,84	3,91	
	4.5Lt.	T - 12	3,10	3,16	3,12	3,16	3,13	

Donde se observa que se obtuvo mayor rendimiento de forraje en los tratamientos donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha con un promedio de 4.64 kg/m^2 de rendimiento de forraje y mientras el promedio más bajo se presentó donde la densidad de siembra fue de 120 kg/ha con un rendimiento de 3.02 kg/m^2 .

En el cuadro se puede observar que existe diferencia numérica por lo que se realizó el análisis de varianza.

Cuadro 33. Análisis de varianza para el rendimiento de forraje en el cultivo de avena

Fuentes de Variación	Rendimiento de forraje				
	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	58843.67	19614.56	31.30	0.0001 *
Densidades	2	4793351.04	2396675.52	3824.74	0.0001 *
Bloque*Densidad	6	20062.96	3343.83	5.34	0.0010 *
Niveles de orina	3	1058306	3502768.67	5589.90	0.0001 *
Dend*Niveles de orina	6	104849.13	17474.85	27.89	0.0001 *
Error	27	16918.88	626.63		
TOTAL	47	15502331.67			

CV = 1.76%

En el análisis de varianza se observa un coeficiente de variación de 1.76% lo cual indica que los datos que se obtuvieron en el experimento son confiables. El área foliar en el cultivo de avena muestra una diferencia significativa con respecto a esta variable.

En el cuadro 33 se observa que existe diferencia significativa entre bloques, lo que nos indica que las condiciones del experimento no fueron homogéneas, esto posiblemente ocasionado por las condiciones de humedad y la granizada torrencial presentada en la séptima semana que se presentaron en el experimento.

También se observa que existe diferencia significativa con respecto a las densidades de siembra que se aplicaron en la investigación, realizando la prueba de Duncan.

Cuadro 34. Efecto de las densidades en el rendimiento de forraje

Densidades	Rendimiento de forraje	Prueba de Duncan (5%)
90 kg/ha	4.75	A
60 kg/ha	3.75	B
120 kg/ha	3.00	C

En el cuadro de la prueba de Duncan al 5% de confianza, se observa que los tratamientos que muestran mejores resultados en rendimiento de forraje, es el grupo donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha, el cual presenta un rendimiento forrajero de 4.75 kg, seguido de los grupos donde se aplicó 60 y 120 kg/ha con un rendimiento de forraje de 3.75 y 3 kg/m² respectivamente.

En el cuadro 33, se muestra que existe diferencia significativa, respecto a los niveles de orina empleados en la investigación donde se muestra que si existe influencia de los niveles de orina en el rendimiento de forraje, por lo que se realizó la prueba de Duncan al 5% de confianza.

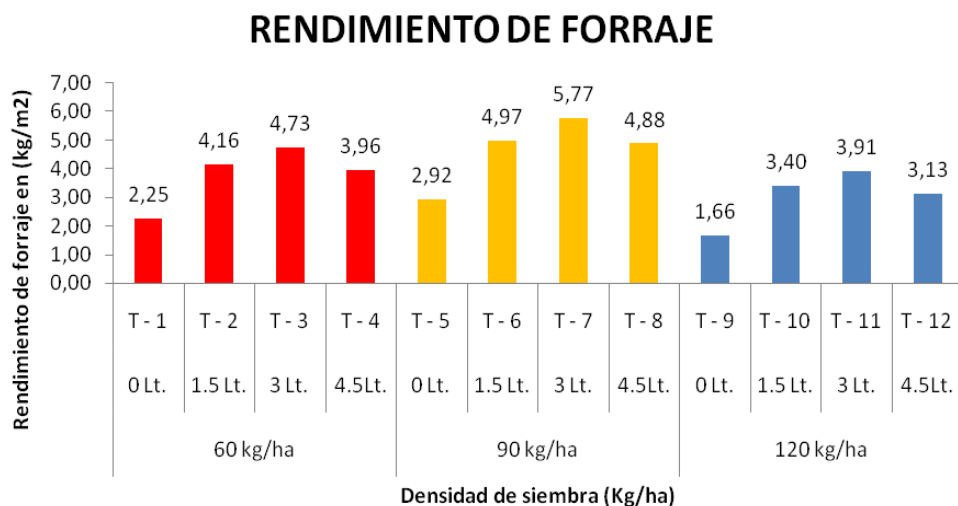
Cuadro 35. Efecto de los niveles de orina en el rendimiento de forraje

Niveles de orina/17lt.H ₂ O	Rendimiento de forraje	Prueba de Duncan (5%)
3 lt.	5	A
1.5 lt.	4	B
4.5 lt.	4	C
0 lt.	2.3	D

En el cuadro 35 en la prueba de Duncan al 5% de confianza se observa que se forman cuatro grupos donde el grupo que tuvo mejores resultados en el rendimiento de forraje, es el grupo donde se aplicó 3 lt. de orina como fertilizante foliar con 5 kg/m² de forraje, seguido de los grupos donde se aplicó 1.5 y 4.5 lt. de orina en 17 litros de agua como fertilizante foliar con un rendimiento de forraje de 4 y 4 kg/m² respectivamente y por último el grupo donde no se aplicó ningún nivel de orina como fertilizante, el rendimiento fue 2.33 kg/m² de forraje.

En el análisis de varianza se puede observar que existe diferencia significativa entre ambos factores, densidades de siembra y niveles de fertilización con orina humana donde ambos interactúan uno con el otro por lo que son dependientes.

