



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**NIVELES DE ABONAMIENTO ORGÁNICO, DISTANCIAMIENTO  
Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE AVENA  
FORRAJERA (*Avena sativa* L.) EN EL C.E. ILLPA.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JOSÉ LUIS FLORES RAMOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*- A DIOS, por la vida, la salud, la fuerza y por dirigir siempre mi camino.*

*Con amor y aprecio a mi querida madre Doris Ramos Pineda, por ser la razón de mi vida, por su inmenso apoyo y confianza en cada momento de mi vida, por motivarme a seguir adelante para lograr todas mis metas. A mi querido padre Lucio Flores Merma por brindarme siempre su inmenso apoyo. y cariño*

*A MIS QUERIDOS HERMANOS: Verania Libertad, Julio Cesar, Dalia Lindsay y Yulissa Milagros por su compañía, confianza, comprensión y apoyo incondicional que siempre me brindan, para lograr todas mis metas con humildad.*



## AGRADECIMIENTOS

*- A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, a todos sus docentes que impartieron sus sabios consejos, conocimientos y enseñanzas para mi desarrollo y formación profesional.*

*A MI DIRECTOR DE TESIS, M. Sc. Dawes Ramos Alata, por su inmensa paciencia, por su profesionalidad, por sus consejos y el trato que me ha dispensado. Agradezco haberme ayudado y facilitado algunos materiales para el presente trabajo de investigación, sin su colaboración no habría sido posible.*

*Al jurado evaluador, M. Sc. Daniel Canaza Mamani, D. Sc. Ernesto Javier Chura Yupanqui, M. Sc. Abdon Charaja Villalta por las recomendaciones realizadas.*

*A MIS AMIGOS, que de una u otra forma participaron en esta investigación a Carlos Polanco, Aldo y Mario por sus consejos y apoyo que me brindaron, por haber compartido buenos momentos. Muchas Gracias.*



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL ..... 14**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 14**

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. GENERALIDADES DE LA AVENA FORRAJERA..... 15**

2.1.1. Clasificación botánica ..... 16

2.1.2. Morfología de la planta ..... 16

**2.2. FISIOLÓGÍA DEL CULTIVO ..... 17**

2.2.1. Requerimiento climático ..... 17

2.2.2. Suelo..... 17

2.2.3. Fertilización..... 18

2.2.4. Época de siembra..... 18

2.2.5. Fases fenológicas..... 18



|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.3. MANEJO DEL CULTIVO .....</b>          | <b>19</b> |
| 2.3.1. Siembra.....                           | 19        |
| 2.3.2. Labores culturales.....                | 19        |
| 2.3.3. Cosecha .....                          | 21        |
| <b>2.4. AGRICULTURA ORGÁNICA .....</b>        | <b>22</b> |
| <b>2.5. SUELO .....</b>                       | <b>23</b> |
| <b>2.6. ABONO ORGÁNICO .....</b>              | <b>23</b> |
| 2.6.1. Tipos de abonos.....                   | 24        |
| <b>2.7. ESTIÉRCOL .....</b>                   | <b>25</b> |
| 2.7.1. Ventajas del estiércol.....            | 26        |
| 2.7.2. Desventajas del estiércol .....        | 26        |
| 2.7.3. Composición del estiércol .....        | 27        |
| 2.7.4. Uso potencial del estiércol .....      | 27        |
| 2.7.5. Acción del estiércol en el suelo ..... | 28        |
| 2.7.6. Estiércol de ganado vacuno .....       | 29        |
| 2.7.7. Composición del estiércol .....        | 29        |

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....</b>            | <b>31</b> |
| <b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>      | <b>31</b> |
| <b>3.3. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS.....</b>       | <b>31</b> |
| <b>3.4. CARACTERISTICAS EDÁFICAS .....</b>            | <b>33</b> |
| <b>3.5. CARACTERISTICAS DEL ESTIÉRCOL VACUNO.....</b> | <b>34</b> |
| <b>3.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>               | <b>34</b> |
| <b>3.7. VARIABLES EN ESTUDIO.....</b>                 | <b>34</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| 3.7.1. Variables independientes.....   | 34        |
| <b>3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>3.10. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS .....</b>   | <b>38</b> |
| <b>3.11. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>CAPITULO IV</b>   |           |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>  |           |
| <b>4.1. EFECTO DE NIVELES ABONAMIENTO, DENSIDAD DE SIEMBRA,<br/>DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE<br/>MATERIA VERDE DE AVENA FORRAJERA VARIEDAD TAYKO .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>4.2. EFECTO DE NIVELES DE ABONAMIENTO, DENSIDAD DE SIEMBRA,<br/>DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE<br/>MATERIA SECA DE AVENA FORRAJERA VARIEDAD TAYKO.....</b> | <b>48</b> |
| <b>4.3. DOSIS OPTIMA EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE Y<br/>MATERIA SECA DE AVENA FORRAJERA .....</b>   | <b>52</b> |
| 4.3.1. Materia verde.....  | 52        |
| 4.3.2. Materia seca.....   | 54        |
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>67</b> |

**ÁREA:** Ciencias Agrícolas

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Manejo y conservación de recursos de agua y suelos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 26 de julio del 2022



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>Figura 1.</b> Precipitación pluvial mensual 2019-2020, (SENAMHI, 2021).....   | 32          |
| <b>Figura 2.</b> Temperatura media mensual 2019-2020, (SENAMHI, 2021).....   | 32          |
| <b>Figura 3.</b> Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento de materia verde. ....  | 44          |
| <b>Figura 4.</b> Diagrama de superficie para el rendimiento de materia verde .....   | 45          |
| <b>Figura 5.</b> Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento de materia seca. ....   | 49          |
| <b>Figura 6.</b> Diagrama de superficie de respuesta para el rendimiento de materia seca   | 50          |
| <b>Figura 7.</b> Gráfico de optimización para el rendimiento de materia verde.....   | 52          |
| <b>Figura 8.</b> Gráfico de optimización para el rendimiento de materia seca.....  | 54          |
| <b>Figura 9.</b> Delimitación de las 15 sub parcelas experimentales de estudio.....  | 71          |
| <b>Figura 10.</b> Croquis de distribución de unidades experimentales .....   | 71          |
| <b>Figura 11.</b> Trazo para definir y medir el distanciamiento entre surcos. ....   | 72          |
| <b>Figura 12.</b> Pesado de abono orgánico para diferenciar los efectos de 3 niveles .....   | 72          |
| <b>Figura 13.</b> Pesado de semilla Var. Tayko, para diferenciar los efectos de 3 niveles<br>Fecha: 29/11/2019 .....                         | 73          |
| <b>Figura 14.</b> Siembra de avena forrajera var. Tayko.....   | 73          |
| <b>Figura 15.</b> Primera evaluación en estado de (emergencia a los 30 días). ....   | 74          |
| <b>Figura 16.</b> Segunda evaluación en fase de macollamiento. ....  | 74          |
| <b>Figura 17.</b> Cultivo de avena forrajera listo para la segunda evaluación. ....  | 75          |
| <b>Figura 18.</b> Tercera evaluación del cultivo avena forrajera.....  | 75          |
| <b>Figura 19.</b> Muestras llevadas a la estufa del laboratorio de aguas y suelos de la UNAP<br>para hallar resultados de materia seca. .... | 76          |
| <b>Figura 20.</b> Certificado de análisis de análisis de fertilidad del suelo experimental ....  | 77          |
| <b>Figura 21.</b> Certificado de análisis de estiércol de vacuno.....  | 78          |



|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 22.</b> | Certificado de análisis de porcentaje de materia seca de avena ..... | 79 |
| <b>Figura 23.</b> | Tabla de interpretación de análisis de suelos.....                   | 80 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>Tabla 1.</b> Composición media de estiércol de ganado vacuno .....                                | 30          |
| <b>Tabla 2.</b> Composición química de principales estiércoles utilizados como abonos %.<br>.....    | 30          |
| <b>Tabla 3.</b> Análisis físico-químico del suelo experimental.....                                  | 33          |
| <b>Tabla 4.</b> Análisis de NPK, pH y conductividad eléctrica del estiércol de vacuno.....           | 34          |
| <b>Tabla 5.</b> Variables independientes .....   | 35          |
| <b>Tabla 6.</b> Variables dependientes .....   | 35          |
| <b>Tabla 7.</b> Matriz de tratamientos para el rendimiento de materia verde y materia seca.<br>..... | 37          |
| <b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza para diseño Box-Behnken.....                                    | 37          |
| <b>Tabla 9.</b> Numero de parcelas, factores y distribución de sus tratamientos .....                | 40          |
| <b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza para rendimiento de materia verde. ....                        | 43          |
| <b>Tabla 11.</b> Resultados de los tratamientos para el valor de materia verde kg/ha .....           | 46          |
| <b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza para rendimiento de materia seca. ....                         | 48          |
| <b>Tabla 13.</b> Resultados de materia seca en kg/ha y porcentaje de materia seca. ....              | 51          |
| <b>Tabla 14.</b> Optimizar respuesta del rendimiento de materia verde.....                           | 52          |
| <b>Tabla 15.</b> Optimizar respuesta del rendimiento de materia seca.....                            | 54          |
| <b>Tabla 16.</b> Datos de campo de primera evaluación de plántulas emergentes.....                   | 67          |
| <b>Tabla 17.</b> Datos de la segunda evaluación de altura plantas.....                               | 68          |
| <b>Tabla 18.</b> Datos de la tercera evaluación fase fenológica grano lechoso de avena.....          | 69          |



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>C.E. ILLPA</b> | : Centro Experimental Illpa                 |
| <b>C.M.</b>       | : Cuadrados medios                          |
| <b>D. Si</b>      | : Densidad de siembra                       |
| <b>D. Su</b>      | : Distanciamiento entres surcos             |
| <b>F.V.</b>       | : Fuente de variación                       |
| <b>Fc</b>         | : F calculada                               |
| <b>G.L.</b>       | : Grados de libertad                        |
| <b>INIA</b>       | : Instituto Nacional de Innovación Agraria. |
| <b>MV</b>         | : Materia verde                             |
| <b>MS</b>         | : Materia seca                              |
| <b>m</b>          | : Metros                                    |
| <b>m.s.n.m.</b>   | : Metros sobre el nivel del mar             |
| <b>N. A</b>       | : Nivel de abonamiento                      |
| <b>kg/ha</b>      | : Kilogramos por hectárea                   |
| <b>t/ha</b>       | : Toneladas por hectárea                    |
| <b>S.C.</b>       | : Suma de cuadrados                         |
| <b>SENA</b>       | : Servicio Nacional de Aprendizaje          |
| <b>%</b>          | : Porcentaje                                |



## RESUMEN

La investigación se realizó en el C.E. Illpa de la UNA Puno ubicado a una altitud de 3822 msnm . Siendo los objetivos: Determinar el efecto de tres niveles de abonamiento con estiércol de vacuno, densidad de siembra y distanciamiento entre surco en la producción de MV y MS de avena forrajera variedad Tayko, también determinar la dosis optima del nivel de abonamiento, densidad y distanciamiento entre surco para la producción de avena forrajera variedad Tayko en kg/ha tanto en MV y MS. Siendo los factores en estudio: A. Niveles de abonamiento de 10, 20, 30 t/ha, B. Densidad de siembra de 90, 105, 120 kg/ha y C. Distanciamiento de 0.3, 0.4, 0.5 m, entre surcos, donde se sembró la variedad Tayko, en una parcela general de 900m<sup>2</sup>, utilizándose un diseño experimental de superficies de respuesta Box-Behnken, cuyos resultados nos ayudan a concluir que para un suelo franco en condiciones del CE Illpa se puede obtener: 29 000 kg/ha. de MV con el nivel de 30 t/ha de abonamiento con estiércol de vacuno, más una densidad de siembra de 120 kg/ha y un distanciamiento entre surcos de 0,4 m. Para el caso de MS, se concluye que el nivel de 30 t/ha de abonamiento con estiércol de vacuno, más una densidad de siembra de 120 kg/ha y un distanciamiento de 0.4 m, se logró producir 8 700 kg/ha de MS. Para los valores óptimos se ha logrado estimar que la dosis de abonamiento 30 t/ha mas la densidad de 120 kg/ha y un distanciamiento de 0.39305 m se podría producir 29 509.0 kg de MV. Mientras que para MS los valores óptimos serian de 30 t/ha de estiércol de vacuno más 119.812 kg/ha de semilla y 0.5 m de distanciamiento entre surco se produciría 8 873.38 kg de MS.

**Palabras clave:** abonamiento, avena, materia verde, materia seca, niveles, rendimiento.



## ABSTRACT

The research was carried out at the C.E. Illpa of the UNA Puno located at an altitude of 3822 meters above sea level. Being the objectives: To determine the effect of three levels of fertilization with cattle manure, planting density and spacing between rows in the production of MV and MS of forage oats variety Tayko, also determine the optimal dose of the level of fertilization, density and spacing between rows for the production of fodder oats Tayko variety in kg/ha in both MV and MS. Being the factors under study: A. Fertilization levels of 10, 20, 30 t/ha, B. Planting density of 90, 105, 120 kg/ha and C. Distance of 0.3, 0.4, 0.5 m, between rows, where the Tayko variety was planted, in a general plot of 900m<sup>2</sup>, using an experimental design of Box-Behnken response surfaces, the results of which help us to conclude that for a loamy soil in CE Illpa conditions, it is possible to obtain: 29,000 kg/ ha of MV with the level of 30 t/ha of fertilization with cattle manure, plus a sowing density of 120 kg/ha and a distance between rows of 0.4 m. For the case of DM, it is concluded that the level of 30 t/ha of fertilization with cattle manure, plus a planting density of 120 kg/ha and a spacing of 0.4 m, was able to produce 8 700 kg/ha of DM. . For the optimal values, it has been possible to estimate that the fertilization dose of 30 t/ha plus the density of 120 kg/ha and a spacing of 0.39305 m could produce 29 509.0 kg of MV. While for DM the optimal values would be 30 t/ha of cattle manure plus 119.812 kg/ha of seed and 0.5 m of distance between rows, 8 873.38 kg of DM would be produced.

**Keywords:** fertilization, oats, green matter, dry matter, levels, yield.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La avena es un cultivo forrajero temporal de gran importancia para la alimentación ganadera, esta gramínea se ha adaptado a una gran diversidad de pisos altitudinales, desde los 2 500 a 4 000 m.s.n.m. y a climas variados. Es uno de los cultivos más difundidos en la sierra peruana, por su alto potencial de producción forrajera, facilidad de cultivo, buena palatabilidad y digestibilidad en estado de forraje verde, heno y/o ensilado (Paredes, 2016).

Sin embargo, la producción actualmente está con el uso de fertilizantes sintéticos o químicos que dañan el medio ambiente y no son sostenibles, por otro lado, el uso de la materia orgánica como es el estiércol de vacuno, es una alternativa ecológica que puede mejorar los rendimientos y condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo haciéndolo más productivo y sostenible para el agricultor. Está demostrado que algunos sistemas de producción agrícola carecen de sostenibilidad; sistemas de producción que hasta ahora vienen incluyendo técnicas poco recomendables de manejo del forraje (Paredes, 2016).

El problema de las bajas producciones de avena forrajera en el altiplano es cada vez más frecuente y no habiendo más alternativa del uso de los fertilizantes nitrogenados sintéticos que muchas veces causan degradación del suelo pérdida de la densidad aparente, actividad microbiana disminuida. Un beneficio extra de la incorporación de materia orgánica es la reducción en la resistencia del suelo mediante la aplicación de estiércol (Castellanos, 1982).