Figura 11. Promedio del rendimiento forrajero por tratamiento (kg/m²)



En la figura 11 se puede observar que el tratamiento que presenta mayor rendimiento de forraje es el tratamiento T₇ con 5.77 kg/m² de forraje, donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha y se usó 3 lt. de orina como fertilizante foliar, y el tratamiento que presenta menor rendimiento de avena con grano en estado lechoso es el tratamiento T₉ con 1.66 kg/m² donde la densidad de siembra fue de 120 kg/ha sin la aplicación de niveles de orina como fertilizante foliar.

Para Silveti *et al.* (2012), el T5 con fertilización orgánico orina diluida de 1:4 y humus ecosan de 3 Kg/ha presenta un mayor rendimiento de producción de avena calculado en 18,1 Ton/ha. Asimismo el T2 con fertilización orgánico líquido orina diluida en 1:4 presenta un rendimiento calculado de 16,2 Ton/ha y el testigo T6 presenta con menor rendimiento calculado en 13,2 Ton/ha.

El mismo autor menciona que donde se experimentó la siembra de cultivo de avena, fue anteriormente usado para cultivo de forraje por diez años continuos, por lo tanto con fertilización orgánico líquido mejoro la producción de forraje en la comunidad Villandrani. Asimismo la siembra de cultivo de avena se realizó al

boleo, luego el tractor realizo el surcado para su adecuado germinación este trabajo fue realizado en fecha 11 de Octubre del 2011, en la Comunidad Villandrani.

Analizando las dosificaciones de Silveti *et al.* (2012), en relación a la presente investigación, la cantidad de orina utilizada por los autores en el T₂ es de 0,94 lt. de orina diluida en 17 lt. de agua que tuvo un rendimiento de 16,2 tn/ha. Esto nos da como diferencia de la más baja dosificación que se tuvo fue de 1,5 litros de orina en 17 litros de agua. Mostrando una diferencia de 0.56 litros, con respecto a la aplicación foliar que se tuvo en el presente trabajo de tesis.

En la presente investigación se determinó las densidades de siembra en el área experimental, es entonces que favoreció a la caracterización del cultivo, respondiendo así a los niveles de fertilización foliar orgánica líquida.

Cuadro 36. Superficie y rendimiento de avena (Distrito 9)

	COMUNIDAD POMAMAYA ALTA		COMUNIDAD POMAMAYA BAJA		COMUNIDAD VILLANDRANI		TOTAL (DISTRITO 9)	
	(33 beneficiarios)		(23 beneficiarios)		(24 beneficiarios)		(80 beneficiarios)	
	Promedio Productor	Total Comunidad	Prom. Productor	Total Comunidad	Prom. Productor	Total Comunidad	Prom. Total	Total Distrito
Superficie de siembra de avena(m²)	7272,7	240000	11739,1	270000	8.750	210000	9000	720000
Rendimiento en qq de avena por productor	81,1	2677	82	1885	48,6	1167	71,6	5729

Fuente: Tarqui (2012).

Analizando el cuadro 36, el rendimiento de forraje en el distrito 9 del Municipio de El Alto realizando la transformación de unidades a tn/ha, nos da como resultado en Pomamaya Alta 5.1 tn/ha, en Pomamaya Baja 3.2 tn/ha y en Villandrani 2.5 tn/ha.

5.5 Análisis de Costos

5.5.1 Costos de Producción

El cuadro 37 se muestra los costos totales subdivididos en costos fijos y variables respectivamente.

Cuadro 37. Costos totales subdivididos

Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	TRATAMIENTOS											
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Costos fijos															
Terreno															
Alquiler de terreno	Ha			6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67	6.666,67
Insumos															
Semilla	@	138		720,00	720,00	720,00	720,00	1080,00	1080,00	1080,00	1080,00	1440,00	1440,00	1440,00	1440,00
Herramientas															
Picota	Pieza	45	10	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Chontillas	Pieza	20	20	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Mano de obra															
Preparación del suelo															
Remoción Tractor Agr.	Hora	80	4	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Roturado Tractor Agr.	Hora	80	4	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Rastrado Tractor Agr.	Hora	80	4	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Labores Culturales															
Deshiende	Jornal	20	50	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Cosecha	Jornal	20	50	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Total Costos Fijos				11196,67	11196,67	11196,67	11196,67	11556,67	11556,67	11556,67	11556,67	11916,67	11916,67	11916,67	11916,67
COSTOS VARIABLES															
Insumos															
Orina Humana	Litros	10		0,00	7500,00	7500,00	7500,00	0,00	15000,00	15000,00	15000,00	0,00	22500,00	22500,00	22500,00
Mano de obra															
Siembra	Jornal	6	50	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Total Costos Variables				300,00	7800,00	7800,00	7800,00	300,00	15300,00	15300,00	15300,00	300,00	22800,00	22800,00	22800,00
COSTO TOTAL				11496,67	18996,67	18996,67	18996,67	11856,67	26856,67	26856,67	26856,67	12216,67	34716,67	34716,67	34716,67

5.5.2 Beneficios netos

Según el cuadro 38 los rendimientos fueron obtenidos a partir del peso y área de producción, posterior a esto se realizó un ajuste del 10% con la finalidad de expresar la producción real que obtendría el productor al realizar la producción de

la avena. Según la metodología del CIMMYT (1988) se aplicó un 5% por el manejo controlado del cultivo y un 5 % por no tener pérdidas al momento de la cosecha.

A continuación se presentan los beneficios y costos de la avena por hectárea de producción.

Cuadro 38. Análisis de beneficios y costos por tratamiento del cultivo de avena

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Rdto. Kg/m ²	Kg/ha	RENDIMIENTO (ha)		B. Bruto	Costo total	B. Neto
					@/ha	Ajustado			
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	2,25	22500	1956,522	1760,87	21130,43	11496,67	9633,765
	1.5 Lt.	T - 2	4,16	41600	3617,391	3255,652	39067,83	18996,67	20071,16
	3 Lt.	T - 3	4,73	47300	4113,043	3701,739	44420,87	18996,67	25424,2
	4.5Lt.	T - 4	3,96	39600	3443,478	3099,13	37189,57	18996,67	18192,9
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	2,92	29200	2539,13	2285,217	27422,61	11856,67	15565,94
	1.5 Lt.	T - 6	4,97	49700	4321,739	3889,565	46674,78	26856,67	19818,11
	3 Lt.	T - 7	5,77	57700	5017,391	4515,652	54187,83	26856,67	27331,16
	4.5Lt.	T - 8	4,88	48800	4243,478	3819,13	45829,57	26856,67	18972,9
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	1,66	16600	1443,478	1299,13	15589,57	12216,67	3372,895
	1.5 Lt.	T - 10	3,4	34000	2956,522	2660,87	31930,43	34716,67	-2786,24
	3 Lt.	T - 11	3,91	39100	3400,00	3060,00	36720,00	34716,67	2003,33
	4.5Lt.	T - 12	3,13	31300	2721,739	2449,565	29394,78	34716,67	-5321,89

Los beneficios brutos fueron obtenidos a partir de un precio de venta de 12 Bs por 1 kg de avena, en este caso tenemos que el beneficio bruto mayor fue el del tratamiento T₇= a₂ (1,5 lt. de orina/17 litros de agua), con b₃ (54187,83) y el menor rendimiento fue obtenido en el tratamiento T₉= a₃ (4,5 lt. de orina/17 litros de agua) con b₁ (15589,57).

Demostrando en los diferentes tratamientos el efecto de la fertilización foliar influyó de manera significativa en los testigos.

En los beneficios netos podemos observar que el tratamiento $T_7 = a_2$ (1,5 lt. de orina/17 litros de agua), con b_3 (27331,16) fue el que obtuvo mayor ganancia, y el tratamiento $T_{12} = a_3$ (1,5 lt. de orina/17 litros de agua) con b_4 (-5321,89) es el tratamiento que presenta mayor negatividad con respecto a los beneficios.

Por otra parte se puede mencionar que esta diferencia es influenciada por las densidades de plantación y las dosis de aplicación en el cultivo de avena forrajera y los costos de producción fueron en ambos casos diferentes para ambos tratamientos.

5.5.3 Análisis de Dominancia

En el Cuadro 39 se muestran los tratamientos y su análisis de dominancia y no dominancia.

Cuadro 39. Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	B. Bruto Bs/ha	Costo total Bs/ha	B. Neto Bs/ha	Análisis
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	21130,4	11496,67	9633,76	No dominado
	1.5 Lt.	T - 2	39067,8	18996,67	20071,16	No dominado
	3 Lt.	T - 3	44420,9	18996,67	25424,20	No dominado
	4.5Lt.	T - 4	37189,6	18996,67	18192,90	No dominado
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	27422,6	11856,67	15565,94	No dominado
	1.5 Lt.	T - 6	46674,8	26856,67	19818,11	No dominado
	3 Lt.	T - 7	54187,8	26856,67	27331,16	No dominado
	4.5Lt.	T - 8	45829,6	26856,67	18972,90	No dominado
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	15589,6	12216,67	3372,90	No dominado
	1.5 Lt.	T - 10	31930,4	34716,67	-2786,24	Dominado
	3 Lt.	T - 11	36720	34716,67	2003,33	No dominado
	4.5Lt.	T - 12	29394,8	34716,67	-5321,89	Dominado

Mediante el análisis se puede observar que existen dos tratamientos dominados T_{10} y T_{12} , con (-2786,24 y -5321,89) Bs/ha, según el CIMMYT (1988), señala que cuando se tienen beneficios netos menores o iguales a los de un costo se trata de

un tratamiento dominado, en este caso se observa dos tratamientos son dominados, siendo beneficios netos menores a su costo de producción.

5.5.4 Relación Beneficio Costo

Mediante el Cuadro 40 se pudo apreciar la relación beneficio costo de los diferentes tratamientos.

Cuadro 40. Relación beneficio/costo de los tratamientos para el cultivo de avena.

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	B. Bruto Bs/ha	Costo total Bs/ha	Relación Beneficio/Costo
60 kg/ha	0 Lt.	T – 1	21130,4	11496,67	1,8
	1.5 Lt.	T – 2	39067,8	18996,67	2,1
	3 Lt.	T – 3	44420,9	18996,67	2,3
	4.5Lt.	T – 4	37189,6	18996,67	2,0
90 kg/ha	0 Lt.	T – 5	27422,6	11856,67	2,3
	1.5 Lt.	T – 6	46674,8	26856,67	1,7
	3 Lt.	T – 7	54187,8	26856,67	2,0
	4.5Lt.	T – 8	45829,6	26856,67	1,7
120 kg/ha	0 Lt.	T – 9	15589,6	12216,67	1,3
	1.5 Lt.	T – 10	31930,4	34716,67	0,9
	3 Lt.	T – 11	36720	34716,67	1,1
	4.5Lt.	T – 12	29394,8	34716,67	0,8

Según las relaciones beneficio costo se pudo observar que el mayor beneficio lo presenta el T₃, a₁ (1,5 lt. de orina/17 litros de agua) y T₅, a₂ (3 lt. de orina/17 litros de agua) con una relación beneficio costo de 2,30 lo cual indica que por unidad invertida tenemos una ganancia neta libre de 1,30 unidades (Bs.).