Castellanos *et al.*, (1996), estudiaron el efecto de la aplicación de estiércol de vacuno reportan un incremento significativo en la velocidad de infiltración y retención



de humedad con dosis de 60 t/ha; estos autores señalan que dicho efecto se logra debido a que del total de aportaciones orgánicas 70% se mineraliza rápidamente, en uno o dos años; el resto se transforma en humus, se incorpora al suelo y produce su efecto benéfico en la estructura del suelo a partir del primer año de aplicación.

Por lo manifestado con anterioridad, se ha planteado los siguientes objetivos de estudio:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de tres niveles de materia orgánica, densidad de siembra y distanciamiento entre surcos en el rendimiento de avena forrajera en el C.E. Illpa.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de tres niveles de estiércol de vacuno, densidad de siembra y distanciamiento entre surcos sobre la producción de materia verde de avena forrajera variedad Tayko.

- Determinar el efecto de tres niveles de estiércol de vacuno, densidad de siembra y distanciamiento entre surcos sobre la producción de materia seca de avena forrajera variedad Tayko.

- Determinar la dosis óptima del nivel de abonamiento, densidad de siembra y distanciamiento entre surco para la producción de materia verde y materia seca en avena forrajera variedad tayko.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. GENERALIDADES DE LA AVENA FORRAJERA

Según, Choque (2005). La avena es un cereal anual de clima templado, se cree que es de Asia occidental y el Mediterráneo. Su cultivo ocupa el quinto lugar en el mundo, siendo el cereal de verano e invierno de mayor importancia en el hemisferio norte. La avena es uno de los cereales más difundidos principalmente en la región de la sierra alto andina por su alto potencial de producción de forraje. Las variedades de avena, se adaptan a diferentes clases de suelo, la facilidad de su cultivo, su buena producción de forraje en verano, su buena palatabilidad y digestibilidad en forraje verde y como heno o ensilaje, han sido las causas de la popularidad del cultivo de avena forrajera para engorde y producción de leche a nivel nacional, regional y local.

El cultivo de avena en el Perú, encuentra buenas características geográficas, climáticas y de suelos, permitiéndole una adecuada adaptación y desarrollo, su sembrío se da en todo el valle interandino en especial en los departamentos de la sierra central y sur; un ciclo vegetativo óptimo varía según la variedad, entre la siembra y la cosecha (primer corte) de 6 a 7 meses (Lafore, 1999). La producción regional en nuestro departamento abarca parte del altiplano central hasta el altiplano norte, principalmente en las zonas de producción lechera (Catari, 2002).



### 2.1.1. Clasificación botánica

Según Cadenillas (1999), citado por (Flores, 2019), la especie vegetal avena se ubica taxonómicamente en la siguiente escala:

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| Reino        | : Plantae                |
| División     | : Magnoliophyta          |
| Clase        | : Liliopsida             |
| Orden        | : Poales                 |
| Familia      | : Poaceae                |
| Género       | : Avena                  |
| Especie      | : <i>Avena sativa</i> L. |
| Nombre común | : Avena                  |

### 2.1.2. Morfología de la planta

Choque (2005), manifiesta lo siguiente:

- Raíz; la planta de avena posee abundantes raíces fibrosas y profundas.
- Tallos; son erectos cilíndrico, compuesto de nudos y entrenudos huecos. produce buen número de macollos variando entre 5 – 12 por planta según la variedad.
- Hojas; están compuesto de vaina enrollada en el entre nudo, láminas de las hojas son planas y alargadas, tienen una longitud promedio de 25 cm y un ancho de 1 hasta 2 cm; carecen de aurícula.
- La inflorescencia; viene a ser una panoja o panícula laxa y abierta ramificada, polinización autógama, con dos a tres espiguillas.
- Fruto: Es una cariósida vestida algo alargado y puntiagudo en ambos extremos, conocido como grano o semilla.



## 2.2. FISIOLOGÍA DEL CULTIVO

### 2.2.1. Requerimiento climático

La avena es una gramínea anual, adaptada a climas fríos y húmedos, sensible a altas temperaturas, especialmente en las etapas de floración y formación de grano. Es una planta que requiere más humedad que otros cereales, aunque tiene baja tolerancia al exceso de ella. Es un cultivo rústico, prefiere suelos profundos y de textura media, aunque es poco exigente en las características del suelo y se desarrolla bien en suelos ligeramente ácidos a neutros (Sagarpa, 2014).

En el Perú, se cultivan desde los 1500 a 4000msnm de altitud, requiere una temperatura de 6°C para germinar y de 12 – 16 °C para completar su floración. En condiciones de secano, se requiere una precipitación pluvial mayor de 600 mm al año. En el país, se cultiva desde 2,500 hasta los 4,100 m.s.n.m. No tolera la sequía (Espitia *et al.*, 2012; Choque, 2005). (Argote y Ruiz, 2011), afirman que la humedad relativa debe variar entre 60 a 75 %, una precipitación de 500 a 700 mm para un desarrollo y rendimiento adecuado; la temperatura máxima debe variar entre 16 a 17 °C y una mínima de 6 a 8 °C. La avena es más exigente en humedad que el trigo y cebada, por su coeficiente de transpiración elevado, aunque el exceso de humedad puede perjudicar su desarrollo (Tafernaberi *et al.*, 2012).

### 2.2.2. Suelo

La avena puede cultivarse en diferentes clases de suelo, pero alcanza su mayor producción en suelos preferentemente profundos de textura franco arcilloso, con pH de 5.0 a 7.8 (Villareal *et al.*, 2012), puede sembrarse en terrenos de barbecho de pastos naturales como cultivo explorador. Requiere mayor humedad del suelo, que trigo y cebada (Choque, 2005). Otro factor determinante para el éxito o fracaso del cultivo, es el



buen contenido de materia orgánica y de textura franco-arenoso a franco arcilloso, el pH Alcalino: 7.3 a 8.0, aunque puede tolerar suelos con tendencia ácida de 5.5. a 6.8 (Argote y Ruiz, 2011).

### **2.2.3. Fertilización**

INIA (2006), recomienda aplicar 60-50-00 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, pero depende del análisis de suelo. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplica a la siembra y al macollamiento se completa la otra mitad del nitrógeno. (Choque, 2005), indica que para suelos de mediana fertilidad, se recomienda dosis de 80-46-00 de NPK/ha. El nitrógeno debe aplicarse fraccionado, 50 % a la siembra y el 50 % restante al macollado; y el 100 % de fósforo a la siembra (Salgado *et al.*, 2013).

### **2.2.4. Época de siembra**

INIA (2006). La siembra debe realizarse en noviembre hasta la primera semana de diciembre para la producción de forraje y en los meses de setiembre - octubre para la producción de semilla. La cantidad de semilla suele ser variable de 100 a 150 kg/ha, con una densidad promedio de 250 plantas/m<sup>2</sup> (Nadeem *et al.*, 2010). (Choque, 2005), indica que, la época oportuna de siembra de avena para grano es entre 15 de setiembre al 15 de octubre con riego de machaco. Para forraje se siembra en el mes de noviembre y primeros días de diciembre (Rosser *et al.*, 2013).

### **2.2.5. Fases fenológicas**

Las fases fenológicas de desarrollo del cultivo de avena forrajera son la emergencia, macollado, embuchado, espigado, floración completa y maduración del grano (Tapia, 2007).



## 2.3. MANEJO DEL CULTIVO

### 2.3.1. Siembra

**Siembra al voleo:** Consiste en esparcir la cantidad de semilla sobre el terreno dando dos pasadas, luego se tapa con una pasada de rastra.

**Siembra en líneas:** En surcos apertura dos con yunta o tractor con distanciamientos de 40cm, se distribuye la semilla a chorro continuo al fondo del surco, y la profundidad de siembra recomendada, según tipo de suelo, es de: 4 – 5 cm en suelos livianos secos y de 3 – 4 cm en suelos arcillosos (Choque, 2005).

Para lograr una buena siembra es recomendable tener en cuenta lo siguiente: Semilla (95 a 98 % de poder germinativo), Cantidad de semilla (80 a 120 kg/ha), Surcado (25 a 30 centímetros), Desinfección de la semilla (vitavax u Hoday a la dosis de 250 gramos por cada 100 kilos de semilla), Métodos de Siembra (en línea o al voleo), Tapado (una pasada de rastra). La avena debe ser cultivada después de cañihua o quinua, recomendándose la siguiente rotación cíclica: quinua o cañihua – avena forrajera – haba o tarhui. Otra recomendación basada en la experiencia de manejo de forrajes en Puno, es que la avena se puede sembrar después de papa o muchas veces puede sembrarse en terreno (Argote y Ruiz, 2011). En suelos compactos y secos, se recomienda sembrar en surcos, para facilitar el manejo de malas hierbas, con separación entre surcos de 20 cm (Rosser *et al.*, 2013).

### 2.3.2. Labores culturales

Las labores culturales se realizan en relación directa con las condiciones climatológicas que se presentan durante el ciclo vegetativo y según la incidencia de malezas, plagas y enfermedades y otros factores negativos que afecten el normal desarrollo de la planta. Para las condiciones de Puno se recomienda lo siguiente: Deshierbo, Fertilización complementaria (Argote y Ruiz, 2011).



#### a) **Control de malezas**

Las malezas compiten con las plantas de avena por agua, aire, nutrientes y luz, de emergencia a entalla miento, después de esta fase, la avena supera en tamaño a las malezas y éstas al no recibir luz mueren (Choque, 2005).

Se recomienda efectuar un deshierbo manual de malezas en la fase de macolla miento, junto con la fertilización complementaria de nitrógeno, lo cual tiene la ventaja de favorecer la aireación del suelo y el enterrado del fertilizante. Para evitar la proliferación de malezas se precisan dos precauciones. Uso de semilla certificada, libre de semilla de nabo silvestre. Buena elección y preparación del terreno (Choque, 2005).

#### b) **Control de plagas y enfermedades**

Según Choque (2005). en la zona alto andina, los daños que ocasionan las plagas y enfermedades no son de importancia económica. La única plaga conocida e importante para avena es el pulgón verde.

Cuando el objetivo es producción de grano, se recomienda también usar semilla certificada, variedades resistente y desinfectada con fungicida para prevenir enfermedades fungosas. Para el tratamiento de la roya de las hojas (*Puccinia coronata avenae*) y roya del tallo (*Puccinia graminis avenae*) se puede utilizar productos como Meneb (Choque, 2005).

### **2.3.3. Cosecha**

#### **a) Momento oportuno de cosecha para heno y ensilaje**

Según Choque (2005), para suministrar a los animales avena verde, el corte puede realizarse desde el estadio de embuchamiento hasta la salida de la panoja. Para la elaboración de heno, se aconseja realizar el corte en la fase de floración completa a grano leche, es cuando el forraje tiene mejor calidad nutricional.

INIA (2006), sostiene que la cosecha se debe realiza para conservar como ensilado, heno o para producción de semilla. Para ensilado el corte se realiza desde la plena floración hasta grano lechoso. Para el henificado la cosecha se recomienda al estado de grano lechosos y para producción de semilla se realiza después de 210 días, recomendando completar la madures y el secado en parvas, pudiendo ser trillada mecanizada o manual.

La cosecha de forraje de avena se efectúa entre los 4 a 6 meses, dependiendo de la variedad, clima y objetivo de producción (Choque, 2005). La cantidad y calidad del forraje depende del estado fenológico de corte del cultivo forrajero; para heno se debe cosechar en plena floración y cuando los granos estén en estado de grano lechoso a grano pastoso (Choque, 2005; Tapia, 2007; París, 2012).

#### **b) Utilización al pastoreo**

Las variedades de avena de invierno y facultativo en la fase macollamiento, puede utilizarse al pastoreo como ración complemento para vacas o ganado en engorde; con agregado de heno, ensilado y pasto (Argote y Ruiz, 2011).

#### **c) Rendimiento de forraje y valor nutricional**

El rendimiento forrajero de avena, es variable según la ubicación y el genotipo (González *et al.*, 2012). Los rendimientos de materia verde y seca de variedades de avena obtenidos en la Estación Experimental Illpa de INIA Puno, donde las variedades



promisorias de avena forrajera para Puno fueron: Black Supreme, Vilcanota I, Mantaro 15, Acchiles y Amuri y Tayko con rendimiento que oscilan entre 16 a 22 Ton/ha de materia seca (Choque, 2005).

La avena es una gramínea que tiene alto rendimiento de forraje verde (30000-40000 kg/ha) de buena calidad nutritiva comparado a otros cultivares tradicionales sembradas en la sierra (INEC, 2012). Es posible que el rendimiento forrajero pueda llegar hasta 93.2 t há<sup>-1</sup> de materia verde y de 23.9 t há<sup>-1</sup> de materia seca (Tapia, 2007; Wadhwa *et al.*, 2010).

#### **2.4. AGRICULTURA ORGÁNICA**

La agricultura orgánica es una forma de producir sosteniblemente, disminuyendo el uso de fertilizantes y plaguicidas (Soto, 2008). Resulta importante incrementar la eficiencia de utilización de los fertilizantes para evitar la degradación ambiental. Para ello, es necesario implementar tecnologías que permitan la aplicación de estos en el sitio y cultivo específico con el fin de cumplir la demanda del mismo (Delgado y Salas, 2006).

En este sentido, se ha señalado que el uso eficiente de nutrimentos es un aspecto relevante, debido al incremento en los costos y el impacto ambiental asociado con su uso inapropiado (Espinoza, y Mite, 2002). Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Medina *et al.*, 2010).



## 2.5. SUELO

El suelo es como un organismo vivo, rico en vida microbiana y meso fauna, El suelo aporta nutrimentos y otros compuestos a las plantas y estas luego proporcionan la materia orgánica necesaria para mantener la vida, la fertilidad, y la estructura del suelo. Esto genera las condiciones biológicas, físicas y de aireación adecuadas, para el desarrollo radical y la nutrición de las plantas y a la vez facilita la germinación de las semillas de las nuevas generaciones (Garro, 2016).

## 2.6. ABONO ORGÁNICO

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Libreros, 2015).

Los abonos orgánicos vienen a constituir los desechos de origen animal, vegetal o mixto que se incorporan al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas; los cuales pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después luego de la cosecha, como cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); con restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Vivas, 2009).

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas (Cegarra *et al.*, 1993).



Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH (Ouédraogo et al, 2001; Courtney y Mullen, 2008), también aumentan el potasio disponible (Erhart y Hartl, 2003), y el calcio y el magnesio (Miyasaka, 2001).

En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Andrea, 2004).

Los abonos orgánicos suministran todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, no tiene efectos negativos para los seres humanos, los animales ni el medio ambiente y es prácticamente imposible sobre dosificarlo. La preparación de los abonos orgánicos es la mejor forma de aprovechar los desechos orgánicos para convertirlos en un fertilizante que también mejore notablemente la estructura del suelo y así evite tanto la erosión de los nutrientes como la erosión superficial del suelo. La incorporación de abonos orgánicos al suelo aporta nutrientes, mejoran la estructura y retienen la humedad en el suelo, incrementando el rendimiento de los cultivos (Mendoza, 2016).

### **2.6.1. Tipos de abonos**

Los abonos pueden ser de dos tipos: orgánicos y minerales.