En relación a los demás tratamientos tenemos de la misma forma utilidades puesto que existen tratamientos dominados es decir, los se incurren en pérdidas, finalmente tenemos que los tratamientos T₁₀ y T₁₂ son los que ofrecen un beneficio menor en relación a sus unidades invertidas con índices de 0,9 y 0,8. En relación a estos dos últimos tratamientos se aplicó 1,5 y 4,5 litros de orina humana

fermentada en 17 litros de agua, reflejando que la influencia orina humana en dosis apropiadas es fundamental en la obtención de mayores ganancias.

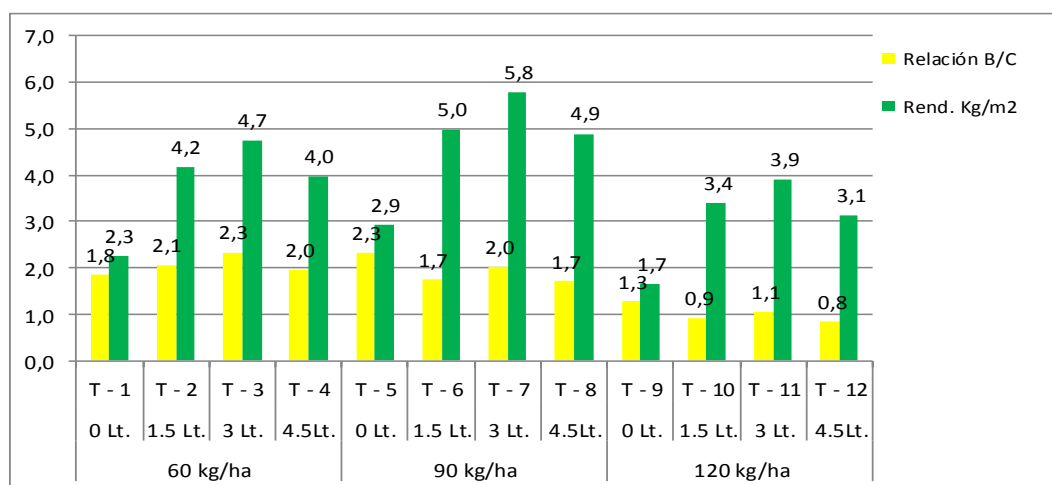
Cuadro 41. Relación beneficio/costo de los tratamientos para el cultivo de avena respecto al rendimiento

Densidad de Siembra	Nivel de Orina/17lt H ₂ O	Tratto.	Rend. Kg/m ²	Relación B/C
60 kg/ha	0 Lt.	T - 1	2,3	1,8
	1.5 Lt.	T - 2	4,2	2,1
	3 Lt.	T - 3	4,7	2,3
	4.5Lt.	T - 4	4,0	2,0
90 kg/ha	0 Lt.	T - 5	2,9	2,3
	1.5 Lt.	T - 6	5,0	1,7
	3 Lt.	T - 7	5,8	2,0
	4.5Lt.	T - 8	4,9	1,7
120 kg/ha	0 Lt.	T - 9	1,7	1,3
	1.5 Lt.	T - 10	3,4	0,9
	3 Lt.	T - 11	3,9	1,1
	4.5Lt.	T - 12	3,1	0,8

En el cuadro 41 se puede observar el relacionamiento del rendimiento forrajero respecto al beneficio costo del cultivo.

En la figura 12 se observa el relacionamiento del rendimiento de forraje respecto a los costos de producción del cultivo de avena.

Figura 12. Comparación de rendimiento respecto al beneficio costo



En la figura se 12 observa que en el T₇ se tiene un rendimiento de 5,8 kg/m² y el beneficio costo de Bs. 2,0; en cambio como cita el cuadro 41 el T₆ y el T₈ tienen un rendimiento de forraje de 5 y 4,9 kg/m², beneficio costo de Bs. 1,7 y 1,7 recuperando así simplemente Bs. 0,70, siendo estos menores al T₇ que posee la aplicación indicada.

Los tratamientos T₁₀ y T₁₂ muestran pérdidas en el costo de producción con Bs. 0,9 y 0,8 respecto al rendimiento forrajero de 3,4 y 3,1 kg/m² con respecto al rendimiento de materia verde en el cultivo de avena.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos señalados y los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones.

- Las diferentes densidades de siembra y los niveles de orina aplicado como fertilizante foliar, tuvieron efecto en el crecimiento y altura del cultivo de avena.
- Se observó que cuando se aplica una mayor densidad de siembra en el cultivo de la avena, los días a la emergencia son más cortos, como se muestra en la investigación donde se aplicó una densidad de siembra de 120 kg/ha se observó fueron 14 días a la emergencia y las densidades de 60 y 90 kg/ha con 22 y 19 días, esto se debe a que dentro de la estos tratamientos se creó un micro clima que ayuda a la germinación de las semillas y redujo el tiempo de emergencia en el cultivo de la avena.
- Los tratamientos donde no se aplicó los niveles de orina humana como fertilizante foliar (testigos), presentan menor desarrollo tanto en altura. La mayor altitud se registró en el T₇ con 150,50 cm, con la dosis de 3 litros d orina en 17 litros de agua y el tratamiento donde presento menor altura fue el T₁ con 73,88 cm, donde no se aplicó ningún nivel de orina a una densidad de 60 kg/ha.
- La densidad de siembra y los niveles de orina humana aplicada como fertilizante foliar, influye en el macollamiento por planta en el cultivo de avena, ya que en los tratamientos que se aplicaron densidades de siembra de 60 kg/ha, fue el que reporto mayor número de macollos con 13 macollos por planta, seguidos por los tratamientos donde se aplicó una densidad de siembra de 90 y 120 kg/ha con 10 y 10 macollos por planta.