Los abonos orgánicos. - son generalmente de origen animal o vegetal. Los primeros son típicamente desechos industriales tales como desechos de matadero (sangre desecada, cuerno tostado,) desechos de pescado, lodos de depuración de aguas. Son interesantes por su aporte de nitrógeno de descomposición relativamente lenta, y por su acción favorecedora de la multiplicación rápida de la microflora del suelo, pero enriquecen poco el suelo de humus estable (Reyes, 2015).



Los procedentes de excrementos de animales como el estiércol y otros de efecto rápido como los orines y por supuesto aquellos que combinan los dos efectos. Un ejemplo son el guano de aves y murciélagos (palomina, murcielaguina, gallinaza), purines y estiércoles. En este marco también está el humus de lombriz, que en realidad es materia orgánica descompuesta por estas lombrices (Cuenca, 2012).

Reyes (2015), manifiesta que los segundos pueden ser desechos vegetales (residuos verdes), compostados o no. Su composición química depende del vegetal de que proceda y del momento de desarrollo de éste. Además de sustancias orgánicas que contienen gran cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y calcio, así como un alto porcentaje de oligoelementos. También puede utilizarse el purín, pero su preparación adecuada es costosa.

Los abonos orgánicos son productos naturales que se obtienen de la descomposición de los desechos de las fincas y que aplicados correctamente al suelo mejoran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas (Cajamarca, 2012).

## **2.7. ESTIÉRCOL**

Es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por más de un desecho orgánico, como por ejemplo excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja (España, 2018).

Esta mezcla de material fecal procede del tracto digestivo de los animales que contiene residuos no digeridos de alimentos y factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, pancreáticos y células de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon y productos del desecho del metabolismo. La aplicación del estiércol en el suelo permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de la humedad, y mejora la



actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad (Tóala, 2013).

### **2.7.1. Ventajas del estiércol**

- En la agricultura y ganadería, la buena utilización y disposición del estiércol a través del compostaje, ayudaría a resolver ciertos problemas en ambas actividades agropecuarias.
- Un adecuado proceso de fermentación o compostaje del estiércol, produciría un material asimilable para las plantas de cultivos y suelos fértiles. Lo que generaría buenas ventajas para el sector agropecuario.
- El estiércol compostado produce más cantidad de humus, aumentando la actividad microbiana, que al aplicar directamente el estiércol sin tratar al suelo.
- La utilización del estiércol como abonos orgánicos naturales, benefician grandemente a los agricultores, minimizando la aplicación de fertilizantes químicos. (Tóala, 2013).

### **2.7.2. Desventajas del estiércol**

- Existe gran acumulación del excremento por la intensiva actividad ganadera en las zonas rurales y su inadecuada disposición final, lo que produce impactos negativos al medio ambiente, como la proliferación de enfermedades que afectan al ganado y a las personas dedicadas a estas actividades.
- El estiércol puede contener gran contenido de antibióticos, pesticidas, etc. lo cual generaría una bioacumulación en la zona, ocasionando un problema para el uso de la fertilización del suelo.
- Desequilibrio del compost, o compost de mala calidad al no mezclar estiércoles con gran contenido de macronutrientes, con otros materiales de menor contenido.



- Si se desea utilizar el estiércol como abonos orgánicos o como biogás, los ganaderos necesitan tener conocimientos. (Tóala, 2013).

### **2.7.3. Composición del estiércol**

El estiércol no es un abono de composición fija. Esta depende de la edad de los animales de que se procede, de la especie, de la alimentación a que están sometidas, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza y composición de camas, etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen, pues, menor cantidad de esos elementos. Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércoles más ricos en elementos fertilizantes (España, 2018).

Las diversas especies animales producen excremento de composición química diferente. Resulta que los orines del ganado abundan en nitrógeno (N) y, sobre todo en potasa (K), y en cambio apenas contienen ácido fosfórico, que se encuentra todo en las deyecciones sólidas. (Tóala, 2013). En la composición del estiércol influye también la composición de las raciones alimentarias. Cuantas más ricas estas en un determinado elemento, mayor es la cantidad que de ese elemento se encuentra en los excrementos (Bustos, 1996).

### **2.7.4. Uso potencial del estiércol**

El potencial uso del estiércol durante varias generaciones agropecuarias, ha sido la elaboración de compost, esta práctica permite obtener un producto libre de gérmenes, contrarrestando malos olores, y produciendo sustancias húmicas similares a las del suelo, facilitando la fertilización de los cultivos. El estiércol no solamente puede ser utilizado



para la elaboración de compost, sino también para la producción de biogás y biol, sometándolo a una degradación en condiciones anaerobias, la cual, con instalaciones adecuadas, se puede producir energía (Tóala, 2013).

#### **2.7.5. Acción del estiércol en el suelo**

Tiene una acción benéfica, esencialmente proveyendo nutrientes, y mejorando las propiedades del suelo, aumentando considerablemente el contenido y la calidad de la materia orgánica. Una buena calidad del estiércol, está en relación a la especie animal, la alimentación generada por los ganaderos, y la zona donde se los cría, esto eleva su composición entre un 30 y 80% de los tenores orgánicos, aplicando de forma constante y en reiteradas ocasiones, el estiércol puede elevar el contenido de humus en el suelo, aumentando la actividad microbiana. El estercolado actúa positivamente sobre la condición física de los suelos, se han logrado importantes disminuciones de la densidad aparente, aumento de los espacios intersticiales del suelo, la macro porosidad y mejoras en la capacidad de retención de agua, mediante la incorporación de varios tipos de estiércol al suelo. El estiércol produce un resultado propicio en la condición orgánica del suelo, debido a la gran actividad microbiana que posee. Éstas producen transformaciones químicas en el suelo y el estiércol, haciendo que muchos elementos no aprovechables por las plantas puedan ser asimilados, aumentando la actividad y población de especies de la fauna edáfica. Los estiércoles son considerados como fertilizantes orgánicos naturales, pues muchos campesinos optan por los fertilizantes químicos industriales, pues demuestran mayor eficacia en un corto tiempo al ser empleados en los cultivos y los suelos, lo que no se puede mencionar lo mismo del fertilizante natural, pues estos demuestran buenos resultados a largo plazo, manteniendo el suelo agrícola apto para el cultivo (Toala, 2013).

### **2.7.6. Estiércol de ganado vacuno**

Es una mezcla de materia fecal y alimento rechazado, procedente del tracto digestivo de los animales, contienen residuos no digeridos de alimentos, y factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, pancreáticos y células muertas de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon y productos del desecho del metabolismo (Toala, 2013).

El estiércol es el excremento de animales de ganadería, el cual se compone de una mezcla de material orgánico digerido y orina, que es utilizada para fertilizar el suelo. Este es un estiércol seco que se puede usar como combustible. De todos los tipos de estiércol, es el más relevante y el más producido en las explotaciones rurales (Acosta, 2012).

### **2.7.7. Composición del estiércol**

El estiércol no es un abono de composición fija. Esta depende de la edad de los animales de que se procede, de la especie, de la alimentación a que están sometidas, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza y composición de camas, etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen, pues, menor cantidad de esos elementos. Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércoles más ricos en elementos fertilizantes. Las diversas especies animales producen excremento de composición química diferente. Resulta que los orines del ganado abundan en nitrógeno (N) y, sobre todo en potasa (K), y en cambio apenas contienen ácido fosfórico, que se encuentra todo en las deyecciones sólidas (Toala, 2013). La composición del estiércol de puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición media de estiércol de ganado vacuno

| Composición media de estiércol de ganado vacuno (porcentaje de la materia seca) |         |               |
|---|---------|---------------|
| Parámetro   | Vacunos | Clasificación |
| Materia orgánica (%)  | 45.50   | Bajo          |
| Nitrógeno total (%)   | 2.31    | Medio         |
| Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , PPM)                        | 220     | Bajo          |
| Potasio (K <sub>2</sub> O, %)   | 2.76    | Bajo          |
| Calcio (CaO, %)   | 4.14    | Bajo          |
| Magnesio (MgO, %)   | 4.96    | Bajo          |
| Zinc (ppm)  | 32      | Bajo          |
| Cobre (ppm)   | 6.35    | Bajo          |
| pH  | 7.10    | Neutro        |
| Conductividad eléctrica (1:1 dS m <sup>-1</sup> )                               | 2.30    | Normal        |

**Fuente:** (Mamani *et al.*, 2012).

**Tabla 2.** Composición química de principales estiércoles utilizados como abonos %.

| Fuente    | Tipo    | Sustancia Orgánica | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-----------|---------|--------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| Bovino    | Líquida | 5                  | 1.0 | 0.1                           | 1.6              |
| Bovino    | Sólida  | 18                 | 0.4 | 0.2                           | 0.1              |
| Bovino    | Mixta   | 10                 | 0.6 | 0.2                           | 0.1              |
| Equino    | Líquida | 7                  | 1.2 | 0.1                           | 1.6              |
| Equino    | Sólida  | 23                 | 0.5 | 0.3                           | 0.3              |
| Ovino     | Líquida | 8                  | 1.6 | 0.1                           | 2.3              |
| Ovino     | Sólida  | 30                 | 0.6 |                               | 0.3              |
| Porcino   | Líquida | 2                  | 0.3 | 0.4                           | 0.9              |
| Porcino   | Sólida  | 16                 | 0.6 |                               | 0.3              |
| Gallinaza | Sólida  | 25                 | 1.4 | 0.1                           | 2.1              |

**Fuente:** (Durán, 2004).



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Illpa, que está ubicado en el kilómetro 18 de la carretera Puno – Juliaca con desvío Sillustani, en el distrito de Paucarcolla, provincia de Puno, departamento de Puno, cuya ubicación geográfica se encuentra a una Latitud (Sur) 15° 40' 49.9" S, Longitud (Oeste) 70° 04' 45.8" W con altitud de 3822 msnm.

#### 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

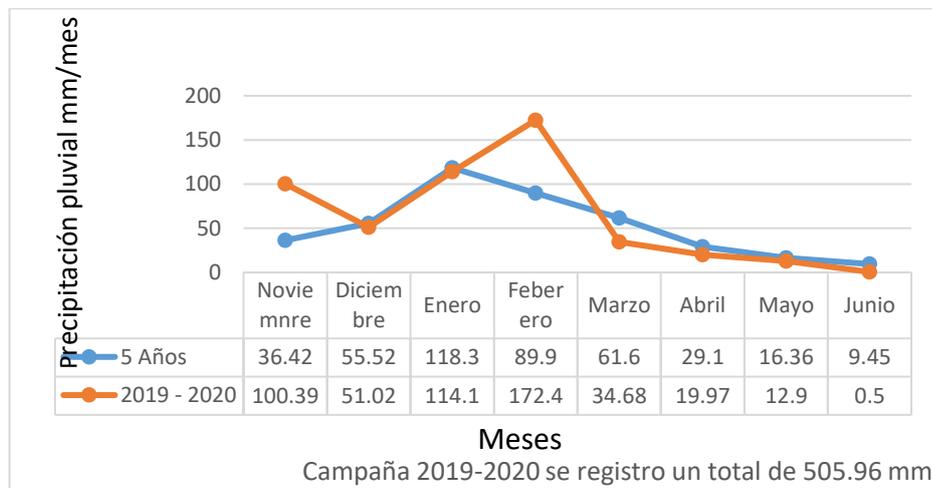
La investigación se llevó a cabo en la campaña agrícola 2019 – 2020, se inició con la siembra el 29 de noviembre del 2019, finalizando con la cosecha de avena forrajera variedad Tayko el 13 de abril del 2020.

#### 3.3. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

Las condiciones climatológicas del Centro Experimental Illpa, se caracteriza por tener un clima frio y seco en el invierno, templado frio y semiseco. Sobre los territorios andinos por encima de los 3 8000 m.s.n.m. posee un clima muy duro caracterizado por grandes variaciones de temperatura frio intenso por las noches y calor durante el día (Brack y Mendiola, 2004).

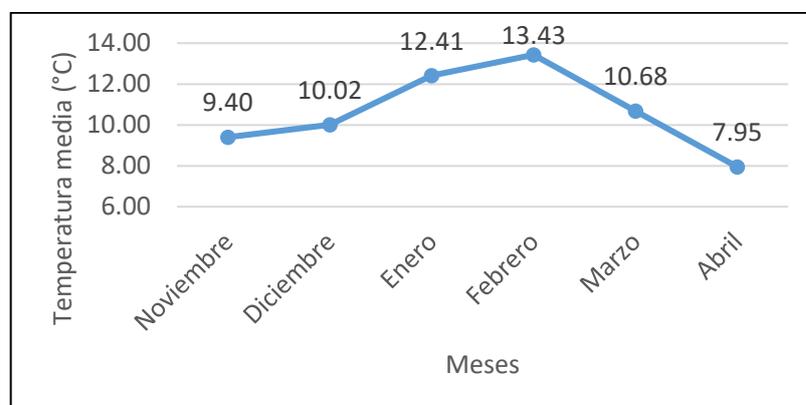
En la Figura 1, se observa la precipitación pluvial mensual registradas por el servicio nacional de meteorología e hidrología estación: código: 472E4156 Illpa, cuyo comportamiento fue en descenso desde el mes de noviembre hasta el mes de diciembre, y de ahí asciende en los meses de enero y febrero, siendo el mes con mayor precipitación pluvial el mes de febrero con 172.4 mm, de ahí fue descendiendo en el mes de marzo con

una precipitación pluvial de 34.68 mm y abril con 19.97 mm, esos fueron los datos de toda la campaña agrícola e investigación de tesis hasta el mes de abril.



**Figura 1.** Precipitación pluvial mensual 2019-2020, (SENAMHI, 2021).

El comportamiento del tiempo con respecto a la variación de la temperatura durante el periodo de ejecución del proyecto noviembre 2019 a abril del año 2020 como se muestra en la Figura 2, se visualiza la temperatura media mensual registradas por el Senamhi estación: Illpa, cuyo comportamiento fue de ascenso desde el mes de noviembre hasta el mes de febrero, y de ahí desciende hasta el mes de abril; siendo el mes con mayor temperatura febrero con 13.43 °C, seguido del mes de enero con 12.41 °C; el mes con menor temperatura fue abril con 7.95 °C.



**Figura 2.** Temperatura media mensual 2019-2020, (SENAMHI, 2021).

### 3.4. CARACTERISTICAS EDÁFICAS

Para conocer las propiedades físico-químico del suelo, se tomaron muestras de diferentes puntos del área experimental a una profundidad de 20 cm, las muestras se fueron mezclaron uniformemente hasta obtener una muestra representativa de un kilogramo. Esta muestra se tomó antes de la instalación del experimento y fue analizada en el Laboratorio de “Suelos y Aguas” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Salcedo.

En la Tabla 3, se interpreta que es un suelo de textura, franco y por consiguiente es un suelo de elevada productividad agrícola en virtud de su textura relativamente suelta, presenta un pH de 8,25 considerado como moderadamente alcalino, este control es muy importante para la disponibilidad de los nutrientes de las plantas. La conductividad eléctrica mide la capacidad del suelo y según el análisis es de 0,247 mmhos/cm, se clasifica como muy ligeramente salino. Es bajo en el porcentaje de materia orgánica con 2,08%, por ende, la cantidad de nitrógeno en el suelo es medio. El valor de fósforo de 9,68 ppm calificado como medio y el valor del potasio de 103,60 ppm considerado como medio. Estos datos fueron interpretados gracias la tabla de interpretación de INIA como se muestra en la (Tabla 22).