- Los resultados obtenidos en la presente investigación concluyen que, a mayor número de macollos mayor número de hojas, por lo tanto existe mayor área foliar por planta, por lo que existe una mayor actividad fotosintética, es así que el número de hojas, número de macollos y el área foliar son variables que afectan en el rendimiento de forraje.
- Existió interacción en las variables evaluadas en el cultivo de la avena, donde se observó que aplicando densidades de siembra y niveles de orina como fertilizante foliar, se puede mejorar la producción de avena.
- Existió mayor rendimiento de forraje en el T₇ con 5,77 kg/m², siendo este el mayor respecto a los demás tratamientos con la dosis de 3 litros de orina humana en 17 litros de agua. Se registró el menor peso en el T₉ con 1,66 kg/m² a una densidad de 120 kg/ha, donde no se aplicó ninguna dosis de orina humana en comparación al rendimiento de materia verde.
- Respecto al mayor rendimiento de forraje en los tratamientos fue donde se aplicó una densidad de siembra de 90 kg/ha con un promedio de 4.64 kg/m² de rendimiento de forraje y mientras el promedio más bajo se presentó donde la densidad de siembra fue de 120 kg/ha con un rendimiento de 3.02 kg/m².
- En el análisis económico se concluyó que el T₇ tiene un rendimiento de 5,8 kg/m² y el beneficio costo de Bs. 2,0; en cambio como cita el cuadro 41 el T₆ y el T₈ tienen un rendimiento de forraje de 5 y 4,9 kg/m², beneficio costo de Bs. 1,7 y 1,7 recuperando simplemente Bs. 0,70, siendo estos menores al T₇ que posee la aplicación indicada.

7. RECOMENDACIONES

Con las conclusiones obtenidas se realizaron las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda realizar una investigación con los niveles de orina humana como fertilizante foliar, en otros cultivos en la zona del altiplano ya que la obtención de algunos fertilizantes como es estiércol de ganados menores y mayores son escasos.
- Se deberían realizar trabajos similares para el cultivo de la avena en diferentes zonas del altiplano central, para observar el rendimiento de forraje, aplicando otras densidades de siembra y otros niveles de orina como fertilizante foliar.
- Se recomienda utilizar estiércol tratado de animales como de personas como abono en la preparación del suelo.
- Se recomienda fermentar la orina humana en la zona del altiplano en bandejas de arcilla cocida ya que facilita el menor tiempo de fermentación para su respectiva utilización en comparación a envases de plástico.
- Se recomienda realizar trabajos de investigación con orina humana en plantas tanto en la fitomasa aérea como en el sistema radicular.
- Se recomienda realizar monitoreo constante a productores que empiezan a utilizar la orina humana como fertilizante orgánico.
- Se recomienda realizar intercambio de experiencias con productores del área rural y periurbana sobre las bondades y la buena utilización agroecológica de la orina humana como fertilizante y este sea sostenible para una producción plantas, completando así el ciclo productivo.

8. BIBLIOGRAFIA

Añorve C. Centro de innovación en tecnología alternativa Cuernavaca, Morelos, México. www.bosquedeniebla.com.mx Consultado: 12/04/2013.

Ardúz E., Caceres R., Ortega J., Mamani D., Pastor W., Quilla T., Mamani B. (2007). Análisis de recursos hídricos, suelos y medio ambiente. (estudios de pre inversión). Distritos Rurales 9,10 Y 11; Gobierno Municipal De El Alto Oficialía Mayor De Desarrollo Económico Y Productivo Dirección de Promoción Agropecuaria, Provincia Murillo Departamento De La Paz. pp. 104.

Argote G. y Ruiz J. (2011). Guía técnica taller forrajera. Curso manejo y conservación de avena. “jornada de capacitación” UNALM. agrobanco: Yunguyo, mañaso, Puno, PE. pp. 35.

Arroyo F. (2005). Lo que sabemos de orina humana como fertilizante Morelos, México. (Proyecto Tepoz Eco). pp. 28.

Barcello, C. 1988. Fisiología Vegetal, Madrid, ES. Ed. Pirámide. 317-381 p

Bidwell R. (1993). Fisiología vegetal. Ed.AGT. México. 95 -340 pp.

Calzada, B. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. 5^{ta} ed. Lima, PE. Ed. Milagros S.A. 64 p.

Cerrillo M., Juárez A., Rivera J., Guerrero M., Ramírez R., Bernal H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Proyecto “Impacto Productivo y Económico de Subproductos Agroindustriales y Forrajes no Convencionales, en la Alimentación de Rumiantes”. México. pp. 937

Chapingo. Morfología y taxonomía de la avena. Página web:
<http://chapingo.mx.tripod.com/avena/raizcomp.html> Consultado: 20/08/2013.