**Tabla 3.** Análisis físico-químico del suelo experimental.

| Componentes        | Unidad     | Resultados |
|--------------------|------------|------------|
| Análisis Mecánico  |            |            |
| Arena              | %          | 29,44      |
| Limo               | %          | 44,00      |
| Arcilla            | %          | 26,56      |
| Clase textural     |            | Franco     |
| Análisis Químico   |            |            |
| P disponible       | Ppm        | 9,68       |
| K disponible       | Ppm        | 103,60     |
| N total            | %          | 0,08       |
| Al <sup>3+</sup>   | (meq/100g) | 0.00       |
| C.E.               | mmhos/cm   | 0,247      |
| CO <sub>3</sub> Ca | %          | 0,80       |
| M.O.               | %          | 2,08       |

**Fuente:** Laboratorio de suelos y agua – INIA-Puno 2020.

### 3.5. CARACTERISTICAS DEL ESTIÉRCOL VACUNO

Para conocer las propiedades del estiércol de vacuno, se tomó una muestra y se llevó 1 kilo de estiércol de vacuno al laboratorio de “suelos y aguas” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) salcedo para realizar su análisis de nitrógeno, fosforo, potasio, pH y conductividad eléctrica. En la Tabla 4, Se muestra el análisis de nitrógeno 2,02 % se clasifica como un medio y fosforo 3,0 se considera medio y un potasio de 1,0 considerado bajo y de materia orgánica 21,30 se clasifica como bajo, Conductividad eléctrica mmhos/cm de 2,16 considerada como normal y un pH de 8,09 clasificado moderadamente alcalino, estos datos fueron interpretados gracias a la (tabla 1).

**Tabla 4.** Análisis de NPK, pH y conductividad eléctrica del estiércol de vacuno.

| Determinaciones      | Unidades      | Estiércol de vacuno |
|----------------------|---------------|---------------------|
| Nitrógeno total      | %             | 2,02                |
| Fosforo total (P2O5) | %             | 3,00                |
| Potasio total (K2O)  | %             | 1,80                |
| Materia orgánica     | %             | 21,30               |
| C.E.                 | mmhos/cm. 25C | 2,16                |
| pH                   |               | 8,09                |

**Fuente:** Laboratorio de suelos y agua – INIA-Puno 2020.

### 3.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación con enfoque cuantitativo de corte experimental desarrollando un tipo de investigación a nivel explicativo.

### 3.7. VARIABLES EN ESTUDIO

#### 3.7.1. Variables independientes

##### a) Factores en estudio

1. Niveles de abonamiento. (N.A) A



2. Densidad de siembra. (D. Si) B
3. Distanciamiento entre surcos. (D. Su) C

**b) Niveles de abonamiento**

1. Nivel bajo. -1
2. Nivel medio. 0
3. Nivel alto. +1

**Tabla 5.** Variables independientes

| Factores               | Unidades | Niveles   |          |          |
|------------------------|----------|-----------|----------|----------|
|                        |          | Bajo (-1) | Medio(0) | Alto(+1) |
| Nivel de abonamiento   | t/ha     | 10        | 20       | 30       |
| Densidad de siembra    | kg/ha    | 90        | 105      | 120      |
| Distancia entre surcos | m        | 0.3       | 0,4      | 0.5      |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic

**3.7.2. Variables dependientes**

Producción:

- a) Kilogramos de masa verde por hectárea
- b) Kilogramos de masa seca por hectárea

**Tabla 6.** Variables dependientes

| Respuestas             | Unidades |
|------------------------|----------|
| Rendimiento masa verde | kg/ha    |
| Rendimiento masa seca  | kg/ha    |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic



### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la presente investigación para el análisis de datos se utilizó el software estadístico StatGraphic los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA), para cada uno de los factores estudiados.

### 3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de los tratamientos en campo experimental, se utilizó el Diseño de Box-Behnken con 3 factores de nivel de abonamiento (t/ha), densidad de siembra (kg/ha) y distanciamiento entre surco (m) y 3 niveles, bajo (-1), medio (0) y alto (+1), siendo un total de 15 unidades experimentales, para determinar las diferencias significativas los datos obtenidos, fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA). El diseño fue ejecutado en un solo bloque, el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado esto aportará poder optimizar los resultados y protección contra el efecto de variables ocultas.

#### **Atributos de la Superficie de Respuesta**

Clase de diseño: Superficie de Respuesta

Nombre del Diseño: Diseño de Box-Behnken

#### **Diseño Base**

Número de factores experimentales : 3

Número de bloques : 1

Número de respuestas : 2

Número de parcelas : 15, incluyendo 3 puntos centrales

Grados de libertad para el error : 5

Aleatorizar : Sí

En la Tabla 7, se observa las 15 parcelas, y sus los valores codificados que son los niveles bajo (-1), medio (0) y alto (+1) también se muestran los valores reales, que son

los factores de nivel de abonamiento (t/ha), densidad de siembra (kg/ha) y distanciamiento entre surco (m), todo fue generado por el diseño de Box-Behnken utilizando el programa StatGraphics, el orden de los tratamientos ha sido completamente aleatorizado esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

**Tabla 7.** Matriz de tratamientos para el rendimiento de materia verde y materia seca.

| Numero de parcelas | Nivel codificado       | VALORES CODIFICADOS |    |    | VALORES REALES |      |      | Rendimiento de materia verde | Rendimiento de materia seca |
|--------------------|------------------------|---------------------|----|----|----------------|------|------|------------------------------|-----------------------------|
|                    |                        | X1                  | X2 | X3 | N.A            | D.SI | D.SU |                              |                             |
| 1                  |                        | -1                  | -1 | 0  | 10             | 90   | 0,4  |                              |                             |
| 2                  | Factorial 2 para A y B | 1                   | -1 | 0  | 30             | 90   | 0,4  |                              |                             |
| 3                  |                        | -1                  | 1  | 0  | 10             | 120  | 0,4  |                              |                             |
| 4                  |                        | 1                   | 1  | 0  | 30             | 120  | 0,4  |                              |                             |
| 5                  |                        | -1                  | 0  | -1 | 10             | 105  | 0,3  |                              |                             |
| 6                  | Factorial 2 para A y C | 1                   | 0  | -1 | 30             | 105  | 0,3  |                              |                             |
| 7                  |                        | -1                  | 0  | +1 | 10             | 105  | 0,5  |                              |                             |
| 8                  |                        | 1                   | 0  | +1 | 30             | 105  | 0,5  |                              |                             |
| 9                  |                        | 0                   | -1 | -1 | 20             | 90   | 0,3  |                              |                             |
| 10                 |                        | 0                   | 1  | -1 | 20             | 120  | 0,3  |                              |                             |
| 11                 | Factorial 2 para B y C | 0                   | -1 | 1  | 20             | 90   | 0,5  |                              |                             |
| 12                 |                        | 0                   | 1  | 1  | 20             | 120  | 0,5  |                              |                             |
| 13                 |                        | 0                   | 0  | 0  | 20             | 105  | 0,4  |                              |                             |
| 14                 | Centro de diseño       | 0                   | 0  | 0  | 20             | 105  | 0,4  |                              |                             |
| 15                 |                        | 0                   | 0  | 0  | 20             | 105  | 0,4  |                              |                             |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic

**Tabla 8.** Análisis de varianza para diseño Box-Behnken

| Fuentes de Variabilidad | G.L.         | SC                  | CM                  | Fc              | F <sub>tabulada</sub> |      |
|-------------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|------|
|                         |              |                     |                     |                 | 0.05                  | 0.01 |
| Factores en estudio     | c-1 = 2      | SC <sub>c</sub>     | CM <sub>sc</sub>    | F <sub>c</sub>  |                       |      |
| Variables de respuesta  | v-1 = 3      | SC <sub>v</sub>     | CM <sub>v</sub>     | F <sub>v</sub>  |                       |      |
| Fuente X Niveles        | (c-2)(v-2)=4 | SC <sub>cv</sub>    | CM <sub>cv</sub>    | F <sub>cv</sub> |                       |      |
| Error                   | cv(r-1)= 5   | SC <sub>error</sub> | CM <sub>error</sub> |                 |                       |      |
| Total                   | cvr-1 = 14   |                     |                     |                 |                       |      |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic

### 3.10. CARACTERISTICAS EVALUADAS

#### 3.10.1 Evaluación de tres niveles de estiércol de vacuno, densidad de siembra y distanciamiento entre surcos sobre la producción de materia verde y materia seca

Para calcular los rendimientos materia verde y materia seca se realizaron las siguientes evaluaciones agronómicas, la primera evaluación fue el 29 de diciembre del 2019 en fase de emergencia a los 30 días, para el conteo de número de plantulas emergentes este resultado se muestra en la tabla 16. La segunda evaluación fue el 13 de febrero del 2020 en etapa de macollamiento para medir altura de plantas en tres puntos aleatorios en cada parcela el resultado se muestra en la tabla 17. La tercera evaluación fue el 13 de abril del 2020 en etapa de grano lechoso, se realizó medida de altura de plantas y cosecha de muestras de un metro cuadrado de cada parcela, luego se pesó las muestras de materia verde, después fueron llevadas al laboratorio para determinar el porcentaje en materia seca los resultados se muestra en la tabla 18.

Para la técnica de determinación de porcentaje materia seca de avena forrajera, se obtiene mediante la siguiente formula.

$$\text{materia seca (\%)} = \frac{\text{peso materia seca}}{\text{peso materia verde}} \times 100\%$$

Fuente: Fórmula del SENA.

Ejemplo:

$$\text{Materia seca} = \frac{150\text{gr}}{500\text{gr}} \times 100\% = 30.0 \%$$

En el ejemplo anterior son datos utilizados de la parcela número 4, que dio como respuesta un 30% de materia seca de avena forrajera variedad tayko. Los resultados de porcentaje de materia seca fueron analizados en el laboratorio de aguas y suelos de la



facultad de ciencias agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, se muestra en la tabla 21.

### **3.11. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

#### **3.11.1. Preparación del terreno**

El experimento se realizó durante la campaña agrícola 2019 – 2020. La roturación del área experimental fue con maquinaria agrícola del centro experimental - Illpa, con arado de disco, a una profundidad de 20cm a 25cm en un tiempo de 2 horas. El 20 de noviembre se realizó la nivelación del suelo empleando la rastra en un tiempo de 3 horas.

#### **3.11.2. Marcado del área experimental**

Esta labor se efectuó el 29 de noviembre del 2019, se realizó antes del abonamiento y surcado del suelo, se trazó según las dimensiones del experimento utilizando materiales como cinta métrica, yeso y estacas de tal modo que se ubiquen las parcelas.

#### **3.11.3 Nivel de abonamiento y distanciamiento entre surcos**

Se realizó el 29 de noviembre, después de marcar las parcelas se procedió el abonamiento de estiércol de vacuno para cada parcela de 10kg/ha, 20kg/ha y 30kg/ha según la distribución de los tratamientos, luego se procedió al surcado del suelo con maquinaria agrícola del centro experimental – Illpa. con arado de disco, a una profundidad de 20cm y un distanciamiento entre surcos de 0,3m, 0,4m y 0,5m según la distribución del diseño.

#### **3.11.4. Densidad y siembra de avena forrajera**

La siembra se efectuó el 29 de noviembre del 2019 se utilizó semilla de avena variedad Tayko. Se procedió a pesar la semilla, para diferenciar los tres niveles de 90kg/ha, 105 kg /ha y 120 kg/ha y luego aplicar la semilla a la siembra según distribución de los tratamientos en la tabla 9, se muestran las 15 parcelas con sus tratamientos.

**Tabla 9.** Numero de parcelas, factores y distribución de sus tratamientos

| Numero de parcelas | FACTORES             |                     |                              |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|
|                    | Nivel de abonamiento | Densidad de siembra | Distanciamiento entre surcos |
| 1                  | 10                   | 90                  | 0,4                          |
| 2                  | 30                   | 90                  | 0,4                          |
| 3                  | 10                   | 120                 | 0,4                          |
| 4                  | 30                   | 120                 | 0,4                          |
| 5                  | 10                   | 105                 | 0,3                          |
| 6                  | 30                   | 105                 | 0,3                          |
| 7                  | 10                   | 105                 | 0,5                          |
| 8                  | 30                   | 105                 | 0,5                          |
| 9                  | 20                   | 90                  | 0,3                          |
| 10                 | 20                   | 120                 | 0,3                          |
| 11                 | 20                   | 90                  | 0,5                          |
| 12                 | 20                   | 120                 | 0,5                          |
| 13                 | 20                   | 105                 | 0,4                          |
| 14                 | 20                   | 105                 | 0,4                          |
| 15                 | 20                   | 105                 | 0,4                          |

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.5. Control de malezas

Es una de las labores más importantes en toda la campaña del cultivo, se realizó extracción de malezas en cada evaluación con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con el cultivo por los nutrientes, luz y agua. Según (Quispe, 2017), las malezas son perjudiciales produciendo una reducción significativa de rendimiento, dicho periodo puede variar según las condiciones ambientales. Se realizó el deshierbes y se encontraron las siguientes malezas: Amor seco (*Bidens pilosa*), Nabo (*Brassica campestris*), Trébol Carretilla (*Medicago hispida*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Aguja aguja (*Erodium cicutarium*).

### 3.11.6. Cosecha

La cosecha se realizó el 13 de abril del 2020. Para ello se tomó en cuenta las fases fenológicas del cultivo de avena, se realizó el corte al ras del suelo, en fase de grano



lechoso, de las 15 unidades experimentales, de los cuales se tomó un metro cuadrado de muestra, con ayuda de un cuadrante en las parcelas, luego cada muestra fue pesada y clasificada para llevar al laboratorio y determinar el porcentaje en materia seca.

### **3.11.7. Material experimental**

#### **a) Materiales de campo**

- Libro de campo, yeso, lápiz, cordel, etiquetas sacos.

#### **b) Equipos de campo**

- Balanza digital analítica, cámara fotográfica, Tablet, calculadora, tractor agrícola, con sus implementos de arado de disco y rastra surcadora, cuadrante de metro cuadrado.

#### **c) Herramientas de campo**

- Pala, pico, rastrillo, hoz, wincha métrica 30 metros.

#### **d) Insumos • Semilla de avena variedad tayko, estiércol de vacuno.**



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. EFECTO DE NIVELES ABONAMIENTO, DENSIDAD DE SIEMBRA, DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE DE AVENA FORRAJERA VARIEDAD TAYKO

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 10, realizado para rendimiento de materia verde, dio a conocer, que para el nivel de abonamiento existe diferencia estadística altamente significativa.

El análisis estadístico nos muestra que para el nivel de abonamiento existe diferencia estadística altamente significativa, nos indica que entre los niveles de abonamiento existen diferencias sobre el rendimiento de materia verde. Para el distanciamiento entre surco también existe diferencias estadísticas significativas, indicando que entre los distanciamientos entre surcos hay diferencias en rendimiento de materia verde.

Para la densidad de siembra no existen diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe similitud en el rendimiento de materia verde. Para las interacciones AxB, AxC y BxC no existe diferencia estadística significativa, indicando que cada factor actúa en forma independiente uno del otro sobre rendimiento de materia verde en cada interacción, de igual forma las interacciones AA y CC; solamente la interacción BB fue significativa.

Se observa, además, que la falta de ajuste fue no significativa ( $P = 0,2805$ ) con un nivel de confianza del 95 %, indicando que no puede existir curvatura cuando se pasa del nivel bajo (-) al nivel alto (+) de los factores, a través del punto central (0).

**Tabla 10.** Análisis de varianza para rendimiento de materia verde.

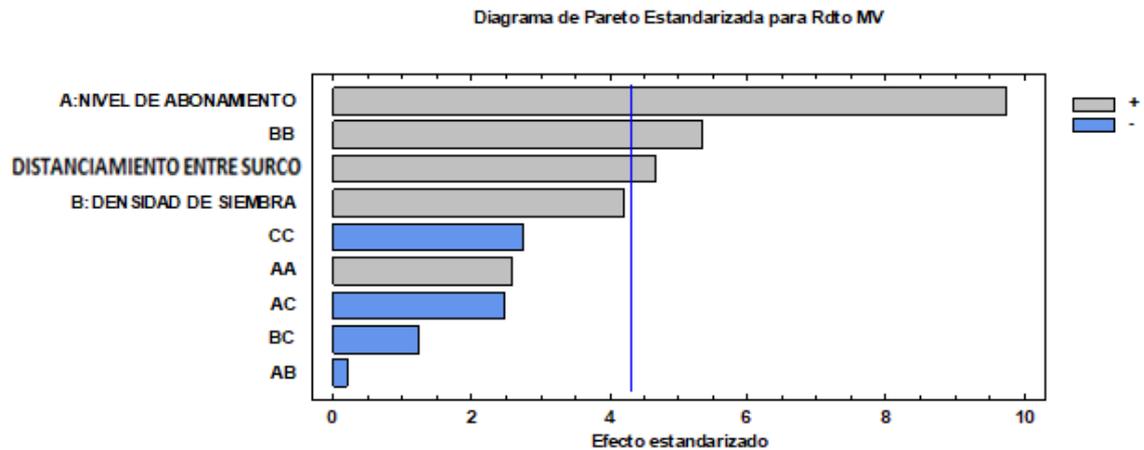
| F.V.                          | S.C.      | G.L. | C.M.      | Fc    | Valor-P       |
|-------------------------------|-----------|------|-----------|-------|---------------|
| A:NIVEL DE ABONAMIENTO        | 1,40281E8 | 1    | 1,40281E8 | 94,78 | 0,0104<br>*** |
| B:DENSIDAD DE SIEMBRA         | 2,62813E7 | 1    | 2,62813E7 | 17,76 | 0,0520        |
| C:DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCO | 3,2E7     | 1    | 3,2E7     | 21,62 | 0,0433<br>*   |
| AA                            | 9,90058E6 | 1    | 9,90058E6 | 6,69  | 0,1226        |
| AB                            | 62500,0   | 1    | 62500,0   | 0,04  | 0,8562        |
| AC                            | 9,E6      | 1    | 9,E6      | 6,08  | 0,1325        |
| BB                            | 4,23698E7 | 1    | 4,23698E7 | 28,63 | 0,0332<br>*   |
| BC                            | 2,25E6    | 1    | 2,25E6    | 1,52  | 0,3428        |
| CC                            | 1,11467E7 | 1    | 1,11467E7 | 7,53  | 0,1111        |
| Falta de ajuste               | 1,20625E7 | 3    | 4,02083E6 | 2,72  | 0,2805        |
| Error puro                    | 2,96E6    | 2    | 1,48E6    |       |               |
| Total (corr.)                 | 2,90717E8 | 14   |           |       |               |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic

R-cuadrada = 94,83 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 85,53 porciento

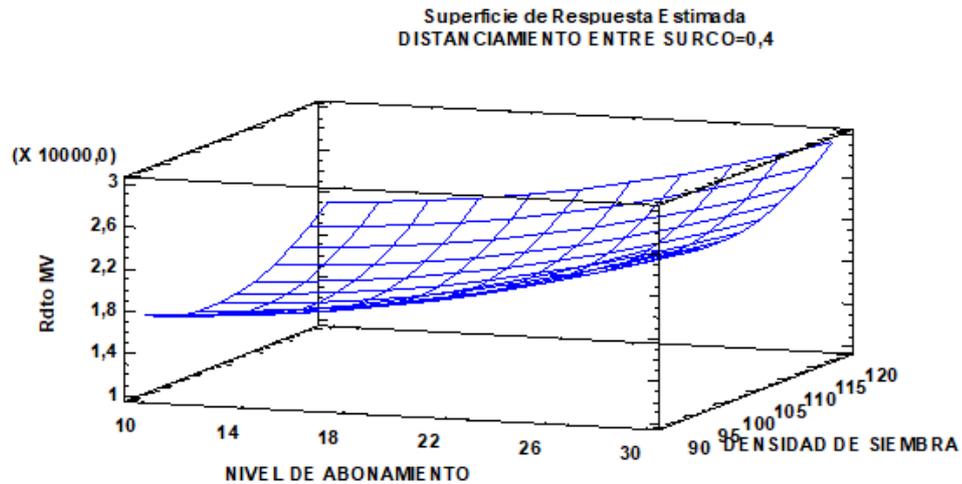
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 94,83% de la variabilidad en rendimiento materia verde. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 85,53%.



**Figura 3.** Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento de materia verde.

Al observar el diagrama de Pareto Figura 3, se representan los efectos estandarizados con  $p = 0,05$ . Donde se observa que el factor A, es el más significativo; seguido del factor BB y el factor C. La longitud de las barras corresponde al valor absoluto del efecto estandarizado.

Analizando la Figura 3, puede establecerse que el nivel de abonamiento fue más importante para el rendimiento de materia verde. El valor positivo de su coeficiente señala que la materia verde fue favorecida con valores altos de nivel de abonamiento esto posiblemente al mayor incremento de nitrógeno que según el resultado de análisis del laboratorio de suelos del INIA nos dice que tiene un porcentaje de 2.02% siendo este valor considerado como medio tienen otras ventajas como la de mayor retención de humedad según lo manifestado por (Courtney y Muller, 2008). Además de favorecer la actividad biológica y mejorar la fertilidad según (Toala, 2013). El segundo efecto más importante fue la interacción BB, señalando la presencia de una curvatura en el modelo y con ello un posible máximo rendimiento de materia verde para ciertos valores de las variables analizadas. Debido al rendimiento obtenido, se concluye que los niveles analizados fueron los más adecuados.



**Figura 4.** Diagrama de superficie para el rendimiento de materia verde

La Figura 4, muestra la gráfica de superficie de respuesta para el rendimiento de materia verde, como una función del nivel de abonamiento y densidad de siembra. Observándose que a mayor nivel de abonamiento y mayor densidad de siembra se incrementa el rendimiento de materia verde, lográndose obtener un valor máximo de 29 509 kg/ha siendo ambos factores con un efecto apreciable.

En la Tabla 11, se muestran los resultados de los tratamientos para el valor de materia verde en kg/ha. Donde se aprecia que la parcela número nueve presento un valor bajo, de 16000 kg/ha de materia verde y la parcela número cuatro presento un valor alto con 29000 kg/ha de materia verde.

**Tabla 11.** Resultados de los tratamientos para el valor de materia verde kg/ha

| Factores   | Numero de<br>pácelas | Peso de muestra de un metro<br>cuadrado de materia verde en gr. | Materia verde<br>kg/ha. |
|------------|----------------------|---|-------------------------|
| 10-90-0,4  | 1                    | 1800  | 18000                   |
| 30-90-0,4  | 2                    | 2700  | 27000                   |
| 10-120-0,4 | 3                    | 2050  | 20500                   |
| 30-120-0,4 | 4                    | 2900  | 29000                   |
| 10-105-0,3 | 5                    | 1000  | 10000                   |
| 30-105-0,3 | 6                    | 2100  | 21000                   |
| 10-105-0,5 | 7                    | 1900  | 19000                   |
| 30-105-0,5 | 8                    | 2400  | 24000                   |
| 20-90-0,3  | 9                    | 1600  | 16000                   |
| 20-120-0,3 | 10                   | 2250  | 22500                   |
| 20-90-0,5  | 11                   | 1950  | 19500                   |
| 20-120-0,5 | 12                   | 2300  | 23000                   |
| 20-105-04  | 13                   | 1800  | 18000                   |
| 20-105-0,4 | 14                   | 2000  | 20000                   |
| 20-105-0,4 | 15                   | 1780  | 17800                   |

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados obtenidos en rendimiento de materia son corroborados por (Cartagena, 2015), quien, al incorporar estiércol de ovino, vacuno y lombriz tratado con fósforo y calcio”, obtuvo mayores 2059.10 y 1931.60 kg/ha en los tratamientos estiércol de lombriz + hidróxido de calcio y estiércol de lombriz + fosfato diamónico, respectivamente.

Argote y Halanoca (2007), mediante la evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno”, encontró que en rendimiento de forraje sobresalieron las líneas Tayko, Cayuse y Vilcanota 1, con 23.77; 23.70 y 23.49 t/ha de materia seca (MS) respectivamente. (Limaylla, 2015), quien al aplicar “ORGABIOL (Bioestimulante orgánico) en el estrato productivo de triticale, cebada y avena en campaña chica, obtuvo buen rendimiento en el cv Urano de la avena,



alcanzando un rendimiento en grano, producto de los componentes de rendimiento de 3238 t.ha<sup>-1</sup>.

Huallpa, *et al.*, (2016), al usar biol de bovino tuvo un efecto al enriquecer el valor de Proteína cruda, Fibra cruda y valor energético y la presencia de minerales. El rendimiento de materia verde, en el tratamiento al cual se aplicó biol (T-50% biol) alcanzó 16,39 t materia verde ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo (sin biol) produjo 9,80 t materia verde ha<sup>-1</sup>. (Jiménez, 2012), al usar abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces sobre rendimiento forrajero de avena obtuvo 59000.0 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de microorganismos eficaces al 2.5% y 3000 kg ha<sup>-1</sup> de abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces y el testigo tuvo 44 333.3 kg ha-1.

Zapana, *et al.*, (2014), indica que a mayor dosis de humus de lombriz (4 t/ha) se obtiene mayor rendimiento de semilla fue 1.92 t/ha, con 85.33 % de poder germinativo siendo superior al tratamiento testigo (0.87t/ha) con 61,33 % de poder germinativo. Cartagena (2015), reporta mayores rendimientos de semilla de 2059.10 y 1931.60 kg/ha en los tratamientos estiércol de lombriz + hidróxido de calcio y estiércol de lombriz + fosfato diamónico, respectivamente. (Apaza, 2008), da a conocer que el mayor número de hojas por planta fue con la aplicación de niveles de 240 y 160 kg N/ha con 53 y 51 hojas respectivamente. Respecto al rendimiento de materia seca t/ha fue el tratamiento con 100 kg/ha de semilla y 80kg nitrógeno por hectárea, con una producción de 7.4 t/ha.

Todos los resultados mencionados por los diversos autores concuerdan que al aplicar algún abono orgánico o no al cultivo de avena se logra mejorar los rendimientos, algunos con efecto más que otros en proporciones diferentes.

#### 4.2. EFECTO DE NIVELES DE ABONAMIENTO, DENSIDAD DE SIEMBRA, DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE AVENA FORRAJERA VARIEDAD TAYKO

El análisis de varianza realizado en la tabla 12, para rendimiento de materia seca, reveló que para el nivel de abonamiento existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que entre los niveles de abonamiento existen diferencias o se tiene efectos sobre el rendimiento de materia seca. Para el distanciamiento entre surco no existe diferencias estadísticas significativas, indicando que entre los niveles del distanciamiento entre surcos no hay diferencias o efectos sobre el rendimiento de materia seca. Para la densidad de siembra tampoco existen diferencias estadísticas altamente significativas o efectos sobre el rendimiento de materia seca, dando a conocer que existe similitud en el rendimiento de materia seca. Para las interacciones AxB, AxC y BxC no existe diferencia estadística significativa, indicando que cada factor actúa en forma independiente uno del otro sobre rendimiento de materia seca en cada interacción, de igual forma las interacciones AA y CC; solamente la interacción BB fue significativa.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para rendimiento de materia seca.

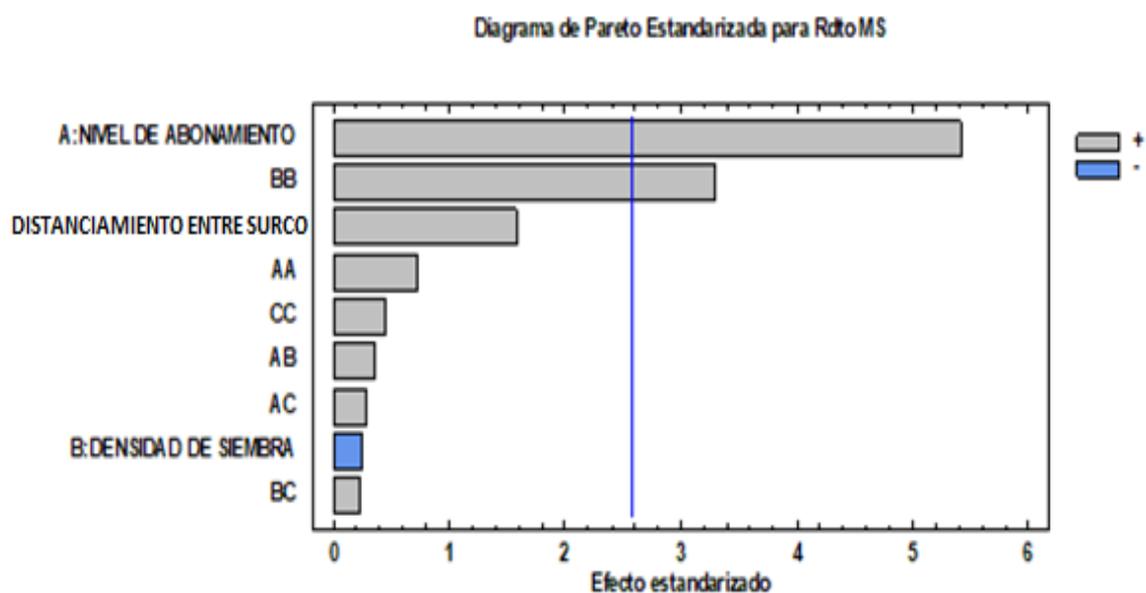
| F.V.                          | S.C.      | G.L. | C..M.     | Fc    | Valor-P  |
|-------------------------------|-----------|------|-----------|-------|----------|
| A:NIVEL DE ABONAMIENTO        | 2,00423E7 | 1    | 2,00423E7 | 29,33 | 0,0029** |
| B:DENSIDAD DE SIEMBRA         | 41801,4   | 1    | 41801,4   | 0,06  | 0,8145   |
| C:DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCO | 1,71507E6 | 1    | 1,71507E6 | 2,51  | 0,1740   |
| AA                            | 352842,   | 1    | 352842,   | 0,52  | 0,5046   |
| AB                            | 87690,0   | 1    | 87690,0   | 0,13  | 0,7348   |
| AC                            | 55796,1   | 1    | 55796,1   | 0,08  | 0,7865   |
| BB                            | 7,4355E6  | 1    | 7,4355E6  | 10,88 | 0,0215*  |
| BC                            | 36284,0   | 1    | 36284,0   | 0,05  | 0,8269   |
| CC                            | 141893,   | 1    | 141893,   | 0,21  | 0,6677   |
| Error total                   | 3,41705E6 | 5    | 683411,   |       |          |
| Total (corr.)                 | 3,29997E7 | 14   |           |       |          |

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic.

R-cuadrada = 89,64 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 71,66 porciento

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 89,6452% de la variabilidad en rendimiento de materia seca. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 71,0066%..