CIF-SEFO-UMSS (Centro de Investigaciones en forrajes, BO). 2000. Uniformización de Técnicas y Criterios de Investigación. Cochabamba, BO. pp. 147.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Mx). (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; manual meteorológico de evaluación económica. México D.F. pp. 72.

CIPCA (2002), "Centro de Investigación y promoción del Campesino". Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. La Paz – BO.

Conant J. (2005). Saneamiento y limpieza para un ambiente sano. Fundación Hesperian, Asdi. Berkeley, California, EE.UU. pp. 48.

Coombs, J; Hall D; long, S. (1988). Técnicas en fotosíntesis y Bioproductividad. 2^a ed. México. Ed. Futura. 17-21p.

Duran, J. (2001). Efecto de tres niveles de nitrógeno en el comportamiento agronómico de cultivares de avena forrajera (*Avena sativa L.*). Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-BO, EMI, 5- 25 p.

Forrajes y Granos. Respuesta de las plantas al pastoreo. pp 4.
www.produccion-animal.com.ar. Consultado 31/08/2013.

Duran J. (2001). Efecto de tres niveles de nitrógeno en el comportamiento agronómico de cultivares de avena forrajera (*Avena sativa L.*). Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-BO, EMI, 5- 25 p.

Esrey S., *et al.*, (1998). Saneamiento Ecológico, tr. de la 1ra. edición en inglés Ecological Sanitation, Asdi, Estocolmo.

Höglund C. (2001). Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine (Evaluación del riesgo para la salud asociado con la reutilización de la orina humana separada); tesis doctoral, Instituto Real de Tecnología (Departamento de biotecnología, Instituto Sueco del Agua y Microbiología Ambiental).

Ibáñez E. (2012). Condori D., Mamani V., García R. Boletín de prensa – excretas humanas transformadas en abonos y utilizados en cultivos una experiencia inedita en Bolivia. Fundación Sumaj Huasi.

Infoagro <http://www.infoagro.com>; Consultado 18/08/2013.

Jiménez W. y Lima J. (2010). Evaluación de suelos para la producción forrajera del Distrito Rural 9 Municipio de El Alto – MAN-B (Misión Alianza de Noruega en Bolivia). pp. 42.

Jönsson H., Richert A., Vinnerås B., Salomon E. (2004), Lineamientos para el Uso de la Orina y de las Heces en la Producción de Cultivos. Instituto Ambiental de Estocolmo. Programa EcoSanRes. Estocolmo, Suecia pp. 46.

Juscáfresca B. (1980). Forrajes: Fertilizantes y valor nutritivo. 2da. ed. Barcelona, ES. Ed. AEDOS. 215 PP.

Kvarnström E., Emilsson K., Richert A., Mats S., *et al.*, (2006), Instituto Ambiental de Estocolmo; Desviación de Orina - Un Paso Hacia el Saneamiento Sustentable. Programa EcoSanRes. Estocolmo, Suecia pp.66.

Lira, R. 1994. Fisiología vegetal. México. Ed. Trillas. 237 p.

Mamani B. (2008). Procedimiento computarizado de evaluación del impacto ambiental, Ficha ambiental, Análisis de recursos hídricos, suelos y medio ambiente, Gobierno Municipal De El Alto, La Paz – BO. pp. 104.

Mariscal, A. (1992). Agroclimatología. SENAMHI. Universidad Autónoma Tomas Frías. Oruro, BO. 256 p.

Morrison F. (1966), Compendio de alimentación del ganado traducido por J. de la Loma. De UTEA, Mexico. pp. 284 – 300.

Palomino W. Manual del cultivo de la avena forrajera y su conservación. wpalominor@peru.com. pp. 10. Consultado: 12/04/2013.

Parsons D. (1989). Trigo, Cebada, Avena. México. Ed. Trillas. pp. 134 – 135.

Payeras A. (2006). Uso de los abonos foliares en bonsái y mecanismos fisiológicos de absorción de las hojas. Artículo publicado en Bonsái Actual Nro.103. pp. 11.

PDLA (2006). (Programa de desarrollo lechero del altiplano), Cooperación técnica Danesa (DANIDA), Apoyo programático al sector agropecuario (APSA), Federación departamental de productores de leche de La Paz (FEDELPAZ). Producción de Forrajes. La Paz, BO. Tomo 1. 5ta Ed. pp 103.

Pedulla E. (2012). Fertilización Foliar- Consideraciones generales. pp18.

Quispe, N. (1999). Estudio comparativo de variedades de avena, cebada y Triticale en la localidad de Choquenaira. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO, UMSA. 29-58 p.

Rangel P., Torres A., Segura M., Hernández M., García J., Rueda E., Sánchez E. (2010). Evaluación de la orina humana como fuente de nutrientes en la producción

de plántulas de tomate. Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad de Sonora. Coahuila, México.

Richert. A., Gensch R., Jönsson H, *et al.* (2011). Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola. Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Series. SEI – Stockholm. Suecia. pp. 54.

Robles R. (1990). Producción de granos y forrajes. 5^{ta} ed. México. Ed. Limusa. pp. 135 – 168.

Rodriguez F., (1989). Fertilizantes – Nutrición Vegetal; De. AGT. Editor, S.A. México D.F. pp 123 -125.

Romheld V. (1999). Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. Proceedings of the 2nd International Workshop on Foliar Fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand. (Aplicación de nutrientes foliares: Retos y límites en la producción de cultivos. Actas del 2^o Taller Internacional sobre Fertilización foliar. Sociedad de Fertilizantes de Tailandia. Bangkok, Tailandia). pp. 10-48.