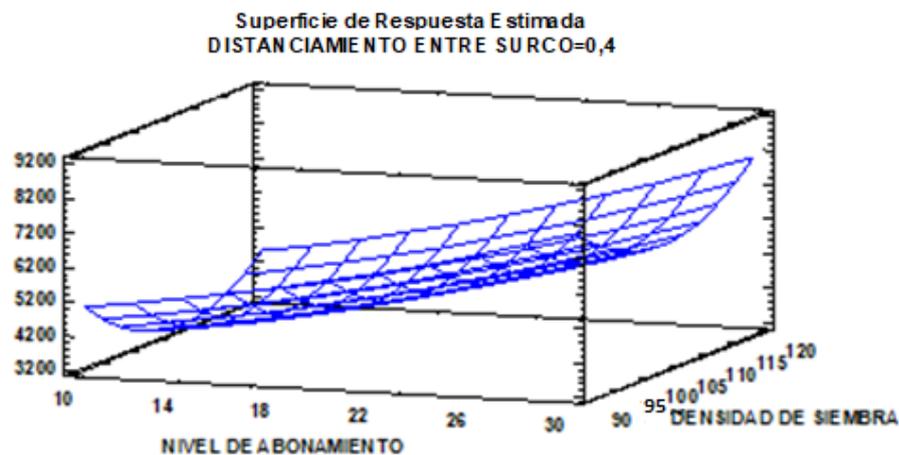


**Figura 5.** Diagrama de Pareto estandarizada para rendimiento de materia seca.

Al observar el diagrama de Pareto Figura 5, se representan los efectos estandarizados con  $p = 0,05$ . Donde se observa que el factor A, es el más significativo; seguido del factor BB y el factor C. La longitud de las barras corresponde al valor absoluto del efecto estandarizado.

Analizando la Figura 5, puede establecerse que el nivel de abonamiento fue más importante para el rendimiento de materia seca. El valor positivo de su coeficiente señala que la materia seca fue favorecida con valores altos de nivel de abonamiento. El segundo efecto más importante fue la interacción BB, señalando la presencia de una curvatura en

el modelo y con ello un posible máximo rendimiento de materia seca para ciertos valores de las variables analizadas. Debido al rendimiento obtenido, se concluye que los niveles analizados fueron los más adecuados.



**Figura 6.** Diagrama de superficie de respuesta para el rendimiento de materia seca

La Figura 6, muestra la gráfica de superficie para el rendimiento de materia seca, como una función del nivel de abonamiento y densidad de siembra. Observándose que a mayor nivel de abonamiento y mayor densidad de siembra se incrementa el rendimiento de materia seca obteniéndose un valor máximo de 8 873 kg/ha, siendo ambos factores con un efecto apreciable que puede atribuirse a la mayor densidad de plantas que se tienen con estos tratamientos lo que refleja en una mayor producción y por consiguiente mayor cantidad de materia seca de avena forrajera en la variedad Tayko.

La materia seca del forraje de avena, es una excelente alternativa productiva para el ganado lechero bajo condiciones del altiplano de Puno, ya que posee buena calidad nutricional y energética (Choque, 2005).

En la Tabla 13, se muestran los resultados de los tratamientos para el valor de materia seca en kg/ha. Donde se aprecia que la parcela número cinco presentó un valor



bajo, de 3206,000 kg/ha de materia seca y la parcela número cuatro presento un valor alto con 8700,00 kg/ha de materia seca.

Se muestran los resultados de porcentaje de materia seca, donde se observa que la parcela número quince presento un valor bajo de 25 % de masa seca y la parcela número nueve presento un valor alto de 45% de masa seca.

**Tabla 13.** Resultados de materia seca en kg/ha y porcentaje de materia seca.

| FACTORES   | Numero de parcelas | Peso de muestra de un metro cuadrado de materia verde de avena en gr | Peso de materia verde en gr. | Peso de materia seca en gr. | Materia seca % | Materia seca kg/ha. |
|------------|--------------------|--|------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|
| 10-90-0,4  | 1                  | 1800   | 600                          | 145,2                       | 24             | 4356,00             |
| 30-90-0,4  | 2                  | 2700   | 600                          | 178,8                       | 30             | 8046,00             |
| 10-120-0,4 | 3                  | 2050   | 600                          | 129,3                       | 21             | 4417,75             |
| 30-120-0,4 | 4                  | 2900   | 500                          | 150                         | 30             | 8700,00             |
| 10-105-0,3 | 5                  | 1000   | 500                          | 160,3                       | 32             | 3206,00             |
| 30-105-0,3 | 6                  | 2100   | 550                          | 139,2                       | 25             | 5314,90             |
| 10-105-0,5 | 7                  | 1900   | 600                          | 150,4                       | 25             | 4762,66             |
| 30-105-0,5 | 8                  | 2400   | 550                          | 168,3                       | 32             | 7344,00             |
| 20-90-0,3  | 9                  | 1600   | 500                          | 208                         | 45             | 6656,00             |
| 20-120-0,3 | 10                 | 2250   | 500                          | 129,3                       | 26             | 5818,50             |
| 20-90-0,5  | 11                 | 1950   | 500                          | 167,3                       | 33             | 6524,70             |
| 20-120-0,5 | 12                 | 2300   | 600                          | 158,3                       | 26             | 6068,16             |
| 20-105-04  | 13                 | 1800   | 500                          | 130,1                       | 26             | 4683,60             |
| 20-105-0,4 | 14                 | 2000   | 550                          | 132,3                       | 24             | 4810,90             |
| 20-105-0,4 | 15                 | 1780   | 500                          | 125,3                       | 25             | 4460,68             |

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3. DOSIS OPTIMA EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA DE AVENA FORRAJERA

#### 4.3.1. Materia verde

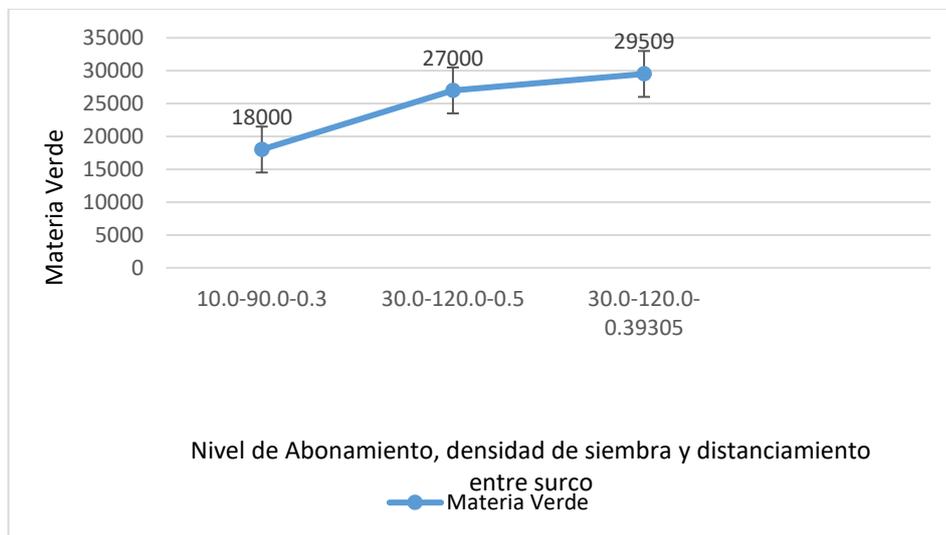
En la Tabla 14, se observa que al aplicar la función de optimización del programa StatGraphics, nos genera un valor óptimo un valor óptimo de 29 509.0 kg/ha de materia verde bajo el nivel de abonamiento de estiércol de 30 tn/ha, densidad de siembra de 120 kg/ha y distanciamiento de surco de 0.39 m lo que permitirá incrementar en 509.00 kg/ha en materia verde.

**Tabla 14.** Optimizar respuesta del rendimiento de materia verde.

| Factor                      | Bajo | Alto  | Óptimo  |
|-----------------------------|------|-------|---------|
| Nivel de abonamiento        | 10,0 | 30,0  | 30,0    |
| Densidad de siembra         | 90,0 | 120,0 | 120,0   |
| Distanciamiento entre surco | 0,3  | 0,5   | 0,39305 |

Valor óptimo = 29509,0

**Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic



**Figura 7.** Gráfico de optimización para el rendimiento de materia verde.

En la Figura 7, se observa que al aplicar la función de optimización del programa StatGraphics nos genera una dosis óptima de 30 t/ha de estiércol de vacuno más 120 Kg/ha de semilla y 0,39 m de distanciamiento entre surcos para poder producir 29 509



Kg de materia verde por hectárea estos resultados nos hacen ver la importancia de estos niveles que pueden influir de manera significativa, mas no así con el distanciamiento entre surcos que a mayor de 0,39 m las plantas tienen una menor densidad y por consiguiente una menor producción de materia verde por hectárea.

Los resultados obtenidos son diferentes en nivel de abonamiento al reporte de (Valeriano, 2021), quien obtuvo 5.87 kg/m<sup>2</sup> de materia verde al aplicar 3 t/ha de humus de lombriz de vacuno, con humus de lombriz de alpaca obtuvo 5.50 kg/m<sup>2</sup> y humus de lombriz de ovino obtuvo 4.77 kg/m<sup>2</sup>. El testigo tuvo 2.90 kg/m<sup>2</sup>.

Aduvire (2014), da a conocer que la aplicación de 30 t/ha de estiércol de ovino da un rendimiento de materia verde, de 5111.67 kg/ha, 15 t/ha un rendimiento de 4365.78 kg/ha y sin abonamiento un rendimiento de 4276.56 kg/ha. (Clares, A. 2014), al aplicar 40 t/ha de estiércol de bovino obtuvo 53.4 t/ha de materia verde, con 30 t/ha se obtuvo 52.0 t/ha, con 20 t/ha con 45.1 t/ha, y sin aplicación 43 t/ha de materia verde (Tarqui, 2014), bajo la densidad de siembra de 90 kg/ha obtuvo 4.75 kg/m<sup>2</sup>, la densidad de siembra de 60 kg/ha tuvo 3.75 kg/ m<sup>2</sup> y la densidad de siembra de 120 kg/ha un rendimiento de forraje de 3.00 kg/ m<sup>2</sup>.

Ochoa (2006), con la aplicación de estiércol de vacuno a una dosis de 100 kg N/ha obtuvo el mayor rendimiento de 8315.25 kg/ha de materia verde, la dosis de 80 kg N/ha tuvo 6212.14 kg/ha; mientras que, con la aplicación de estiércol de ovino una dosis de 100 kg N/ha obtuvo un rendimiento de 7652.03 kg/ha de materia seca, la dosis de 80 kg N/ha tuvo 8216.10 kg/ha, el testigo local tuvo 4 389 kg/ha de materia seca.

Todos los resultados de las diversas investigaciones son diferentes a lo obtenido; estas diferencias a la influencia de los factores climáticos del lugar de investigación, la variedad de avena, la fertilidad y abonamiento del suelo.

### 4.3.2. Materia seca

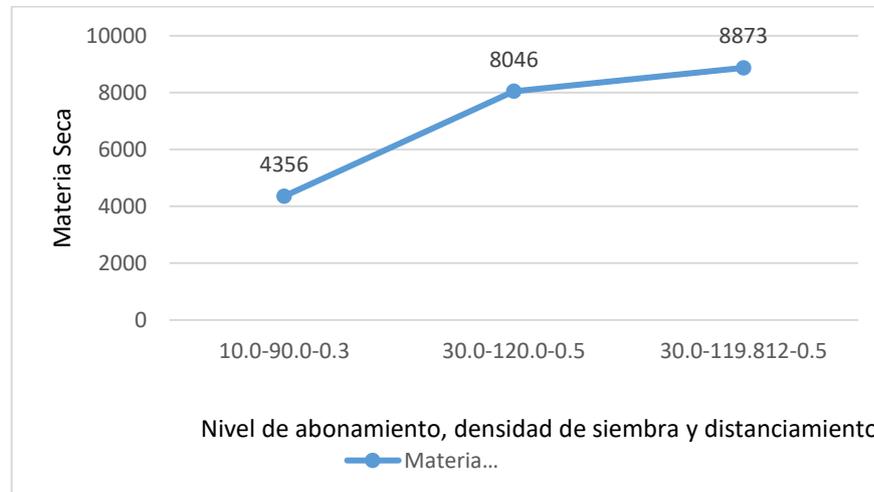
En la Tabla 15, se observa que al aplicar la función de optimización del programa StatGraphics, nos genera un valor óptimo de 8873,38 kg/ha de materia seca, bajo los niveles de nivel de abonamiento de estiércol de 30 kg/ha, densidad de siembra de 119.81 kg/ha y distanciamiento de surco de 0.50 m lo que permitirá incrementar en 173.38 kg/ha de materia seca.

**Tabla 15.** Optimizar respuesta del rendimiento de materia seca.

| <i>Factor</i>               | <i>Bajo</i> | <i>Alto</i> | <i>Óptimo</i> |
|-----------------------------|-------------|-------------|---------------|
| Nivel de abonamiento        | 10,0        | 30,0        | 30,0          |
| Densidad de siembra         | 90,0        | 120         | 119,812       |
| Distanciamiento entre surco | 0,3         | 0,5         | 0,5           |

Valor óptimo = 8873,38

. **Fuente:** Diseño Box-Behnken programa StatGraphic



**Figura 8.** Gráfico de optimización para el rendimiento de materia seca

De acuerdo a la Figura 8, se muestra que al aplicar la función de optimización del programa StatGraphics nos genera una dosis óptima de 30 t/ha, de estiércol de vacuno más 119,8 kg/ha, de semilla y 0,5 m de distanciamiento entre surco para poder producir



8873.38 kg/ha de Materia Seca por hectárea donde podemos ver que el distanciamiento de surco en su nivel máximo favorece a la densidad y producción de materia seca.

Los resultados difieren a lo reportado por (Venegas, 2016), quien indica que bajo la densidad de siembra de 80 kg/ha tuvo un rendimiento de 13.67 a 19.67 t/materia seca/ha en 6 variedades estudiadas en condiciones de campo; (Aduvire, 2014), da a conocer que la aplicación de 30 t/ha de estiércol de ovino da un rendimiento de masa seca, de 2924.77 kg/ha, 15 t/ha un rendimiento de 2221.67 kg/ha y sin abonamiento un rendimiento de 2090.22 kg/ha. (Clares, A. 2014), al aplicar 40 t/ha de estiércol de bovino obtuvo 21.6 t/ha de materia seca, con 30 t/ha se obtuvo 22.1 t/ha, con 20 t/ha con 18.2 t/ha, y sin aplicación 18.7 t/ha de materia seca.

Ochoa (2006), con la aplicación de estiércol de vacuno a una dosis de 100 kg N/ha obtuvo el mayor rendimiento de 8315.25 kg/ha de materia seca, la dosis de 80 kg N/ha tuvo 6212.14 kg/ha; mientras que, con la aplicación de estiércol de ovino una dosis de 100 kg N/ha obtuvo un rendimiento de 7652.03 kg/ha de materia seca, la dosis de 80 kg N/ha tuvo 8216.10 kg/ha, el testigo local tuvo 4 389 kg/ha de materia seca.

Todos los resultados de las diversas investigaciones son diferentes a lo obtenido; las diferencias son por la influencia de los factores climáticos, tipo de suelo del lugar de investigación, la variedad de avena, la fertilidad y abonamiento del suelo.



## V. CONCLUSIONES

Los resultados concluyen que en condiciones del CE Ilpa se obtuvo un rendimiento máximo de 29 000 kg/ha de materia verde con el nivel de abonamiento de 30 t/ha de estiércol de vacuno, más una densidad de siembra de 120 kg/ha y un distanciamiento entre surcos de 0,4 m.

En cuanto a materia seca, el nivel de abonamiento de estiércol de vacuno de 30 t/ha, densidad de siembra 120 kg/ha y distanciamiento entre surcos 0.40 m, se logró un rendimiento máximo de 8 700 kg/ha de materia seca.

Al aplicar la función de optimización del programa StatGraphics nos muestra que podríamos incrementar de 29 000 a 29 509 kg/ha de materia verde, al reducir el distanciamiento de surcos de 0.4 m. a 0.39 m. como valor óptimo, mientras que la dosis de abonamiento y densidad se mantiene con sus valores como óptimos. En cuanto a materia seca se podría incrementar de 8 700 a 8 873.38 kg/ha, reduciendo mínimamente la densidad de siembra a 119.81 kg/ha y aumentando un distanciamiento de surco a 0,5 m como valores óptimos.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda en condiciones similares al CE Illpa el abonamiento con 30 t/ha de estiércol de vacuno, más una densidad de siembra de 120 kg/ha y un distanciamiento entre surcos de 0,4 m para la producción de materia verde.

En cuanto a materia seca, se recomienda un abonamiento con estiércol de vacuno de 30 t/ha, densidad de siembra 120 kg/ha y distanciamiento entre surcos 0.40 m, para poder alcanzar un rendimiento similar a 8 700 kg/ha de materia seca.

Se recomienda probar los distanciamientos entre surcos y densidad de siembra encontrados en la presente investigación como valores óptimos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, Carlos, Ofelia Solís, Óscar Villegas, y Lina Cardoso. (2012). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Einsenias foetida*. *Agronomía costarricense* 37(1):127-139.
- Aduvire, L.I. (2014). Comportamiento agronómico de tres variedades de avena (*Avena sativa* L.) con aplicación de materia orgánica, en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 86 p.  
<http://hdl.handle.net/123456789/5581>
- Andrea, B. (2004). Manejo ecológico del suelo. Dominicana. Editorial RAPAL. 2004, no. 1, 27 pp.
- Argote, G. y Ruiz, J.A. (2011). Manejo y conservación de avena forrajera. Guía técnica, Curso taller. Universidad Nacional Agraria La Molina, Oficina Académica de Extensión y Proyección Social – AGROBANCO. Puno, Perú. 35 p.
- Argote, G. y Halanoca, M. (2007). Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno. APPA - ALPA - Cusco, Perú.
- Apaza, R. (2008). Respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de siembra de la avena (*Avena sativa* L.) en la provincia Ingavi. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica.  
<http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/4304/1/T-1210.pdf>
- Brack y Mendiola, (2004). Ecología del Perú. 2da Ed. Editorial Bruño. Lima-Perú 495 p.



- Bustos, (1996). Avena forrajera: Rendimiento, valor nutricional, ventaja comparativa y competitiva en la región Puno. Tesis de grado. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboracion de abonos organicos*.  
Obtenido de  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>
- Cartagena, L. (2015). Producción de tres leguminosas anuales asociadas con avena forrajera (*Avena sativa* L.) para heno en Ayaviri-Puno. Tesis Ingeniería Agronómica. UNA-Puno.
- Castellanos, (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos Vol. 7. INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z., J. Etchevers B., A. Aguilar Santelises y R. Salinas J. (1996). Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14: 151-158.
- Catari, B. (2002). Evaluacion del rendimiento de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.), con abonamiento de estiercol de ovino en el altiplano central. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia.
- Cegarra, (1993). Abonos Orgánicos Fermentados Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil. Costa Rica.
- Choque, J. (2005). Producción y Manejo de Especies Forrajeras. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias Edit. Universitario UNA-PUNO— Perú.



- Clares, A. (2014). Evaluación del comportamiento productivo de tres variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.) bajo tres dosis de abonado, en la comunidad Chijipina Grande de Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad De Agronomía. Universidad Mayor De San Andrés. La Paz – Bolivia. 108 p. <http://hdl.handle.net/123456789/5639>
- Courtney, R. G. y Mullen, G. J. , (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application jof two compost types. *Bioresource Technology*, (2008), vol.99, pp. 2913-2918. ISSN 1873-2976.
- Cuenca, F. (2012). *Tipos de abonos orgánicos*. El huerto urbano. Obtenido de <https://www.elhuertourbano.net/abonos/tipos-de-abonos-organicos/>.
- Delgado, R. y Salas, A. M. (2006). Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 2006, vol. 56, pp. 289-323. ISSN 0002-192X.
- Durán, F. (2004). Manual de cultivos orgánicos y alelopatía., 2a.ed., Bogotá-Colombia., Estilos Editores Ltda., pp. 118- 122.
- España, E.J. (2018). Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la elaboración de biogás como propuesta al manejo adecuado de los residuos pecuarios en la granja ecológica Linderos, Tomayquichua, Ambo, Huánuco 2017. Tesis de grado. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad De Huánuco. Huánuco, Perú. 107 p.
- Espinoza, J. y Mite, F. (2002). Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. *Revista Informaciones Agronómicas*, 2002, vol. 48, pp. 4-9.



- Espitia R. E.; Villaseñor H. E.; Tovar, R. G., De la Olán O. M. y Limón, O. A. (2012).  
Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena  
forrajera. *Rev. Méx. Cienc. Agr.* 3(4):771-783.
- Erhart, E. y Hartl, W. Mulching with compost improves growth of blue spruce in  
Christmas tree plantations. *European Journal of Soil Biology*, (2003), vol. 39, no.  
3, pp. 149-156. ISSN 1164-5563.
- Flores, D. (2019). Producción De Avena Forrajera (*Avena Sativa* L.) Con Fertilización  
Fraccionada De Nitrógeno Y Abonos Orgánicos En el CIP Camacani - Una- Puno,  
Tesis (Pregrado), Universidad Nacional Del Altiplano - Facultad De Ciencias  
Agrarias - Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica 115 p.
- González, A; Arias, L. E.; Yáñez, A.; González, L. A.; Silva, M. y Vega, M. A. (2012).  
*Producción y calidad de forraje de siete variedades de avena en diferentes etapas  
de corte en el sur de Jalisco*. En: Flores N. M. Reveles TL, et al editores. Reunión  
Internacional Conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Zacatecas,  
México. 131-135.
- Huallpa, R.; Céspedes, R. y Esprella, B. Evaluación del efecto de biol bovino en la  
producción y calidad de la avena forrajera (*Avena sativa* L.), en época de invierno  
en la Estación Experimental Choquenaira, Viacha – La Paz. Artículo científico.  
*Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La  
Paz*, vol. 3, n°3, pág. 103-113, Junio 2016 - ISSN: 2409-1618.
- INEC, (2012). Seguridad Alimentaria en el Ecuador. Quito, Ecuador.
- Garro, J.E. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Instituto Nacional de  
Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica, San José,  
C.R: INTA. 106 p.



- INIA, (2006). Avena Forrajera INIA 903 – Tayko Andenes. Instituto de nacional de innovación agraria, Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco. Pp 2.  
Disponible  
[https://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/avena/INIA\\_903.pdf](https://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/avena/INIA_903.pdf).
- Iparraguirre, M. (1965). Estudio comparativo de animales puro por cruce Brown Swiss en su adaptación a la sierra peruana. Tesis Ing Zootecnista Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Jimenez, E. (2012). Abono orgánico bokashi mejorado con microorganismos eficaces sobre rendimiento forrajero de avena (*Avena sativa* L.) en suelo de Tiquillaca-Puno. Tesis. Escuela profesional de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Laforé A., M., San Martín H., F., Bojórquez R., C., Arbaiza F., T., & Carcelén C., F. (1999). Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del Valle del Mantaro. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 10(2), 74–78.  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v10i2.6760>.
- Libreros, S. S. (2012). La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*. Vol. 28, pp. 13-14. ISSN 0123-0409.
- Limaylla, I.V. (2015). ORGABIOL (Bioestimulante orgánico) en el estrato productivo de triticale, cebada y avena en campaña chica. EEA El Mantaro-UNCP. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro Del Perú. El Mantaro, Jauja-Perú.



- Mamani, Gladys, Francisco Mamani, Humberto Sainz, y René Villca. (2012). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia spp.*) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Research Society* 3(1).
- Medina, L. A.; Monsalve, Ó. I. y Forero, A. F. (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Ciencias Hortícolas*, 2010, vol. 4, no. 1, pp. 109-125. ISSN 2011-2173.
- Mendoza, K. (2016). Preparación, uso y manejo de abonos orgánicos. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho. Ayacucho - Perú. 16 p.
- Miyasaka, S. C.; Hollyer, J. R. y Kodani, L. S. Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Res.*, (2001), vol. 71, pp. 101-112. ISSN 0378-4290.
- Nadeem, M.; Ansar, M.; Anwar, A.; Hussain A. and Khan, S. (2010). Performance of winter cereallegumes fodder mixtures and their pure stand at different growth stages under rainfed conditions of Pothowar. *J. Agric. Res.* 48(2): 181-192.
- Ochoa, G. (2006). Evaluación de variedades de avena (*Avena sativa* L.) a diferentes niveles de abonamiento orgánico en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad De Agronomía. Universidad Mayor De San Andrés. La Paz – Bolivia. 106 p. <http://hdl.handle.net/123456789/5285>.
- Ouédraogo, E.; Mando, A. y Zombré, N. P. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment.*, 2001, vol. 84, no. 3, pp. 259-266. ISSN 0167-8809.
- Paredes, J. (2016) Avena forrajera: Rendimiento, valor nutricional, ventaja comparativa y competitiva en la región Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.



- París, W.; Marchesan, R. and Cecato, U. (2012). Dynamics of yield and nutritional value for winter forage intercropping. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 34(2): 109-115.
- Quispe, M. D. (2017). Tres sistemas de control de malezas y su impacto en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivar INIA 431- Altiplano. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú. 118 p
- Reyes, C. (25 de agosto de 2015). *Abonos Organicos*. Obtenido de <http://carlosreyez10.blogspot.com/2015/08/a-bono-de-plantas-el-abono-o.html>
- Rosser, C. L.; Górká, P.; Beattie, A. D.; Block, H. C.; McKinnon, J. J.; Lardner, H. A. and Penner, G. B. (2013). *Effect of maturity at harvest on yield, chemical composition, and in situ degradability for annual cereals used for swath grazing*. *J. Anim. Sci*. 91:3815-3826.
- Sagarpa, (2014). Paquete tecnológico para la producción de avena forrajera en Chihuahua. Centro de Investigación Regional Norte-centro. Sitio Experimental La Campana-Madera. Aldama, Chi. México. 44 p.
- Salgado, P.; Thang, V. Q. and Thu, T. V. ( 2013). Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows in Vietnam: an on-farm study. *Tropical Animal Health and Production*. 45(2): 561-568.
- SENA, (2001). Servicio Nacional de Aprendizaje WEB:  
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-las-formulas-para-calculat-la-cantidad-de-materia-seca>.
- SENAMHI (2021). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Estaciones región Puno.



- Soto, M. Bananos (2008). Técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. [CDROM]. 4a ed. San José (CR): Litografía e Imprenta LIL. 2008. ISBN 9977- 47-154-1.
- Tafernaberri, J. V.; Dall'agnol, M.; Montardo, D. P., 2012. Agronomic evaluation of white oats strains in two geographical regions of the state of. Río Grande do Sol. Revista Brasileira de Zootecnia. Journal of Animal Science. 41(1), 41-51. TAPIA, M., 2007. La Ganadería en el Altiplano de Puno. Una visión, técnica, económica social y ambiental. El problema agrario en debate SEPIA XII, Tarapoto, San Martín, Perú.
- Tapia, M. (2007). La Ganadería en el Altiplano de Puno. Una visión, técnica, económica social y ambiental. El problema agrario en debate SEPIA XII, Tarapoto, San Martín, Perú. 23 p.
- Toala, E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado en el rancho Verónica. Tesis de grado, Escuela superior politécnica de Chimborazo – Facultad de ciencias, Escuela de ciencias químicas. Riobamba, Ecuador. 138 p.
- Valeriano, W.R. (2021). Efecto del humus de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante el uso de tres tipos de estiércol (ovino, vacuno y alpaca) en el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.). Tesis de grado. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Venegas, I. (2016). Evaluación del comportamiento agronómico de cinco variedades de avena bajo dos densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota. Tesis de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 126 p.
- <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/6814>



- Vivas, Y. (25 de febrero de 2009). Preparacion de Abonos Organicos. Obtenido de <http://abonosorganicosyuli.blogspot.com/2009/02/abonos-organicos-son-sustancias-que.html>
- Villareal, J. H.; Arias, L. E.; Sánchez, R. A.; Tovar, M. R. Y Núñez, H. G., (2012). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de cereales de grano pequeño en los altos de Jalisco. Semana Internacional de Agronomía. Durango, México.
- Wadhwa, M.; Kaur, K. and Sukhchain, N. (2010). Nutritional evaluation of new oats variety as fodder. Indian Journal of Animal Sciences. 80(10): 1011-1013.
- Zapana, J.G.; Miranda, F.; Villalta, P. (2014). Producción de semilla de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con incorporación de humus de lombriz en el Centro de Investigación y Producción Camacani. Puno-Perú. Artículo. Rev. Investig. Altoandin. 2014; Vol 16 N° 1: 39 – 42.