Salazar G. (2011). Manual de uso y mantenimiento del baño ecológico. Catholic Relief Services (CRS Bolivia). Pastoral social Cáritas – Diócesis de El Alto (PASOCDEA). La Paz – Bolivia. pp. 40.

SEFO-SAM (2011), Empresa de semillas forrajeras Bolivia. Semillas de calidad para pasturas y forrajes de calidad. Avena (*Avena sativa L.*) Catálogo de semillas UMSS - COSUDE – Productores .Cochabamba, Bolivia. pp 4.

Smil V. (1999). Long-range Perspectives in Inorganic Fertilizers in Global Agriculture. Hignett Lecture, (Perspectivas de largo alcance en los fertilizantes

inorgánicos en la agricultura mundial. Conferencia Hignett,) IFDC, Alabama, USA. pp. 77.

SENAMHI, (2010). Boletín Agrometereológico M.T.C.A.N. La Paz, BO. pp. 5.

Silveti R., Condori D., Mamani V. (2012). Evaluación de cuatro especies andinas; papa, quinua, haba y avena utilizando fertilizantes orgánicos, orina humana tratada y humus ecosan comunidad de Villandrani, Municipio de El Alto. La Paz, BO. pp. 34.

Tarqui J. (2012). Seguimiento a la implementación y rendimiento de avena forrajera y características de la producción lechera Distrito Rural 9 del Municipio de El Aalto. MAN-B (Misión Alianza de Noruega en Bolivia). pp. 23.

Tapia, M. (1997). Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. Santiago, CL. 29-52 pp.

Ticona A. (2006). Efectos de la aplicación fraccionada de nitrógeno y densidad de siembra en el comportamiento agronómico del triticale (*Triticum secale* W.) en Tiahuanaco. Tesis Lic. Agr. La Paz, BO., UMSA. pp. 22.

Torres, E. 1983. Agrometereologia. MX, Ed. Diana. pp. 150.

Torrice, D. (2002). Evaluación de variedades y densidades de Avena forrajera (*Avena sativa*), en la granja de Kallutaca, Provincia Los Andes. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO, UMSA. pp. 9-10.

VALDIVIA E. y DEL VALLE O., 1971. Reunion de especialistas e investigadores forrajeros de Perú. Ministerio de Agricultura, dirección de Producción pecuaria, pp. 42 – 51.

Veizaga, J. (1984). Cereales Menores en Siembra Asociadas en Pocoma, Tesis Lic. Ing. Agr. Cochabamba, BO, UMSS. pp. 106.

Villavicencio X. (2009). Sistematización de la experiencia en captación, tratamiento y aplicación de orina humana, como fertilizante, en plantas de maíz. ACEPESA San José, Costa Rica. pp. 36.

Villavicencio X. (2010). Sistematización de la experiencia de aplicación de orina humana como fertilizante en Caña de. San José, Costa Rica. 1ra. Ed. pp. 38.

Yzarra W., López F. (2011), Manual de observaciones fenológicas. Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. pp. 95.

ANEXOS

Anexo 1. Lugar de recolección de la orina humana



Anexo 2. Preparación del fertilizante foliar



Anexo 3. Aplicación foliar con orina humana y agua



Anexo 4. Distancia entre bloques



Anexo 5. Marbetes



Anexo 6. Preparación del abono foliar



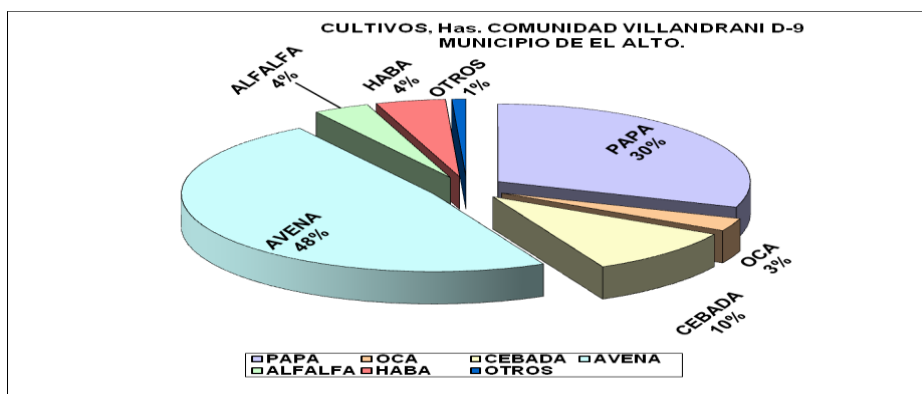
Anexo 7. Determinación de la fitomasa aérea



**Anexo 8. Encuesta en producción de cultivos. Comunidad: Villandrani
Distrito N°9 del Municipio de El Alto.**

Nº	NOMBRE Y APELLIDOS	CULTIVOS, Has. TOTAL							CULTIVO
		PAPA	OCA	CEBADA	AVENA	ALFALFA	HABA	OTROS	
1	ILARION CALLE MAMANI	0.50	0.00	0.00	0.50	0.25	0.00	0.00	1.25
2	MARCO ANTONIO CALLE MAMANI	0.25	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.75
3	JORGE MAMANI CALLE	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	1.50
4	GREGORIO MAMANI	0.75	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	1.50
5	RENE CONDORI QUISPE	0.75	0.00	0.00	0.75	0.25	0.00	0.00	1.75
6	MARIA CONDORI QUISPE	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.50
7	EUGENIO LAURA	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.50
8	BENITA GIL QUISPE	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.50
9	ANDRES MAMANI CONDORI	0.25	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.75
10	FRANCISCO MAMANI CONDORI	1.50	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	4.00
11	ILARION MANANI CONDORI	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00
12	ROSENDO RODRIGUEZ	0.25	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.75
13	JOSE CONDORI HILLI	1.50	0.00	1.25	3.25	0.00	1.25	0.00	7.25
14	GERTRUDIS CALLE MAMANI	0.50	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.25	2.75
15	ANACLETO CONDORI CHOQUE	0.50	0.75	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.25
TOTAL		8.50	0.75	2.75	13.50	1.00	1.25	0.25	28.00
								PROMEDIO	1.87

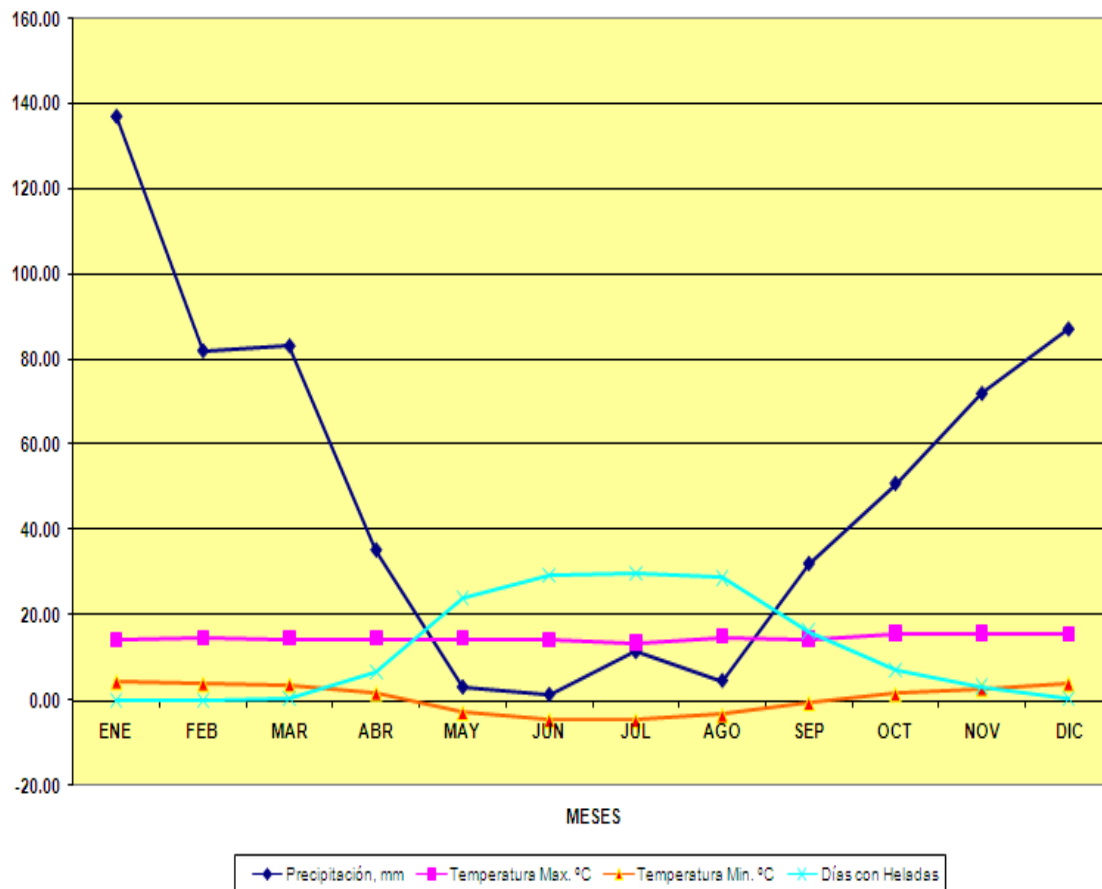
CULTIVOS, Has.						
PAPA	OCA	CEBADA	AVENA	ALFALFA	HABA	OTROS
0.57	0.05	0.18	0.90	0.07	0.08	0.02



Fuente. Ardúz et al., (2007).

Anexo 9. Climograma Del Municipio De El Alto Datos Periodo Estación: El Alto 2005 A 2007

DATOS / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación, mm	137.37	82.27	83.40	35.40	3.17	1.40	11.50	4.70	32.20	51.03	72.20	87.37
Temperatura Max. °C	14.27	14.67	14.60	14.60	14.63	14.20	13.47	15.03	14.53	15.83	15.67	15.60
Temperatura Min. °C	4.43	3.90	3.70	1.70	-2.80	-4.50	-4.60	-3.40	-0.53	1.50	2.70	3.97
Días con Heladas	0.00	0.00	0.33	6.67	24.33	29.67	30.00	29.00	16.33	7.00	3.33	0.33



Fuente: Mamani (2008)

**Anexo 10. Resumen de las características climáticas de la ciudad de El Alto,
record de 50 años**

Variable	Características
Precipitación media anual	612
Mes de mayor precipitación	Enero
Mes de menor precipitación	Junio y julio
Temperatura media mensual	7,9 °C
Temperatura máxima	14 °C
Temperatura mínima	0.6 °C
Frecuencia de ocurrencia de heladas	Enero y febrero
Humedad relativa	58 %

Fuente: Mamani (2008).