## ANEXOS

**Tabla 16.** Datos de campo de primera evaluación de plántulas emergentes.

Fecha de primera evaluación: 29 de diciembre del 2019 fase fenológica emergencia.

| NÚM. DE<br>PARCELA<br>S | Núm. de<br>plántulas<br>emergentes en<br>la 1ra<br>Repetición en<br>1 m <sup>2</sup> | Núm. de<br>plántulas<br>emergentes en<br>la 2ra<br>Repetición en<br>1 m <sup>2</sup> | Núm. de<br>plántulas<br>emergentes en<br>la 3ra<br>Repetición en<br>1 m <sup>2</sup> | PROMEDIO    | Altura aprox.<br>%<br>PORCENTAJ<br>E |
|-------------------------|--|--|--|-------------|--------------------------------------|
|                         |  |  |  |             |                                      |
| 1                       | 110  | 160  | 80   | 116,666     | 16 cm                                |
| 2                       | 215  | 234  | 245  | 231,333     | 19cm                                 |
| 3                       | 255  | 248  | 232  | 245,000     | 18cm                                 |
| 4                       | 233  | 266  | 260  | 253,000     | 19cm                                 |
| 5                       | 264  | 269  | 224  | 252,333     | 16cm                                 |
| 6                       | 215  | 260  | 247  | 240,666     | 18cm                                 |
| 7                       | 250  | 218  | 180  | 216,000     | 16cm                                 |
| 8                       | 223  | 280  | 274  | 259,000     | 19cm                                 |
| 9                       | 190  | 182  | 163  | 178,333     | 17cm                                 |
| 10                      | 233  | 245  | 280  | 252,666     | 18cm                                 |
| 11                      | 190  | 210  | 205  | 201,666     | 17cm                                 |
| 12                      | 110  | 230  | 125  | 155,000     | 18cm                                 |
| 13                      | 234  | 245  | 224  | 234,333     | 16cm                                 |
| 14                      | 241  | 100  | 254  | 198,333     | 17cm                                 |
| 15                      | 160  | 190  | 126  | 158,666     | 17cm                                 |
| <b>TOTAL</b>            | <b>3123</b>  | <b>3337</b>  | <b>3119</b>  | <b>3193</b> |                                      |



**Tabla 17.** Datos de la segunda evaluación de altura plantas.

Fecha de segunda evaluación: 13 de febrero del 2020 fase fenológica macollamiento.

| Numero de parcelas | 1er punto<br>Medida de planta<br>en cm. | 2er punto<br>Medida de planta<br>en cm. | 3er punto<br>Medida de planta<br>en cm. | Promedio de<br>Altura<br>aproximado de<br>los 3 puntos en<br>cm |
|--------------------|---|---|---|---|
| 1                  | 49                                      | 63                                      | 59                                      | 57,000  |
| 2                  | 73                                      | 76                                      | 71                                      | 73,333  |
| 3                  | 69                                      | 70                                      | 84                                      | 74,333  |
| 4                  | 59                                      | 68                                      | 59                                      | 62,000  |
| 5                  | 70                                      | 75                                      | 79                                      | 74,666  |
| 6                  | 76                                      | 75                                      | 74                                      | 75,000  |
| 7                  | 82                                      | 78                                      | 75                                      | 78,333  |
| 8                  | 76                                      | 68                                      | 75                                      | 73,000  |
| 9                  | 75                                      | 77                                      | 79                                      | 77,000  |
| 10                 | 79                                      | 84                                      | 72                                      | 78,333  |
| 11                 | 61                                      | 62                                      | 77                                      | 66,667  |
| 12                 | 70                                      | 76                                      | 67                                      | 71,000  |
| 13                 | 50                                      | 57                                      | 78                                      | 61,667  |
| 14                 | 78                                      | 70                                      | 69                                      | 72,333  |
| 15                 | 52                                      | 47                                      | 60                                      | 53,000  |

**Tabla 18.** Datos de la tercera evaluación fase fenológica grano lechoso de avena.

Fecha de tercera evaluación: 13 de abril del 2020.

| FACTORES   | Numero de parcelas | Medida de altura de 3 plantas | Peso de muestra de un metro cuadrado de MV de avena en gr | Materia verde kg/ha. | Peso de materia verde en gr. | Peso de materia seca en gr. | Materia seca % | Materia seca kg/ha. |
|------------|--------------------|-------------------------------|---|----------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|
| INIA       |                    |                               | 5286  | 52860                | 500                          | 97,5                        | 19,500         | 10307,700           |
| 10-90-0,4  | 1                  | 175cm-<br>166cm-<br>187cm     | 1800  | 18000                | 600                          | 145,2                       | 24,200         | 4356,000            |
| 30-90-0,4  | 2                  | 174cm-<br>179cm-<br>190cm     | 2700  | 27000                | 600                          | 178,8                       | 29,800         | 8046,000            |
| 10-120-0,4 | 3                  | 160cm-<br>169cm-<br>174cm     | 2050  | 20500                | 600                          | 129,3                       | 21,550         | 4417,750            |
| 30-120-0,4 | 4                  | 157cm-<br>165cm-<br>156cm     | 2900  | 29000                | 500                          | 150                         | 30,000         | 8700,000            |
| 10-105-0,3 | 5                  | 150cm-<br>151cm-<br>153cm     | 1000  | 10000                | 500                          | 160,3                       | 32,060         | 3206,000            |
| 30-105-0,3 | 6                  | 179cm-<br>182cm-<br>188cm     | 2100  | 21000                | 550                          | 139,2                       | 25,309         | 5314,909            |
| 10-105-0,5 | 7                  | 178cm-<br>184cm-<br>192cm     | 1900  | 19000                | 600                          | 150,4                       | 25,067         | 4762,667            |
| 30-105-0,5 | 8                  | 175cm-<br>182cm-<br>165cm-    | 2400  | 24000                | 550                          | 168,3                       | 30,600         | 7344,000            |
| 20-90-0,3  | 9                  | 176cm-<br>184cm-<br>165cm-    | 1600  | 16000                | 500                          | 208                         | 41,600         | 6656,000            |
| 20-120-0,3 | 10                 | 160cm-<br>177cm               | 2250  | 22500                | 500                          | 129,3                       | 25,860         | 5818,500            |



| FACTORES   | Numero de parcelas | Medida de altura de 3 plantas | Peso de muestra de un metro cuadrado de MV de avena en gr | Materia verde kg/ha. | Peso de materia verde en gr. | Peso de materia seca en gr. | Materia seca % | Materia seca kg/ha. |
|------------|--------------------|-------------------------------|---|----------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|
| 20-90-0,5  | 11                 | 150cm-157cm-154cm             | 1950  | 19500                | 500                          | 167,3                       | 33,460         | 6524,700            |
| 20-120-0,5 | 12                 | 173cm-184cm-173cm             | 2300  | 23000                | 600                          | 158,3                       | 26,383         | 6068,167            |
| 20-105-04  | 13                 | 157cm-150cm-160cm             | 1800  | 18000                | 500                          | 130,1                       | 26,020         | 4683,600            |
| 20-105-0,4 | 14                 | 159cm-169cm-174cm             | 2000  | 20000                | 550                          | 132,3                       | 24,055         | 4810,909            |
| 20-105-0,4 | 15                 | 157cm-150cm-160cm             | 1780  | 17800                | 500                          | 125,3                       | 25,060         | 4460,680            |

### Panel fotográfico

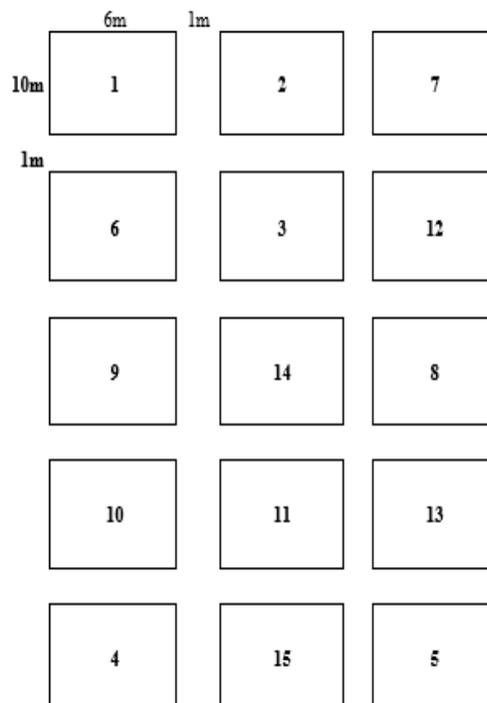
**Figura 9.** Delimitación de las 15 sub parcelas experimentales de estudio.

Fecha: 29/11/2019



**Figura 10.** Croquis de distribución de unidades experimentales

Fecha: 29/11/2019



**Figura 11.** Trazo para definir y medir el distanciamiento entre surcos.

Fecha: 29/11/2019



**Figura 12.** Pesado de abono orgánico para diferenciar los efectos de 3 niveles

Fecha: 29/11/2019



**Figura 13.** Pesado de semilla Var. Tayko, para diferenciar los efectos de 3 niveles  
Fecha: 29/11/2019



**Figura 14.** Siembra de avena forrajera var. Tayko.

Fecha: 29/11/2019



**Figura 15.** Primera evaluación en estado de (emergencia a los 30 días).

Fecha: 29/12/2019



**Figura 16.** Segunda evaluación en fase de macollamiento.

Fecha: 14/02/2020



**Figura 17.** Cultivo de avena forrajera listo para la segunda evaluación.

Fecha: 14/02/2020



**Figura 18.** Tercera evaluación del cultivo avena forrajera.

Fecha: 13/04/2020



**Figura 19.** Muestras llevadas a la estufa del laboratorio de aguas y suelos de la UNAP para hallar resultados de materia seca.

Fecha: 12/05/2020



**Figura 20.** Certificado de análisis de análisis de fertilidad del suelo experimental



INIA  
Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ  
Ministerio de Agricultura y Riego

**ANÁLISIS DE FERTILIDAD**

Nombre: Jose Luis Flores Ramos.  
Fecha de Recepción: 17 de Diciembre del 2019.  
Localidad/Sector: Illpa

Fecha de Certificación: 10 de Enero del 2019.

| Cod. Lab. | COD. USUARIO | ANÁLISIS MECANICO |          |         | N (%) | P (ppm) | K (ppm) | Suelo: Agua 1:2.5 |               | M.O. (%) | Al (mep/100 gr) | CO <sub>2</sub> Ca (%) |
|-----------|--------------|-------------------|----------|---------|-------|---------|---------|-------------------|---------------|----------|-----------------|------------------------|
|           |              | Arceia (%)        | Limo (%) | Textura |       |         |         | pH                | C.E. mmhos/cm |          |                 |                        |
| 315P1     | Illpa        | 29.44             | 44.00    | F       | 0.08  | 9.68    | 103.6   | 8.25              | 0.247         | 2.08     | 0.00            | 0.80                   |

**Referencias:**  
Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

**Conclusiones:**  
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

**Nota:**  
Cualquier corrección y/o emendadura amida al presente documento.

**Observaciones:** (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA  
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing. JORGE CANIQUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
I.A.L.C.E.D.O.

Los resultados son aplicables a estas muestras.

Av. La Molina 1981, La Molina  
T: (051) 240 2100 anexo 214  
www.inia.gob.pe  
www.minagri.gob.pe



**Figura 21.** Certificado de análisis de estiércol de vacuno



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : Jose Luis Flores Ramos.  
 DIRECCION : Av. SimonBolivar 2717.  
 INTERESADO :  
 PROCEDENCIA : Illpa.  
 PRODUCTO : Estiercol de Vacuno.  
 CANTIDAD :  
 MUESTREO : Interesado.  
 TIPO DE ANALISIS : Análisis de NPK, pH y Conductividad Eléctrica.  
 N° DE ANALISIS : 01.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 de Diciembre del 2019.  
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 10 de Enero del 2019.

**DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:**

| Determinaciones                            | Estiércol de Vacuno |
|--|---------------------|
| Nitrógeno %                                | 2,02                |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) % | 3,00                |
| Potasio (K <sub>2</sub> O) %               | 1,80                |
| Materia Orgánica %                         | 21,30               |
| CE mmhos/cm. 25°C                          | 2,16                |
| pH   | 8,09                |

**Métodos utilizados en el Laboratorio:**

Nitrógeno: Método semimicrokjeldahl (Digestión con ácido sulfúrico).  
 Fósforo: Método del Metavanadato de amonio (Espectrofotometro digital 21)  
 Potasio: Ataque con ácido sulfúrico (Fotómetro de flama)  
 pH : Potenciómetro.  
 MO Colorimetría  
 H por diferencia .

**Conclusiones:**

La muestra analizada de Estiercol CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales, utilizados en el análisis.

**Nota:**

Ninguno.

**Validez del Certificado:**

El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión.



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE OANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno. Puno. Perú  
T: (051) 363-812



**Figura 22.** Certificado de análisis de porcentaje de materia seca de avena

"UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO "

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA  
**LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS**

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.)**

PROCEDENCIA : CIP ILLPA — UNA — PUNO.  
INTERESADO : JOSE LUIS FLORES RAMOS.  
MOTIVO : ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.)  
FECHA RECEPCION : 13/05/2020 (por el interesado)  
FECHA DE ANALISIS : 13/05/2020

**CARACTERISTICAS DE ANALISIS DE HUMEDAD:**

RESULTADOS DE DATOS DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

| FACTORES   | NUMERO DE PARCELAS | MS%   |
|------------|--------------------|-------|
| 10-90-0,4  | 1                  | 24,20 |
| 30-90-0,4  | 2                  | 29,80 |
| 10-120-0,4 | 3                  | 21,55 |
| 30-120-0,4 | 4                  | 30,00 |
| 10-105-0,3 | 5                  | 32,06 |
| 30-105-0,3 | 6                  | 25,31 |
| 10-105-0,5 | 7                  | 25,07 |
| 30-105-0,5 | 8                  | 30,60 |
| 20-90-0,3  | 9                  | 41,60 |
| 20-120-0,3 | 10                 | 25,86 |
| 20-90-0,5  | 11                 | 33,40 |
| 20-120-0,5 | 12                 | 26,38 |
| 20-105-04  | 13                 | 26,02 |
| 20-105-0,4 | 14                 | 24,55 |
| 20-105-0,4 | 15                 | 25,06 |

  
ANALISTA  
MUESTRA DE M.S. CULTIVO DE AVENA  
PUNO, PERU

  
Isaac Ticona Zuñiga  
DIRECTOR - E.P.I. AGRÓNOMICA  
F.C.A. - UNA - PUNO

Figura 23. Tabla de interpretación de análisis de suelos.

INIA  
Instituto Nacional de Innovación Agraria

**MINISTERIO de Agricultura y Riego**

PERÚ

**MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS**

1. Textura: % de arena, limo y arcilla, método del hidrómetro
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KClN, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrogeno total: método del micro-kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5, Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) N, pH 7.0.
10. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>: cambalaites; reemplazamiento con acetato de amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) N, pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: EDTA.
11. Al<sup>3+</sup>: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: EDTA; Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>: fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: volumetría y colorimetría; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: turbidimetría con coloro de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetina.

| Salinidad              | CE(esp) | Clasificación | Nitrógeno % | Materia Orgánica % | Fósforo Disponible ppm P | Potasio Disponible ppm K | Relaciones Cationicas                                    |
|------------------------|---------|---------------|-------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Muy ligeramente salino | <2      | Bajo          | 0 - 0,1     | <2,0               | <7,0                     | <100                     | Clasificación<br>Normal<br>Deficiente Mg<br>Deficiente K |
| Ligeramente salino     | 2 a 4   | Medio         | 0,1 - 0,2   | 2 a 4              | 7,0 a 14                 | 100-240                  | Ca/Mg<br>0,2-0,3<br>>0,5                                 |
| Moderadamente salino   | 4 a 8   | Alto          | >0,2        | >4,0               | >14                      | >240                     | >0,2   |
| Fuertemente salino     | >8      |               |             |                    |                          |                          | >10  |

| Reacción ó pH          | Clasificación | pH      | Clases Texturales | Distribución de Cationes  |
|------------------------|---------------|---------|-------------------|---------------------------|
| Fuertemente ácido      | A             | <5,5    | F/A<br>F/A        | Ca <sup>2+</sup><br>60-75 |
| Moderadamente ácido    | AF            | 5,6-6,0 | F/A               | Mg <sup>2+</sup><br>15-20 |
| Ligeramente ácido      | FA            | 6,1-6,5 | F/A/L             | K <sup>+</sup><br>3 a 7   |
| Neutro                 | Fr            | 7,0     | A/A               | Na <sup>+</sup><br><15    |
| Ligeramente alcalino   | FL            | 7,1-7,8 | AtL               |                           |
| Moderadamente alcalino | L             | 7,9-8,4 | Ar                |                           |
| Fuertemente alcalino   |               | >8,5    |                   |                           |

**Equivalencias:**  
 1 ppm = 1 mg/Kilogramo.  
 1 mililitro (ml) = 1 decímetro cúbico (dm<sup>3</sup>).  
 1 miliequivalente/100g = 1 cmol(+) / Kilogramo.  
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes.  
 CE (1 : 2.5) mmhó/cm x 2 = CE (es) mmhó/cm.  
 T = Trazas. \*F= Floculo (excesiva presencia de sales, se sugiere realizar análisis de Salinidad, por extracto de saturación).

**INIA**  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILIPA - PUNO

Ing. JORGE CAMBUJA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
S.A.L.C.E.D.O.

Rinconada de Salcedo s/n  
Puno, Puno, Perú  
T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe