



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

“DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BENTONITA  
COMO ENMIENDA DEL SUELO EN EL VALOR FORRAJERO DEL  
*Arrhenatherum elatius* (PASTO AVENA) EN LA COMUNIDAD LLANGAHUA DE  
LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR**

**LUIS HOMERO ESTRADA OROZCO**

**Riobamba - Ecuador**

**2014**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por bendecir cada uno de mis pasos y guiar mi camino, y por quien es posible disfrutar el maravilloso don de la vida

A La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias Pecuarias y en especial a mi querida Escuela de Ingeniería Zootécnica; a todas las autoridades, maestros y personal, que día a día reúnen esfuerzos, imparten enseñanza y orientan a los estudiantes.

A todas las personas que estuvieron implicadas en la realización de la presente investigación, que aportaron con sus conocimientos y experiencia para el objetivo planteado; al Ing. MC. Luís Fiallos O. Ph.D. Director de tesis, al Ing. MC. Santiago Jiménez. Asesor.

Luis Estrada Orozco.

## DEDICATORIA

A mi Dios que está conmigo todos los días.

A mi Madre ya que con su esfuerzo y amor ha guiado mi camino para convertirme en hombre de bien.

A mi Padre, que desde el cielo es mi ángel de la guarda y por haberme enseñado a luchar y alcanzar este gran sueño.

A mi Esposa e Hija por el amor incondicional, por ser el motor que me impulsa para seguir consiguiendo triunfos en la vida.

A mis Hermanos por compartir todos los momentos de la vida y ser un apoyo incondicional.

A mis amigos que compartieron junto a mí la etapa estudiantil; por demostrarme que siempre puedo contar con ellos.

Luis Estrada Orozco.

ESTE TRABAJO DE TITULACIÓN FUE APROBADO POR EL SIGUIENTE  
TRIBUNAL

---

ING. LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA, MC.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

DR. LUIS RAFAEL FIALLOS ORTEGA, PH. D.  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

ING. SANTIAGO FAHUREGUY JIMÉNEZ YANEZ, MC.  
**ASESOR**

RIOBAMBA, 10 DE DICIEMBRE DEL 2014

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE CUADROS	VII
LISTA DE GRÁFICOS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. LA BENTONITA</b>	<b>4</b>
<b>B. USOS DE LA BENTONITA</b>	<b>4</b>
1. <u>Arenas de moldeo</u>	<b>4</b>
2. <u>Lodos de perforacion</u>	<b>5</b>
3. <u>Peletización</u>	<b>5</b>
4. <u>Absorventes</u>	<b>6</b>
5. <u>Material de Sellado</u>	<b>6</b>
6. <u>Ingeniería Civil</u>	<b>8</b>
7. <u>Alimentación animal</u>	<b>9</b>
<b>C. TRATAMIENTOS MEJORAR LA CALIDAD DE LAS BENTONITAS</b>	<b>11</b>
<b>D. PASTO AVENA</b>	<b>12</b>
1. <u>Origen</u>	<b>12</b>
2. <u>Características generales</u>	<b>12</b>
3. <u>clasificación taxonomica</u>	<b>13</b>
4. <u>Morfología del pasto <i>Arrenatherum elatius</i></u>	<b>14</b>
5. <u>Floración</u>	<b>15</b>
6. <u>Altura de la planta</u>	<b>15</b>

7.	<u>Manejo</u>	15
8.	<u>Producción de forraje</u>	16
9.	<u>Producción de semilla</u>	17
10.	<u>Porcentaje de germinación</u>	18
11.	<u>Cobertura basal</u>	18
12.	<u>Composición química de los forrajes</u>	18
13.	<u>Adaptación del <i>Arrenatherum elatius</i></u>	19
14.	<u>Fertilización</u>	20
15.	<u>Propagación</u>	20
<b>III.</b>	<b><u>MATERIALES Y METODOS</u></b>	21
A.	<b>LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	21
B.	<b>UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	21
C.	<b>MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES</b>	22
1.	<u>Materiales</u>	22
2.	<u>Equipos</u>	22
3.	<u>Insumos</u>	23
D.	<b>TRATAMIENTOS Y DISEÑO ESPERIMENTAL</b>	23
1.	<u>Esquema del experimento</u>	23
E.	<b>MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	24
F.	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE SIGNIFICANCÍA</b>	24
1.	<u>Esquema del ADEVA</u>	25
G.	<b>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	25
H.	<b>METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN</b>	26
1.	<u>Porcentaje de Cobertura Basal</u>	26
2.	<u>Porcentaje de Cobertura Aérea</u>	26

3.	<b><u>Producción de Forraje Verde y Materia Seca en Prefloración</u></b>	26
4.	<b><u>Persistencia</u></b>	27
5.	<b><u>Resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a enfermedades</u></b>	27
6.	<b><u>Análisis del suelo inicial y final</u></b>	27
7.	<b><u>Análisis bromatológico</u></b>	27
8.	<b><u>Análisis Económico</u></b>	27
IV.	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	28
A.	<b>COMPORTAMIENTO AGROBOTÁNICO DEL PASTO AVENA</b>	28
1.	<b><u>Porcentaje de cobertura basal</u></b>	28
2.	<b><u>Porcentaje de cobertura aérea</u></b>	37
3.	<b><u>Producción de forraje verde (Tn/ha/corte)</u></b>	44
4.	<b><u>Resistencia a la sequia, heladas y tolerancia a las enfermedades</u></b>	53
5.	<b><u>Análisis de suelo inicial y final</u></b>	53
6.	<b><u>Análisis Bromatologico</u></b>	54
a.	<b><u>Contenido de Proteína</u></b>	54
b.	<b><u>Contenido de Fibra</u></b>	55
c.	<b><u>Contenido de Humedad y Materia seca</u></b>	56
7.	<b><u>Análisis Económico</u></b>	58
V.	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	60
VI.	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	61
VII.	<b><u>LITERATURA CITADA</u></b>	62
	<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Pilahuín, Comunidad de Llangahua, sector el Salado, se evaluó el efecto de diferentes dosis de bentonita como enmienda al suelo y su efecto en el valor forrajero del *Arrhenatherum elatius* (Pasto avena), para lo cual se utilizaron 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 Tn/ha de Bentonita frente a un tratamiento control con cuatro repeticiones distribuidos bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar y evaluación de medias según Tukey ( $P < 0.05$ ). El estudio determinó que la utilización de 4 Tn/ha de Bentonita en el cultivo de *Arrenatherum elatius* permitió registrar una cobertura basal a los 15, 30, 45 y 60 días de 45.10, 47.71, 51.61 y 56.47 %, una cobertura aérea a los 15, 30, 45 y 60 días de 66.32, 69.49, 74.80 y 79.16 %, una producción de 12.11 Tn<sup>-1</sup> Fv<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, 2.92 Tn<sup>-1</sup> Ms<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, de la misma manera se determinó que los suelos en los que se aplicaron 2 Tn/ha de bentonita presentaron un pH de 6.7 un porcentaje de materia orgánica de 4.7 % , 9.3 mg/L NH<sub>4</sub>, 40.2 mg/L P y 629.4 mg/L, la evaluación bromatológica registro que este tratamiento posee 24.11 % de materia seca, 75.89 % de Humedad, 11.87 % de cenizas, 13.72 % de proteína, 34.31 % de fibra y 2.24 % de Extracto etéreo y 37.87 % de Extracto Libre de Nitrógeno. Finalmente se recomienda emplear 2Tn<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> de bentonita cálcica en la producción de pasto avena, ya que se traduce en una elevada cantidad de forraje verde, como también en una mejor rentabilidad económica.

## ABSTRACT

In the Province of Tungurahua, City of Ambato, Parish of Pilahuin, Community of Llangahua, sector el Salado, the effect of different doses of bentonite was evaluated as a soil amendment, and its influence on the forage value of *Arrhenatherum elatius* (oats grass). For this, the following values of Bentonite were used: 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 Tn /ha. These were used on a control treatment with two repetitions distributed under a Completely Random Block Design. The media evaluation was done by using Tukey ( $P < 0.05$ ). The study determined that the used of 4 Tn/ha of Bentonite in the *Arrhenatherum elatius* crop allowed registering a basal plant cover at, 15, 30, 45 and 60 days of 45.10, 47.71, 51.61 and 56.47%. An aerial cover at 15, 30, 45 and 60 days of 66.32, 69.49, 74.80 79.16%, a production of  $12.11 \text{ Tn}^{-1} \text{ Fv}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ ,  $2.92 \text{ Tn}^{-1} \text{ Ms}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ . In the same way, it was determined that the soil that used 2 Tn/ha of bentonite showed 6.7 Ph value, 4.7% organic matter, 9.3 mg / L  $\text{NH}_4$ , 40.2 mg / L P and 629.4 mg / L, the bromatological assessment registered that this treatment has 24.11% of dry matter, 75.89% of humidity, 11.87% of ashes, 13.72% of protein, 34.31% of fiber and 2.24% of ether extract and 37.87% of Nitrogen Free Extract. Finally it is recommend to use  $2 \text{ Tn}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  of calcium bentonite in the production of oat grass since it yields a high quality of green forage, as well as better profit.

**LISTA DE CUADROS**

N°		Pág.
1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO AVENA.	19
2.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA COMUNIDAD DE LLANGAHUA.	21
3.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	24
4.	ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ADEVA).	25
5.	COMPORTAMIENTO AGOBOTÁNICO DEL PASTO AVENA <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA.	29
6.	CARACTERISTICAS DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> .	53
7.	ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS.	54
8.	ANÁLISIS BROMATOLOGICO DEL ARRENATHERUM ELATIUS, CULTIVADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	57
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL ARRENATHERUM ELATIUS EN RESPUESTA ALA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	59

**LISTA DE GRÁFICOS**

Nº	Pág.
1. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA BASAL A LOS 15 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	30
2. REGRESIÓN DE LA COBERTURA BASAL A LOS 15 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA	31
3. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA BASAL A LOS 30 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	32
4. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA BASAL A LOS 45 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	34
5. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA BASAL A LOS 60 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	35
6. REGRESIÓN DE LA COBERTURA BASAL A LOS 60 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA.	36
7. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA AÉREA A LOS 15 DÍAS DEL PASTO <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.	38

8. REGRESIÓN DE LA COBERTURA AÉREA A LOS 15 DÍAS DEL PASTO *ARRHENATHERUM ELATIUS*, POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA. 39
9. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA AÉREA A LOS 30 DIAS DEL PASTO ARRENATHERUM ELATIUS, POR EL EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA. 40
10. COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE COBERTURA AÉREA A LOS 45 DÍAS DEL PASTO ARRENATERUM ELATIUS, POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA. 41
11. COMPORTAMIENTO DE PORCENTAJE DE COBERTURA AÉREA A LOS 60 DIAS DEL PASTO ARRENATHERUM ELATIUS, POR EL EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA. 43
12. REGRESIÓN DE LA COBERTURA AÉREA A LOS 60 DIAS DEL PASTO ARRENATHERUM ELATIUS, POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NUVELES DE BENTONITA 45
13. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE DEL PASTO ARRENATHERUM ELATIUS,POR EL EFECTO DE LA UTILIZACION DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA. 47
14. REGRESIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL DORRAJE VERDE DEL PASTO ARRHENATERUM ELATIUS, POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA 48
15. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DEL PASTO ARRENATHERUM ELATIUS, POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA. 50

**16. REGRESIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DEL PASTO *ARRHENATHERUM ELATIUS*, POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTE NIVELES DE BENTONITA.**

52

**LISTA DE ANEXOS**

N°	Pág.
1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE (TN/HA/CORTE) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA.	68
2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA (TN/HA/CORTE) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA.	69
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA BASAL (%) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 15 DÍAS.	70
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA BASAL (%) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 30 DÍAS.	71
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA BASAL (%) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 45 DÍAS.	72
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA BASAL (%) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 60 DÍAS.	73
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA AÉREA (%) DEL <i>ARRHENATHERUM ELATIUS</i> , BAJO EL EFECTO DE LA	

- APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 15 DÍAS. 74
8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA AÉREA (%) DEL *ARRHENATHERUM ELATIUS*, BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 30 DÍAS. 75
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA AÉREA (%) DEL *ARRHENATHERUM ELATIUS*, BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 45 DÍAS. 76
10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COBERTURA AÉREA (%) DEL *ARRHENATHERUM ELATIUS*, BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 TN/HA), DE BENTONITA, A LOS 60 DÍAS. 77

## **I. INTRODUCCION**

En el Ecuador la dieta fundamental del ganado se basa específicamente en el pastoreo, el 70% de la producción ganadera depende de la alimentación y su mayor parte es a base de pasto, la producción de forraje es variada ya que está influenciada por factores medio ambientales como temperatura, precipitación, radiación solar y del tipo del suelo.

En la actualidad se hace necesario crear nuevas alternativas que permitan tener una mayor rentabilidad a menor costo y sobre todo sin causar un desequilibrio medio ambiental que es muy común. El aprovechamiento de los pastos, que es la fuente de alimentación más económica para los animales herbívoros, es por esta razón que debemos investigar y desarrollar este potencial para obtener un avance que se vea reflejado en buenos resultados en el campo pecuario, y al mismo tiempo se debe considerar el hecho de producirlos en forma orgánica para de esta manera contribuir con la producción sustentable y preservando el ambiente.

En la Sierra Ecuatoriana, pese a las condiciones climáticas existentes durante el transcurso de todo el año, ha determinado que la alimentación básica de las distintas especies de explotación pecuaria este constituida generalmente por una amplia gama de forrajes la misma que es suministrado en estado fresco.

La fertilización de un pastizal es uno de los aspectos más importantes para tener éxito en el establecimiento del mismo, los requerimientos de fertilización varían de acuerdo a algunos factores, como al tipo de suelo, a las especies forrajeras y al análisis químico del suelo al momento de la siembra.

Por otro lado la fabricación de productos agroquímicos y su uso incorrecto, están causando graves problemas de contaminación de suelo, agua, aire y de los mismos productos, que son expuestos a estos agroquímicos, lo que ha desencadenado en alteraciones fenotípicas y genotípicas de las especies cultivadas.

Al ser el *Arrhenatherumelatius*, (pasto avena), una especie forrajera promisoría altoandina apta para el cultivo en zonas frías y templado frías, tiene grandes probabilidades de adaptarse a diferentes pisos climáticos, crece bien en suelos más variados, pero alcanza su mayor producción en suelos livianos y húmidos, que al combinarse con alternativas como la Bentonita, un producto nuevo como enmienda del suelo, con la presente propuesta pretende y/o se espera mejorar diversas características edáficas tanto físicas, químicas y biológicas del suelo. De esta manera la presente propuesta en procura de incrementar la producción primaria en cantidad y calidad; además se aprovecharía otra de las propiedades de este producto en el alimento (pasto), en el que actúa como promotor del crecimiento y atrapador de toxinas, debido a su gran capacidad de absorción permaneciendo más tiempo en la zona intestinal.

Cabe indicar que este trabajo es parte de los estudios que viene ejecutando el Proyecto: “RECUPERACION DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS PARAMOS DE CHIMBORAZO Y TUNGURAHUA A PARTIR DE LA EXPERIENCIA GENERADA POR EL P.BID. 016, ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS ALTOANDINAS” con el auspicio de la ESPOCH, validando el comportamiento de especies promisorias bajo diversas condiciones ecológicas.

Por lo expuesto anteriormente se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de la Bentonita cálcica como enmienda del suelo en el valor forrajero del pasto avena.
- Evaluar el efecto de diferentes dosis de Bentonita (0,5 – 1,0 – 1,5 – y 2Tn/ha) en la producción primaria del *Arrhenatherumelatius*
- Determinar la adaptación y persistencia del Pasto Avena en la zona de Llangahua
- Establecer el mejor tratamiento mediante el análisis beneficio/costo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. LA BENTONITA.

La bentonita es una es una roca compuesta por más de un tipo de minerales, aunque son las esmécticas sus constituyentes esenciales y las que le confieren sus propiedades características.

Su definición parte de 1888 en que fueron descubiertas y clasificadas como tales en Fort-Benton, Wyoming, U.S.A., a causa de una bentonita que poseía propiedades muy especiales, particularmente la de hincharse en el agua, dando una masa voluminosa y gelatinosa.

Las bentonitas son también llamadas "arcillas activadas" debido a su afinidad en ciertas reacciones químicas causada por su excesiva carga negativa.

Los productos comerciales de bentonitas se clasifican en términos generales como:

- Montmorillonitas: Arcillas esmécticas con una estructura de capas. El ión aluminio predomina en la estructura pero puede ser reemplazado por otro ión metálico formando una gran variedad de minerales.
- Bentonita: Describe generalmente una arcilla compuesta esencialmente de Montmorillonita.
- Bentonita sódica: Es una montmorillonita que se encuentra en forma natural y que contiene un alto nivel de iones de sodio. Se hincha al mezclarse con el agua. También se conoce como "Wyoming Bentonita" o "Western Bentonita".
- Bentonita cálcica: Es una montmorillonita en la que el catión intercambiable predominante es el calcio. No exhibe la capacidad de hinchamiento de la bentonita sódica, pero tiene propiedades absorbentes. También es llamada "Southern, Texas o Mississippi Bentonita".

La denominación Tierras de Fullertiene que ver con el procesado de aceites. Bajo la denominación de Tierras de Fuller se ofrecen arcillas de composición mineralógica diversa. Lo más habitual es que estén compuestas por esmectitas cálcicas o paligorskita, menos frecuentemente por sepiolita. Sin embargo, también se han comercializado Tierras de Fuller con ópalo como constituyente más abundante, acompañado de montmorillonita, e incluso con halloysita y caolinita como otros minerales de la arcilla.<http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bentonitas-7708.htm>

## **B. USOS DE LA BENTONITA**

Según, Doval, M. (2010), son muy numerosos los usos industriales de las bentonitas, tanto que resulta difícil enumerarlos todos. Los más importantes son:

### **1. Arenas de moldeo**

A pesar de que la industria ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas y ha ido sustituyendo a las bentonitas por otros productos en la fabricación de moldes para fundición, éste sigue siendo su uso principal.

Las arenas de moldeo están compuestas por arena y arcilla, generalmente bentonita, que proporciona cohesión y plasticidad a la mezcla, facilitando su moldeo y dándole resistencia suficiente para mantener la forma adquirida después de retirar el moldeo y mientras se vierte el material fundido.

La proporción de las bentonitas en la mezcla varía entre el 5 y el 10 %, pudiendo ser ésta tanto sódica como cálcica, según el uso a que se destine el molde. La bentonita sódica se usa en fundiciones de mayor temperatura que la cálcica por ser más estable a altas temperaturas, suelen utilizarse en fundición de acero, hierro dúctil y maleable y en menor medida en la gama de los metales no férreos. Por otro lado la bentonita cálcica facilita la producción de moldes con más complicados detalles y se utiliza, principalmente, en fundición de metales no férreos.

El aumento de los costes de las materias primas está forzando a las fundiciones a recuperar las mayores cantidades posibles de mezclas de arenas para ser usadas de nuevo, si bien generalmente esto no afecta de forma sensible al consumo de bentonita. El reciclado, en la mayoría de los casos, no es posible, pues la mezcla alcanza temperaturas superiores a los 650°C, y a esas temperaturas la arcilla pierde parte de su agua de constitución, proceso que es irreversible, y pierde con ello sus propiedades, no pudiendo ser recuperada.

## **2. Lodos de perforación**

A pesar de los importantes cambios que van sufriendo con el tiempo las formulaciones de los lodos de perforación, (comenzó a utilizarse a principios del siglo XX) este sigue siendo uno de los mercados más importantes de las bentonitas.

Las funciones que debe cumplir el lodo son:

- Extracción del ripio y limpieza del fondo del pozo
- Enfriamiento de la herramienta de perforación
- Control de presiones de formación y estabilización de las paredes
- Mantenimiento en suspensión del ripio
- Transmisión de potencia hidráulica al tricono
- Soportar parte del peso de la sarta de perforación
- Permitir la adición de agentes densificantes

## **3. Peletización**

La bentonita se ha venido usando desde los años 50 como agente aglutinante en la producción de pelets del material previamente pulverizado durante las tareas de separación y concentración. La proporción de bentonita añadida es del 0,5%, en la mayor parte de los casos.

Aunque no existen especificaciones estandarizadas para este uso, se emplean bentonitas sódicas, naturales o activadas, puesto que son las únicas que forman

buenos pelets con las resistencias en verde y en seco requeridas, así como una resistencia mecánica elevada tras la calcinación.

#### **4. Absorbentes**

La elevada superficie específica de la bentonita, le confiere una gran capacidad tanto de absorción como de adsorción. Debido a esto se emplea en decoloración y clarificación de aceites, vinos, sidras, cervezas, etc. Tienen gran importancia en los procesos industriales de purificación de aguas que contengan diferentes tipos de aceites industriales y contaminantes orgánicos.

Se utiliza además como soporte de productos químicos, como por ejemplo herbicidas, pesticidas e insecticidas, posibilitando una distribución homogénea del producto tóxico.

En los últimos años, además, están compitiendo con otras arcillas absorbentes (sepiolita y paligorskita) como materia prima para la fabricación de lechos de animales. La demanda de bentonitas para este uso varía sustancialmente de unos países a otros, así en Estados Unidos comenzaron a utilizarse a finales de los años 80, sin embargo en Europa el mercado es más complejo y su demanda mucho menor.

#### **5. Material de Sellado**

La creciente importancia que está tomado en los últimos años, por parte de los gobiernos de toda Europa, la legislación en lo referente a medio ambiente, ha favorecido la apertura y desarrollo de todo un mercado orientado hacia el uso de bentonitas como material de sellado en depósitos de residuos tanto tóxicos y peligrosos, como radiactivos de baja y media actividad.

Durante muchos años las bentonitas se han venido utilizando en mezclas de suelos en torno a los vertederos, con el fin de disminuir la permeabilidad de los mismos. De esta forma se impide el escape de gases o lixiviados generados en el depósito. Esta mezcla se podía realizar in situ o sacando el suelo de su

emplazamiento, mezclándolo con la bentonita y volviéndolo a colocar en su sitio, la ventaja de la primera alternativa es que supone un gasto menor pero, sin embargo, implica una mezcla menos homogénea. La segunda alternativa, sin embargo, es más cara pero asegura una mejor homogeneización de la mezcla bentonita-suelo. Por otro lado, esto disminuye la cantidad de bentonita necesaria (5-6 %), frente a 7-8 % para la utilizada en mezclas in situ.

Más recientemente ha surgido una nueva tendencia en el diseño de barreras de impermeabilización que se basa en la fabricación de complejos bentonitas-geosintéticos (geomembranas y geotextiles). Consiste en la colocación de una barrera de arcilla compactada entre dos capas, una de geotextil y otra de geomembrana (plásticos manufacturados, como polietileno de alta densidad o polipropileno, entre otros).

La geomembrana es impermeable, mientras que el geotextil es permeable, de modo que permite a la bentonita hinchar, produciendo la barrera de sellado compactada. La normativa varía de un país a otro en cuanto a los valores que tienen que cumplir las arcillas compactadas para dicho fin.

Esta utilidad de las bentonitas como material de sellado se basa fundamentalmente en algunas de sus propiedades características, como son: su elevada superficie específica, gran capacidad de hinchamiento, buena plasticidad y lubricidad, alta impermeabilidad, baja compresibilidad. Las bentonitas más utilizadas para este fin son las sódicas, por tener mayor capacidad de hinchamiento.

Así mismo, se utilizan bentonitas sódicas como material impermeabilizante y contenedor en los siguientes campos:

- Como contenedores de aguas frescas: Estanques y lagos ornamentales, campos de golf, canales.
- Como contenedores de aguas residuales: Efluentes industriales (balsas).
- En suelos contaminados: Cubiertas, barreras verticales.
- En el sellado de pozos de aguas subterráneas contaminadas.

- En depósitos de residuos radiactivos: Repositorios subterráneos, sellado de fracturas en granitos, etc.

## 6. Ingeniería Civil

Las bentonitas se empezaron a utilizar para este fin en Europa en los años 50, y se desarrolló más tarde en Estados Unidos. Se utiliza para cementar fisuras y grietas de rocas, absorbiendo la humedad para impedir que esta produzca derrumbamiento de túneles o excavaciones, para impermeabilizar trincheras, estabilización de charcas, etc.

Para que puedan ser utilizadas han de estar dotadas de un marcado carácter tixotrópico, viscosidad, alta capacidad de hinchamiento y buena dispersabilidad. Las bentonitas sódicas o cálcicas activadas son las que presentan las mejores propiedades para este uso.

Los usos en este campo se pueden resumir en:

- Creación de membranas impermeables en torno a barreras en el suelo, o como soporte de excavaciones.
- Prevención de hundimientos. En las obras, se puede evitar el desplome de paredes lubricándolas con lechadas de bentonita.
- Protección de tuberías: como lubricante y rellenando grietas.
- En cementos: aumenta su capacidad de ser trabajado y su plasticidad.
- En túneles: Ayuda a la estabilización y soporte en la construcción de túneles. Actúa como lubricante (un 3-5 % de lodo de bentonita sódica mantenida a determinada presión soporta el frente del túnel). También es posible el transporte de los materiales excavados en el seno de fluidos benoníticos por arrastre.
- En tomas de tierra: Proporciona seguridad en el caso de rotura de cables enterrados.
- Transporte de sólidos en suspensión.

## 7. Alimentación animal

Una aplicación de las bentonitas que está cobrando importancia en los últimos tiempos es su utilización como ligante en la fabricación de alimentos pelletizados para animales. Se emplea en la alimentación de pollos, cerdos, pavos, cabras, corderos, y ganado vacuno, fundamentalmente. Actúa como ligante y sirve de soporte de vitaminas, sales minerales, antibióticos y de otros aditivos.

En 1992 se empezó a fabricar con bentonitas un innovador producto comestible denominado "RepotentiatedBentonite (RB)". Según estudios del "PoultryResearchInstitute" el aporte de pequeñas cantidades de bentonitas (1 %) a la alimentación de aves de corral reporta importantes beneficios: se incrementa la producción de huevos en un 15 %, su tamaño en un 10 % y la cáscara se hace más dura.

La bentonita tiene una doble misión: actúa como promotor del crecimiento y como atrapador de toxinas. Esto se debe a que el alimento mezclado con bentonita, debido a su gran capacidad de adsorción, permanece más tiempo en la zona intestinal, la arcilla adsorbe el exceso de agua, y hace que los nutrientes permanezcan más tiempo en el estómago, siendo mayor su rendimiento (mayor producción). Por otro lado adsorben toxinas, no pudiendo éstas, por tanto, atravesar las paredes intestinales. La mayor adsorción de agua de los nutrientes, además, hace que los excrementos sean menos húmedos, así los lechos permanecen más tiempo limpios y se reduce la probabilidad de epidemias y la proliferación de moscas y parásitos. Las aves que comen este tipo de alimentos excretan un 26 % más de toxinas y adsorben un 42 % más de proteínas.

La Bentonita tiene aplicaciones en la preparación de alimentos concentrados para animales, como adsorbente de toxinas, como aglutinante en los procesos de peletización o formación de gránulos y como aditivo nutricional. Su aplicación como ligante en la fabricación de alimentos peletizados para animales se emplea ampliamente en la alimentación de pollos, cerdos, pavos, cabras, corderos, y ganado vacuno. Actúa como ligante y sirve de soporte de vitaminas, sales minerales, antibióticos y de otros aditivos.

Recientemente se empezó a incorporar a la alimentación de aves de corral reportándose importantes beneficios como el incremento de la producción de huevos, su tamaño y el endurecimiento de su cáscara.

Es un agente natural adsorbente de toxinas especialmente de aflatoxina. Actúa por aspersión sobre los granos de cereales, oleaginosas y sus subproductos, impidiendo la proliferación de hongos causados por la humedad y la temperatura y, eliminando las toxinas, para lo cual utiliza su alto poder astringente, su gran capacidad de adherencia y su condición fungicida.

Al ponerse en contacto con el agua y los jugos digestivos, ejerce una acción destoxicadora en el tracto intestinal del animal, formando un complejo insoluble y estable entre las micotoxinas y la bentonita que al no ser asimilable se elimina con las heces.

Como aglutinante, no transmite sabor ni olor a los alimentos y ofrece un excelente comportamiento en la fabricación de pelets o gránulos actuando como lubricante y aumentando la dureza.

Como aditivo nutricional favorece la interacción con proteínas, péptidos y aminoácidos a través de enlaces débiles, mejorando los rendimientos zootécnicos. Además se comporta como vehículo para el suministro de vitaminas, minerales, antibióticos y otros suplementos alimenticios.

En agricultura: para mejorar las propiedades de suelos arenosos o ácidos. Contra los parásitos actúa como un repulsivo y no como un insecticida la acción es mecánica, la arcilla pulverizada crea una barrera mineral en la superficie del vegetal entorpeciendo bien que el parásito se detenga sobre la sp y no se coma o ponga huevos.

Incluye formulaciones de fertilizantes, polvos de gránulos, pesticidas, acondicionadores sólidos, coberturas de semillas, adhesamiento de césped.

Bentonita en espolvoreo, sola o mezclada con silicato de sosa, se utiliza para aumentar la resistencia general de la planta.

### **C. TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS BENTONITAS.**

Kendall, T. (2008), manifiesta que en ocasiones se procede a someter a las bentonitas a procesos físicos y químicos que tienen por objeto potenciar algunas de sus propiedades para determinadas aplicaciones industriales. Desde el punto de vista industrial tienen gran importancia los procesos destinados bien a modificar las propiedades de superficie del mineral mediante tratamientos de distinta naturaleza (tratamiento ácido, térmico, o de pilarización) o bien a modificar el quimismo del espacio interlaminar. El tratamiento ácido produce la destrucción del mineral por disolución de la capa octaédrica, generando sílice amorfa procedente de la capa tetraédrica lo cual conlleva un considerable incremento de la superficie específica. Así mismo, aumentan la capacidad de intercambio iónico y la actividad catalítica. Las variaciones en el tipo de arcilla (granulometría y mineralogía) y en el tipo y grado de acidulación (tipo de ácido, temperatura, tiempo de contacto, proporción de arcilla, etc.) darán lugar a diferentes productos con diversas propiedades.

Igualmente, se puede efectuar una activación sódica, sobre bentonitas cálcicas, tratándolas con carbonato cálcico, para obtener bentonitas sódicas.

Norteamérica, Europa y Japón son los principales productores de bentonitas activadas.

Si los cationes de cambio inorgánicos de una esmectita son sustituidos por cationes orgánicos de cadena larga tipo compuestos tetraamonio o alquilamina, a esta arcilla se la denomina arcilla organofílica. Las arcillas naturales son organofóbicas; sin embargo, cuando son modificadas orgánicamente presentan afinidad por las moléculas orgánicas; por ello tienen importantes aplicaciones como adsorbentes de residuos orgánicos. Además son hidrofóbicas, adecuadas para su empleo en la fabricación de pinturas, como gelificantes de líquidos orgánicos, en lubricantes, etc.

El uso de la hectorita como base para las arcillas organofílicas está muy extendido, ya que esta esmectita da un producto de alto poder gelificante en sistemas altamente polarizados.

En 1970 comenzó a funcionar por primera vez en Houston (Texas) una planta de fabricación de montmorillonita sintética. Se trata, en realidad, de un interestratificado al azar illita/montmorillonita. El material se vende para catálisis en cracking, hidrogenación/deshidrogenación, y como componente en catalizadores hidrotratantes. Posee un área superficial de 110-160 m<sup>2</sup>/g, y una capacidad de cambio entre 150 y 160 meq/g.

También se fabrica hectorita sintética en el Reino Unido, que se comercializa con el nombre de Laponita. Es, evidentemente, más pura que el material natural y se destina a los mismos usos que la bentonita sintética.

## **D. PASTO AVENA**

### **1. Origen**

[\(http://www.wikipedia.Arrhenatherum.com\)](http://www.wikipedia.Arrhenatherum.com).(2012), sostiene que el pasto avena es originario de Europa, se desconoce cuándo fue introducido al Ecuador. En la actualidad se lo encuentra como una planta naturalizada en algunas zonas andinas y alto andinas de nuestro país. Es una especie perenne, que en condiciones favorables es de larga vida, es una planta que crece en matas, produce abundante follaje tierno y muy apetecido por el ganado. La planta alcanza una altura de 100 a 120 cm. Florece formando panojas que recuerdan las de la avena. El nombre genérico procede del griego Arrhen, macho y Ather, arista, aludiendo al hecho de que la flor inferior de la espiguilla, que es masculina, lleva una larga arista.

### **2. Características generales**

Según [\(http://www.institutocolombianoagropecuario.com\)](http://www.institutocolombianoagropecuario.com).(2012), el pasto avena es una planta perenne, posee un hábito de crecimiento en matorros, con numerosos tallos hasta de 1,5 m de altura, sus hojas exfoliadas, y provistas de una inflorescencia abierta o compacta semejante a una panícula de 15 a 30 cm, de longitud muy parecida a la Avena sativa, pero de semillas más pequeñas. Es una

gramínea utilizada para heno, no resiste el pisoteo ni el pastoreo continuo, se mezcla bien con la alfalfa y el trébol rojo puede cortarse a intervalos de tres meses, pero la producción es bastante baja. Las características que se deben tomar en cuenta de este pasto son:

- En la siembra al voleo se utiliza de 35 a 45 kg/ha.
- En surcos 10 a 20 kg/ha de semilla viable
- Mezclas de 9 a 13 kg/ha.
- Número de semillas por kg: 330000.

Según [http://www.wikipedia.pastosyforrajes.com.\(2012\)](http://www.wikipedia.pastosyforrajes.com.(2012)), el pasto *Arrhenatherum elatius*, comúnmente llamado pasto avena, es una planta perenne muy común, posee raíces amarillentas y unos lustrosos tallos de hojas lisas y liguladas que llegan a tener 1,5 m de altura, las inflorescencias crecen en un panículo con 2 espiguillas florales bisexuadas. Es una especie propia de climas más templados, resistentes al frío. En nuestro país se desarrolla en buenas condiciones en la zona de las praderas Interandinas: 2500 a 3000 msnm, se lo puede asociar con los Raigrass y pasto azul, entre las gramíneas y con los tréboles blanco y rojo, entre las leguminosas. En el pasto *Arrhenatherum elatius* las aristas suelen ser más cortas que en *Arrhenatherum album* y su punto de inserción más alto en ambas flores. La variabilidad de ambos caracteres tanto en la flor inferior como en la superior se solapan ampliamente entre ambas especies, sin embargo el punto de inserción de la arista de la flor inferior queda siempre por debajo de la base de la flor superior en el material que se identifica con *A. album*, y por encima en *A. elatius*. Este último constituye el principal criterio taxonómico seguido para la separación de ambas especies.

### **3. Clasificación taxonómica**

Según [http://wwwes.wikipedia.org.\(2012\)](http://wwwes.wikipedia.org.(2012)), el pasto avena, pertenece a la siguiente clasificación:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Liliopsida*
- Orden: *Poales*
- Familia: *Poaceae*
- Género: *Arrhenatherum*
- Especies: *Arrhenatherumelatius*

#### **4. Morfología del pasto *Arrhenatherumelatius***

De acuerdo a [\(http://www.technidea.com.ar.\(2012\)\)](http://www.technidea.com.ar), la anatomía foliar de este pasto describe la presencia de un contorno generalmente convoluto. Relación anchura espesor c. 25. Haz liso o ligeramente ondulada, con grupos regulares de 3 a 5 células buliformes bien desarrolladas en el centro de las regiones internervales. Envés liso. Esclerénquima formando trabéculas completas o incompletas en la mayor parte de los nervios, y estomas de 43 a 53 p m Epidermis del envés con escasa diferenciación en regiones, con aguijones pequeños por toda la superficie, más abundantes sobre los nervios, y estomas presentes en las regiones internervales presenta limbos de las hojas inferiores 5-20 cm x 1-5mm. Panícula 5-15 cm, con 10-60, espiguillas. Cariópside 3-4 x 0,8-1,2 mm. El pasto *Arrhenatherumelatius*, presenta la siguiente morfología:

- Prefoliación convolutada cilíndrica,
- Lámina foliar con o sin aurículas, macollos intra y extravaginales,
- Vainas abiertas en todas las hojas de la planta o bien cerradas en su parte inferior en las primeras hojas y abierta en las adultas.
- Lígulas membranosas mayores a 1,5 mm de largo.
- Plantas perennes: las heridas de las bases de las vainas no se tiñen de rojo violáceo.
- Lígulas de 2 a 4 mm de largo, truncadas y de bordes escabrosos.
- Inflorescencia en panoja, espiguillas bifloras: el antecio inferior masculino y el superior hermafrodita, glumas desiguales, la superior mayor que la mitad del antecio siguiente, lemmas con arista dorsal.

## **5. Floración**

Samaniego, E. (1992), manifiesta que la etapa de floración alcanza entre los 35 a 45 días y la post-floración cuando han transcurrido de 60 a 70 días de haber sido cortado.

## **6. Altura de la planta**

La altura es una expresión de distribución de la masa en el espacio y pudiendo llenar varios requisitos antes de que pueda ser considerada como forraje, lo más importante son: la aceptabilidad, disponibilidad, y si provee o no nutrientes, alcanzando sus plantas 1.5 m de altura. La altura de la planta y el área foliar son expresiones de distribuciones de la masa en el espacio y determina la disponibilidad de forraje además que demuestra ser un buen indicativo del vigor de la planta, (Samaniego, E. 1992).

Huebla, V. (2001), reporta que con la utilización de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo, en la producción de semilla de pastos alto andinos, encontró que el comportamiento productivo del *Arrhenatherum elatius* alcanzó alturas de planta en la prefloración de 31.38 a 37.54 cm, en floración fueron de 45.91 a 52.26cm y en postfloración de 83.15 a 87.66 cm.

## **7. Manejo**

Benítez, A. (2008), reporta que el manejo que se debe realizar al pasto avena está concentrado en los siguientes aspectos:

- Tipo de suelo: el pasto avena requiere de suelos francos y bien drenados, pero con suficiente humedad y bien preparados mullidos y firmes.
- El crecimiento óptimo se da en suelos secos, es una planta sensible a la humedad; desaparece en épocas invernales. Se adaptan bien en tierras ricas en nutrientes, no tolera la acidez, no es muy exigente para la textura del suelo, pero lo óptimo es un suelo areno - arcilloso.

- Temperatura; se debe preocupar por las temperaturas mínimas, ya que el pasto avena de hecho, puede soportar una temperatura de algunos grados bajo cero. Cuando las temperaturas mínimas sean muy bajas, podemos proteger los arbustos más sensibles, cubriendo las raíces con hojas secas o paja.
- Riego: se debe evitar regar el pasto excesivamente, dejando siempre que entre una regadura y otra, el terreno quede seco al menos por un par de semanas, entonces intervenimos regando el suelo en profundidad cada 2-3 semanas.
- Fertilización: que para obtener un desarrollo lozano, hay que abonar periódicamente nuestros pastos; utilizando un abono lleno de azufre y potasio que favorecerá el desarrollo de la nueva vegetación y de las flores. Podemos intervenir a fines del invierno, mezclando al terreno alrededor de la planta una buena dosis de abono orgánico o dequímico de lenta liberación. Durante la primavera también es posible intervenir esporádicamente con abonos líquidos o en polvo, y añadir el agua de riego cada 20-25 días.

## **8. Producción de forraje**

Palacios, R. (1994), obtuvo una producción de forraje verde de 28,09 y 35,81 Tn/ha./corte, al primero y segundo corte del pasto avena con empleó diferentes niveles de abono orgánico (0, 2, 4 y 6 %) y tres intervalos de riego (cada 7, 14 y 21 días), determinando además un contenido de materia seca de 38,33 % al segundo corte.

Carambula, M. (2007), indica que se obtienen rendimientos de 15Tn/ha/corte, de forraje verde y que la producción de semilla es de 300 kg/ha. La producción total o estacional de una especie forrajera depende de dos factores que normalmente tienen efectos opuestos, el número de pastoreos o cortes y el rendimiento de cada uno de ellos. Ahora bien la producción de forraje depende de la contribución que hagan tanto la población de macollos o tallos, la producción de forraje puede varía en cada especie en las diferentes épocas del año aunque durante el desarrollo reproductivo el peso por macollo es siempre el componente de mayor

importancia.

Huss, D. (2001), indica que el forraje se define como cualquier parte comestible no dañada de la planta o parte de una planta que tiene un valor nutritivo e indispensable para los animales en pastoreo. Pudiendo llenar varios requisitos antes de que pueda ser considerada como forraje, lo más importante son: la aceptabilidad, la disponibilidad, y su valor nutritivo.

Poaquiza, N. (2007), manifiesta que la utilización de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo se obtuvo una producción de forraje verde y materia seca en el estado de prefloración de 23.4 y 6.04 Tn/ha/corte en su orden.

### **9. Producción de semilla**

Benítez, A. (2008), establece que la mejor época para la cosecha es cuando al hacer rodar la inflorescencia entre los dedos, las semillas se desprenden, pudiéndose tener un rendimiento de 300 kg, por hectárea de semilla.

Riveros, A. (2008), señala que el pasto avena produce muy poca cantidad de semilla y de baja calidad, por cuanto esta cae al suelo tan pronto como madura presentando dificultad para su recolección total, debido a la desigualdad en la maduración y a la facilidad con que se desgrana.

Samaniego, E. (1992), encontró que el rendimiento de semilla en el primer corte es muy bajo, reportando una producción de semilla mínima de 97.56 kg/ha/corte, cuando utilizó fertilizante inorgánico 0-0-0 y un máximo de 183.55 kg/ha, con niveles de 100-30-0 al primer corte, mientras que para el segundo corte determinó una producción promedio de 334.73 kg/ha.

Palacios, R. (1994), al emplear diferentes niveles de abono orgánico y tres intervalos de riego alcanzó una producción de semilla 123,99 y 297,68 kg/ha/corte al primer y segundo corte del pasto avena.

Parra, R. (1993), al evaluar el efecto del abono foliar fosfatado aplicado al suelo

en el pasto avena, encontró una producción de semilla promedio de 150 kg/ha, indicando que con el uso del fertilizante 16-32-16 en la dosis de 2 kg/ha, utilizado a los 25 días después del corte obtuvo la mayor producción con un valor de 225 kg/ha, mientras que cuando empleó este mismo fertilizante en dosis de 3kg/ha, a los 15 días esta producción se redujo a 112.5 kg/ha, recomendando la utilización del fertilizante 16-32-16 en dosis bajas a partir de los 25 días después del corte.

#### **10. Porcentaje de germinación**

Palacios, R. (1994), obtuvo 66,81 y 66,24 % de germinación al primer y segundo corte del pasto avena con diferentes niveles de abono orgánico y tres intervalos de riego.

#### **11. Cobertura basal**

Samaniego, E. (1992), define a la cobertura basal como el espacio ocupado por la planta en una superficie de suelo cubierta, por la corona de la planta. Por otro lado reporta que el pasto avena presenta una cobertura basal de 37.21% en la etapa de prefloración, en la floración 53.56% y en la post-floración de 79.97%.

#### **12. Composición química de los forrajes**

Según Benítez, A. (2008), el nitrógeno de la proteína de las plantas procede del nitrógeno del suelo y del nitrógeno fijado en los nódulos de las leguminosas, los forrajes pueden contener de un 3 y 25% de proteína bruta. El contenido de lignina es de un 3 a 20% y se ha comprobado que el contenido de lignina está relacionado con una digestibilidad baja de los principios nutritivos de los alimentos.

Las gramíneas forrajeras tiernas suelen tener bajo contenido de celulosa y la lignina y además son apetecidas por el ganado. La regulación del pH del suelo por medio del encalado, puede aumentar o reducir la solubilidad del fósforo del suelo y la absorción del mismo por las plantas. Cuando el suelo es deficiente en

fósforo se retarda el crecimiento.

Benítez, A. (2008). En cuanto a la composición química del pasto avena el mismo se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO AVENA.

ELEMENTO	POR CADA 100 G.
Agua	11,5 g.
Proteínas	11 g.
Grasas	6,0g
Carbohidratos	54,8 g.
Fibra	1,7 g.
Cenizas	15,0 g.
Calcio	5,5 mg.
Fósforo	320 mg.
Hierro	8,0 mg.
Tiamina	0,46 mg.
Riboflavina	0,11 mg.
Niacina	1,20 mg

Fuente: <http://www.promer.org>.(2012).

### **13. Adaptación del *Arrhenatherum elatius***

<http://es.wikipediarrhenatherum.com>.(2012), indica que se adapta a una gran variedad de suelos, aunque sus mejores producciones se obtienen en suelos francos con un pH de 5 a 7.5 la altitud recomendada para su establecimiento oscila entre los 2200 a 3800 msnm con temperaturas promedio de 8 a 14°C y una humedad relativa del 40 al 60%. El pasto avena son gramíneas poco adaptadas a suelos con problemas de anegamiento o que presenten una textura pesada, presentando de igual forma problemas de adaptación si el pH del suelo es muy ácido o presenta niveles moderados a altos de aluminio. El enraizamiento es moderadamente profundo con buena tolerancia a sequías, en suelos profundos

en donde la producción de forraje es de buena calidad y palatabilidad.

#### **14. Fertilización**

<http://www.arsgrin.gov.com>.(2012), sostiene que es una planta que prospera en suelos profundos, de drenaje moderado, ligeramente ácidos y con valores elevados para materia orgánica, nitrógeno mineral y fósforo aprovechable, entre otros nutrientes, es una especie que progresa en sitios de alta fertilidad y alto potencial productivo y no es una especie con alta plasticidad para la adaptación a un amplio rango de sitios, desarrollándose en sitios bien definidos: profundos, de textura media, con buen drenaje y con adecuados niveles de fertilidad. Esta especie no es exigente a la fertilización, no obstante se ha determinado su mejor respuesta para producción de forraje aplicándose niveles desde 100-60-100 kg/ha N-P-K y para producción de semilla 100-60-60 kg/ha N-P-K.

Por otro lado los resultados más altos de germinación, pureza e índice de cosecha se obtiene aplicando fertilizante foliar 10-40-10 en dosis de 2 kg por ha, a los 15 días, por lo que se recomienda realizar fertilizaciones con este tipo de abono cuando se destina este pasto exclusivamente a la producción de semillas. En la producción de forraje se reporta valores de 8 a 12Tn/FV/ha/corte.

#### **15. Propagación**

Andrade, W. (1993), indica que el *Arrhenatherum elatius* debe sembrarse en terrenos fértiles y firmes utilizándose en cultivos puros de 20 a 30 Kg/ha de semilla; lo más aconsejable es sembrar en asociación con otras gramíneas y leguminosas en una proporción de 2.5 a 3 Kg/ha. Los *Arrhenatherum* se propagan de una manera sexual y asexual en sistemas al voleo sin asociación se requiere de 35 a 45 kg/ha de semilla en mezclas que pueden ser con pasto azul o tréboles se utiliza de 9 a 13 kg/ha.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en la comunidad de Llangahua, Sector El Salado, ubicada en la Parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, con un tiempo de duración de 120 días, los mismos que fueron distribuidos conforme a la necesidades de tiempo para cada actividad, siendo estas las siguientes: corte de igualación del pasto establecido, resiembra, aplicación de la bentonita, toma de datos, análisis bromatológico y toma de muestras de suelo para un análisis final. Las condiciones meteorológicas de la zona de estudio se detallan a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA COMUNIDAD DE LLANGAHUA.

Parámetro	Valor
Temperatura	2-10° C
Precipitación	736 mm
Humedad relativa	71 %

Fuente: Datos proporcionados por el Proyecto "Innovación participativa de los sistemas productivos de pequeña escala en la microcuenca del río Chimborazo" 2013.

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

- 

Para la realización de esta investigación se constituyeron 20 parcelas, de pasto avena (*Arrhenatherum elatius*), cuyas dimensiones de las mismas fueron de 5 x 4m, dando una área de 20 m<sup>2</sup>, para la investigación se aplicó 4 tratamientos más un testigo, con cuatro repeticiones para cada tratamiento, con una área total del campo experimental de 400m<sup>2</sup>.

## **C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES**

### **1. Materiales**

- Material vegetativo
- Fundas de papel
- Flexómetro
- Cuadrante metálico
- Estacas
- Piola plástica
- Postes
- Alambre de púa
- Overol
- Esferos
- Libretas
- Letreros de identificación
- Cortadora
- Hoz
- Rastrillo
- Letreros de identificación

### **2. Equipos**

- Balanza de campo
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Memorias

### **3. Insumos**

- Bentonita

## D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se planteó la utilización de cuatro niveles de Bentonita (0.5-1.0-1.5-2.0 Tn/ha) frente a un tratamiento testigo. La distribución de los tratamientos se realizó mediante un experimento anidado en Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se evaluaron los tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable.

$\mu$  = Media general.

$B_j$  = Efecto de los bloques.

$T_i$  = Efecto de los niveles de bentonita

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

### 1. Esquema del experimento

El esquema del experimento aplicado a la investigación se describe a continuación en el cuadro 3:

Cuadro 3. ESQUEMA DE EXPERIMENTO.

Tratamientos	Código	T.U.E( $m^2$ )	Repeticiones.	Total U.E ( $m^2$ )
Testigo	T0	20	4	80
0,5 Tn/Ha Bentonita	T1	20	4	80
1,0 Tn/Ha Bentonita	T2	20	4	80
1,5 Tn/Ha Bentonita	T3	20	4	80
2,0 Tn/Ha Bentonita	T4	20	4	80
<b>TOTAL</b>				<b>400</b>

T.U.E =Tamaño de la unidad experimental.

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las mediciones que se tomaron en cuenta en la investigación fueron:

- Cobertura basal, cada 15 días (%).
- Cobertura aérea, cada 15 días (%).
- Producción de forraje verde y materia seca, en la prefloración (Tn/ha/corte).
- Persistencia
- Resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades
- Análisis de suelo.
- Análisis bromatológico en la prefloración
- Análisis económico beneficio-costos.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de la varianza (ADEVA)
- Separación de medias  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  de error mediante Tukey.
- Análisis de regresión y correlación.

## 1. Esquema del ADEVA

El esquema de análisis de varianza que se utilizó para el desarrollo de la presente investigación se detalla a continuación en el cuadro 4:

Cuadro 4. ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ADEVA).

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	19
Repeticiones	3
Tratamientos	4
Error experimental	12

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Inicialmente se determinó el área de pasto avena delimitando cada una de las parcelas,
- Se realizó un corte de igualación y las labores culturales necesarias.
- Para el desarrollo de la presente investigación se preparó 20 unidades experimentales de 5x4 m, cada una.
- Toma de muestras de suelo para su análisis.
- Corte de igualación, a una altura de 5 centímetros, para que el nuevo rebrote sea homogéneo en todas las parcelas, luego del corte de igualación se aplicó basalmente la bentonita en diferentes niveles.
- Durante el desarrollo vegetativo de la pradera, se tomaron las mediciones experimentales como el porcentaje de cobertura aérea y basal, después cuando se realizó el primer corte se midió la producción de forraje verde y materia seca.
- Las labores a realizarse en el cultivo fueron el control de malezas, y el riego.
- Al término de la investigación se tomó muestras de suelo para su análisis.
- Al finalizar el trabajo experimental se procedió a tabular los datos y analizar el mejor tratamiento.

## **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

### **1. Porcentaje de cobertura basal (%)**

Para determinar la cobertura basal se recurrió al método de la línea de Canfield, así se midió el área ocupada por la planta en el suelo, se sumó el total de las plantas presentes en el transepto y por relación se alcanzó el porcentaje de cobertura basal.

### **2. Porcentaje de cobertura aérea (%)**

- 

El procedimiento fue igual que para la determinación de la cobertura basal con la diferencia que la cinta se ubicó en relación a la parte media de la planta.

### **3. Producción de forraje verde y materia seca (Tn/ha)**

Se trabajó en función al peso, para lo cual se cortó una muestra representativa de cada parcela, mediante la utilización de un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, y se dejó para el rebrote a una altura de 5 cm, el peso a obtenerse se relacionó con el 100% de la parcela, y posteriormente se estimó la producción en Tn/ha. Se efectuó el cálculo de producción de forraje en materia seca Tn/MS/ha, cuando se midió la producción en forraje verde, se tomó una muestra del forraje y se llevó al laboratorio para la evaluación del contenido de materia seca.

### **4. Persistencia**

Se evaluó mediante la capacidad de adaptación, que tienen las plantas, a condiciones favorables o desfavorables, en el ensayo experimental, esta característica se determinó en base al fenotipo de la planta, calificándola en una escala de alta, media y baja.

## **5. Resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades**

Para determinar la resistencia a la sequía y tolerancia a las enfermedades, se conformó un cuadro con valores de baja, media y alta resistencia y/o tolerancia de acuerdo a las características óptimas que presente la pastura frente a los fenómenos anteriormente referidos.

## **6. Análisis del suelo inicial y final**

La muestra del suelo se tomó después de la investigación, de 10 a 15 cm de profundidad del suelo.

## **7. Análisis Bromatológico**

Para realizar los análisis bromatológicos, se tomaron muestras de los forrajes obtenidos de la especie *Arrhenatherum elatius*, y se enviaron al laboratorio de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, para la determinación del contenido de humedad, materia seca, proteína, grasa y cenizas. A través del método de AOAC/Gravimétrico y sus resultados los expresaron en porcentajes.

## **8. Análisis económico beneficio-costo**

Se determinó mediante el indicador económico Beneficio/Costo.

# **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

## **A. COMPORTAMIENTO AGROBOTÁNICO DEL *Arrhenatherum elatius*.**

### **1. Cobertura basal (%)**

La evaluación del análisis de varianza de la variable de cobertura basal del pasto *Arrhenatherum elatius*, a los 15 días, registró diferencias altamente significativas ( $<0,0001$ ), entre los tratamientos, por efecto de los distintos niveles de bentonita,

registrando como la mejor respuesta el tratamiento T4 (2 Tn/ha) con un porcentaje de cobertura basal de 45,10 %, respuestas medias se evidenciaron en los tratamientos T3, T2 y T1 reportando valores de 41.51, 37.93 y 34.34 %, respectivamente y en su orden difiriendo estadísticamente entre ellos, por último se reporta la menor respuesta obtenida en el grupo control (0 Tn/ha), con el 30.92 % de cobertura basal. cuadro 5, gráfico 1.

El análisis de regresión de la cobertura basal a los 15 días, registró una línea de tendencia lineal con un coeficiente de determinación del 94.98 % y una correlación alta de 0.97 (gráfico 2), cuya ecuación de regresión fue:

$$\text{Cobertura basal a los 15 días} = + 30,848 + 7,1077(\text{nb})$$

Las medias de la cobertura basal a los 30 días, en rango descendente fueron de 47.71, 44.15, 40.02, 36.04 y 33.62 % correspondiendo a los tratamientos de T4 (2 Tn/ha), T3 (1.5 Tn/ha), T2 (1 Tn/ha), T1 (0.5 Tn/ha) y T0 (0 Tn/ha), respectivamente. gráfico 3.

Resultados que son superiores a varios estudios realizados en el pasto avena, por cuanto Pasto, P. (2008), registró coberturas basales a los 15 días de 14.85 %, a los 30 días de 34.83 %, Jiménez, M (2010), al emplear líquidos foliares orgánicos enriquecidos con microelementos, obtuvo una cobertura basal a los 30 días de 30.39.

Cuadro 5. COMPORTAMIENTO AGROBOTÁNICO DEL PASTO AVENA (*ARRHENATHERUM ELATIUS*)BAJO EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), DE BENTONITA.

VARIABLE	NIVELES DE BENTONITA, Tn/ha.					EE	Prob
	0 Tn/ha	0,5 Tn/ha	1 Tn/ha	1,5 Tn/ha	2 Tn/ha		
	T0	T1	T2	T3	T4		
Cobertura basal (%)							
A los 15 días	30,92 e	34,34 d	37,93 c	41,51 b	45,10 a	0,54	0,0001
A los 30 días	33,62 e	36,34 d	40,02 c	44,15 b	47,71 a	0,57	0,0001
A los 45 días	36,54 e	39,00 d	42,90 c	47,74 b	51,61 a	0,38	0,0001
A los 60 días	41,28 e	44,68 d	46,55 c	51,71 b	56,47 a	0,37	0,0001
Cobertura aérea (%)							
A los 15 días	41,84 e	44,93 d	50,17 c	62,59 b	66,32 a	0,59	0,0001
A los 30 días	43,28 e	46,15 d	52,18 c	64,99 b	69,49 a	0,64	0,0001
A los 45 días	46,46 d	48,64 d	55,51 c	68,43 b	74,80 a	0,54	0,0001
A los 60 días	52,45 e	56,22 d	62,60 c	74,19 b	79,16 a	0,75	0,0001
P. forraje verde (Tn/ha/corte)	4,61 b	5,46 b	5,62 b	6,66 b	12,11 a	0,75	0,0001
P. materia seca (Tn/ha/corte)	1,17 b	1,39 b	1,55 b	1,55 b	2,92 a	0,70	0,0001

EE: Error estándar.

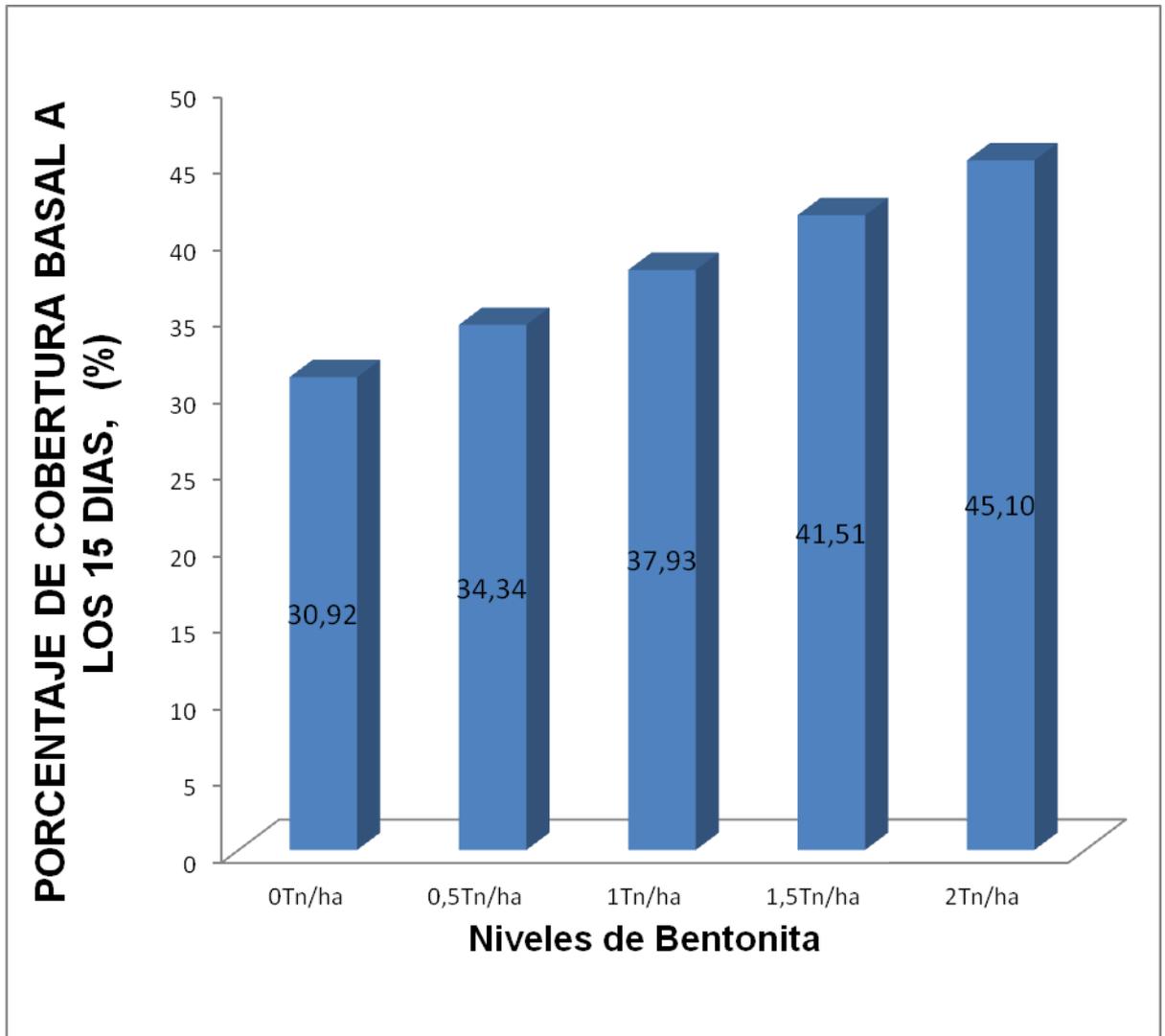


Gráfico 1. Comportamiento del porcentaje de cobertura basal a los 15 días del pasto *Arrhenatherum elatius* por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

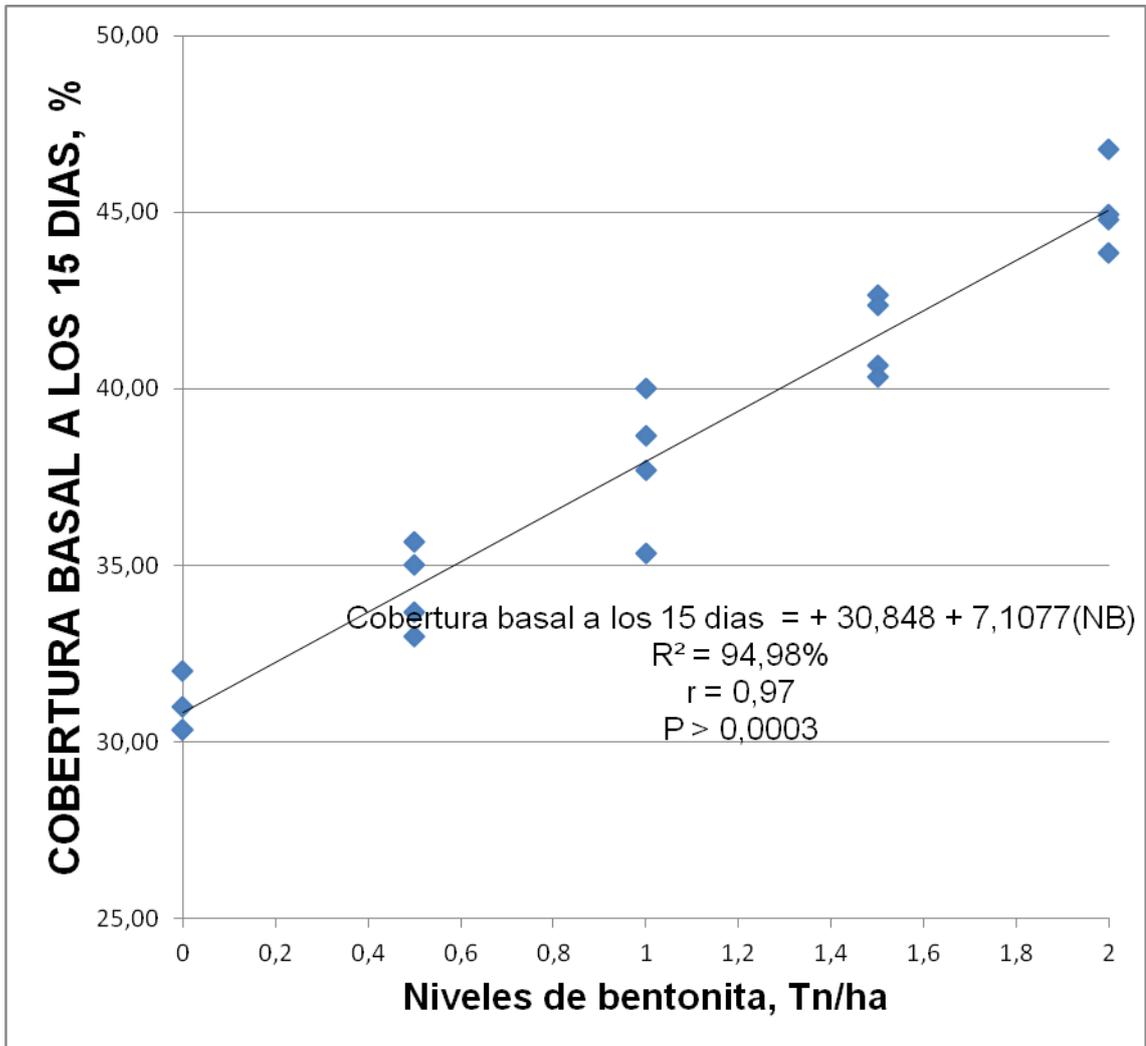


Gráfico 2. Regresión de la cobertura basal a los 15 días del pasto *Arrhenatherumelatius*, por efecto de la aplicación de diferente niveles de bentonita.

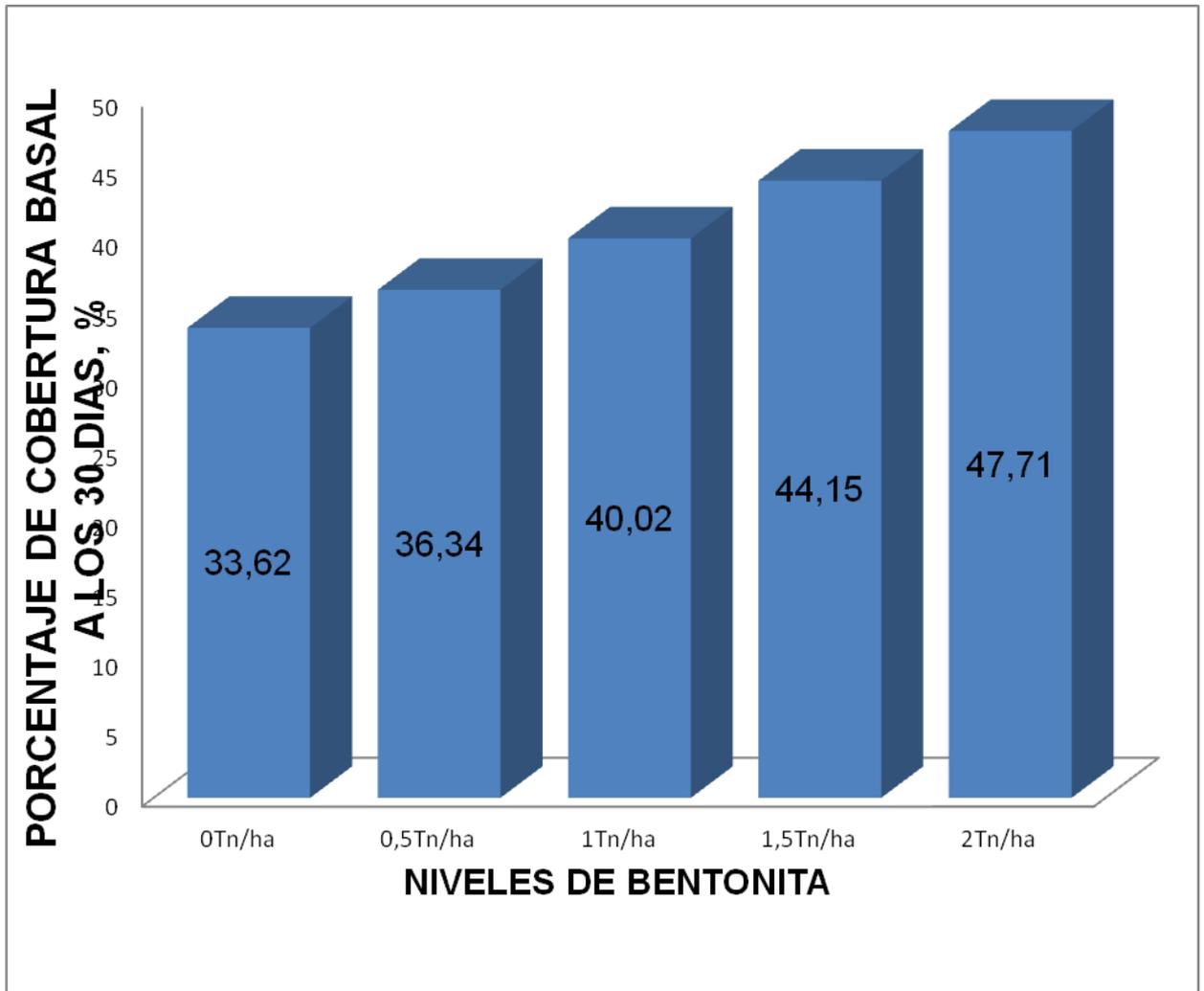


Gráfico 3. Comportamiento del porcentaje de cobertura basal a los 30 días del pasto *Arrhenatherum elatius* por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

% de cobertura basal.

De acuerdo a los valores determinados en el cuadro 5, gráfico 4, se puede determinar que en cuanto a la cobertura basal del *Arrhenatherum elatius* a los 45 días se registra diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), determinándose como mejores respuestas a los tratamientos T4 (2 Tn/ha) y T3 (1.5 Tn/ha) con 51.61 y 47.74 %, difiriendo estadísticamente entre ellos, en tanto que las menores respuestas presentaron los tratamientos de 1 Tn/ha (T2), 0.5 Tn/ha (T1) y 0 Tn/ha (T0) con 42.90, 39.00 y 36.54 en su orden respectivamente, difiriendo estadísticamente entre ellos.

A los 60 días la cobertura basal a más de presentar diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), registró un comportamiento similar que en las fases anteriores, es decir las respuestas más altas fueron reportadas en las parcelas del tratamiento T4 (2 Tn/ha), con medias de 56.47 %, seguida de las respuestas reportadas en las parcelas de los tratamientos T3, T2 y T1, con medias de 51.71 %, 46.55 % y 44.68%, respectivamente; en tanto que la cobertura basal más baja fue evidenciada en las plantas del grupo control con medias de 41.28 % valor que difiere estadísticamente con el resto de tratamientos, (gráfico 5). Lo que puede deberse según <http://www-biblio.inti.gov.ar/TRABinti/304599.pdf>, a que las bentonitas mejoran las propiedades de suelos arenosos o ácidos lo que a su vez a través de macro y micro elementos ayudan a los cultivos en el desarrollo, floración, engrose y producción.

Mediante el análisis de regresión existente entre la cobertura basal a los 60 días y los niveles de bentonita del pasto avena se evidenció una tendencia lineal altamente significativa ( $P < 0.001$ ), lo que indica que a medida que aumenta la cantidad de bentonita se incrementa la cobertura basal, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de 93.77 %, lo que se puede comprobar con la ilustración del gráfico 6 , y una correlación positiva altamente significativa ( $r = 0,96$ ), entre las variables evaluadas, la ecuación de regresión fue:

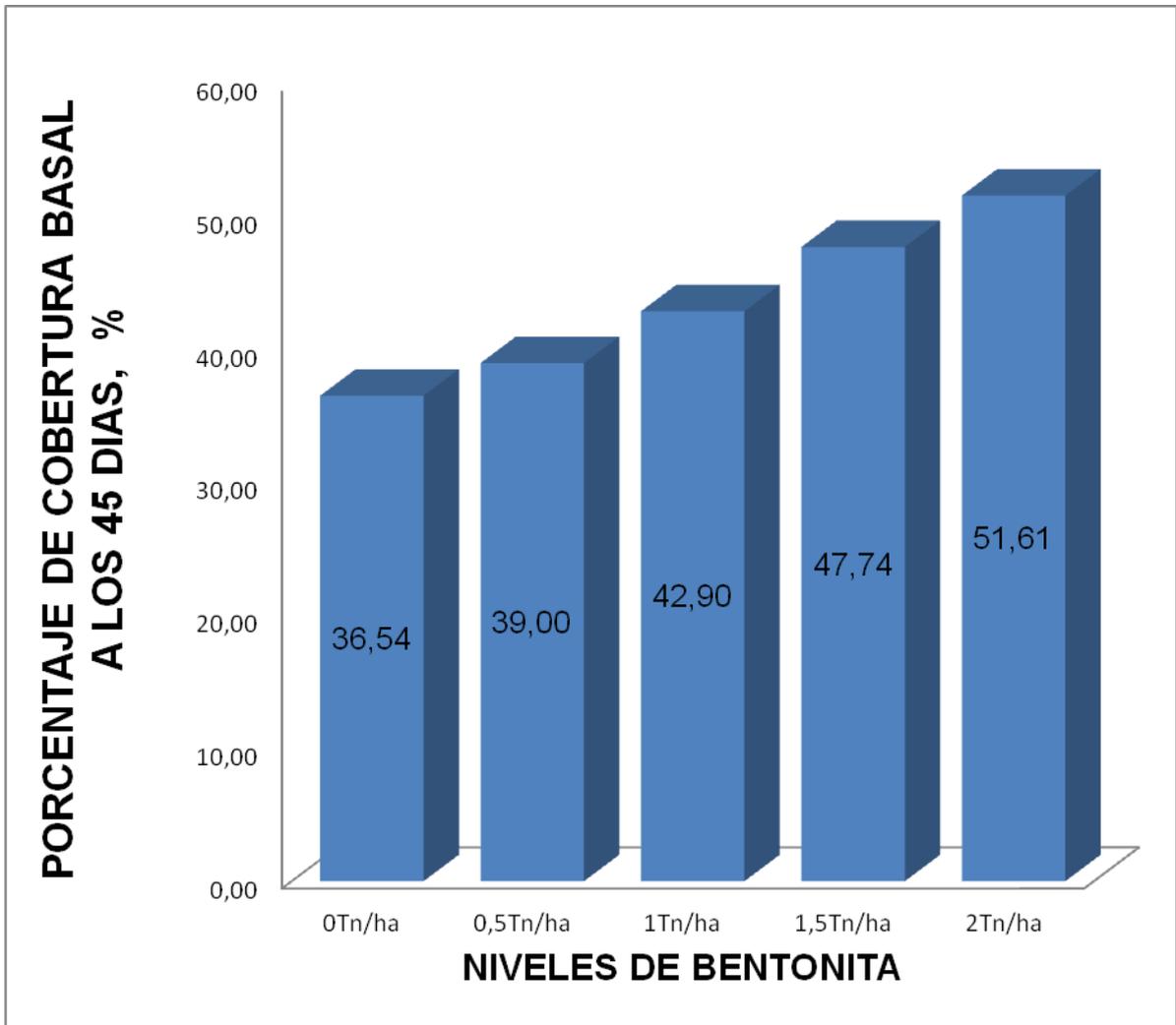


Gráfico 4. Comportamiento del porcentaje de cobertura basal a los 45 días del pasto *Arrhenatherum elatius* por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

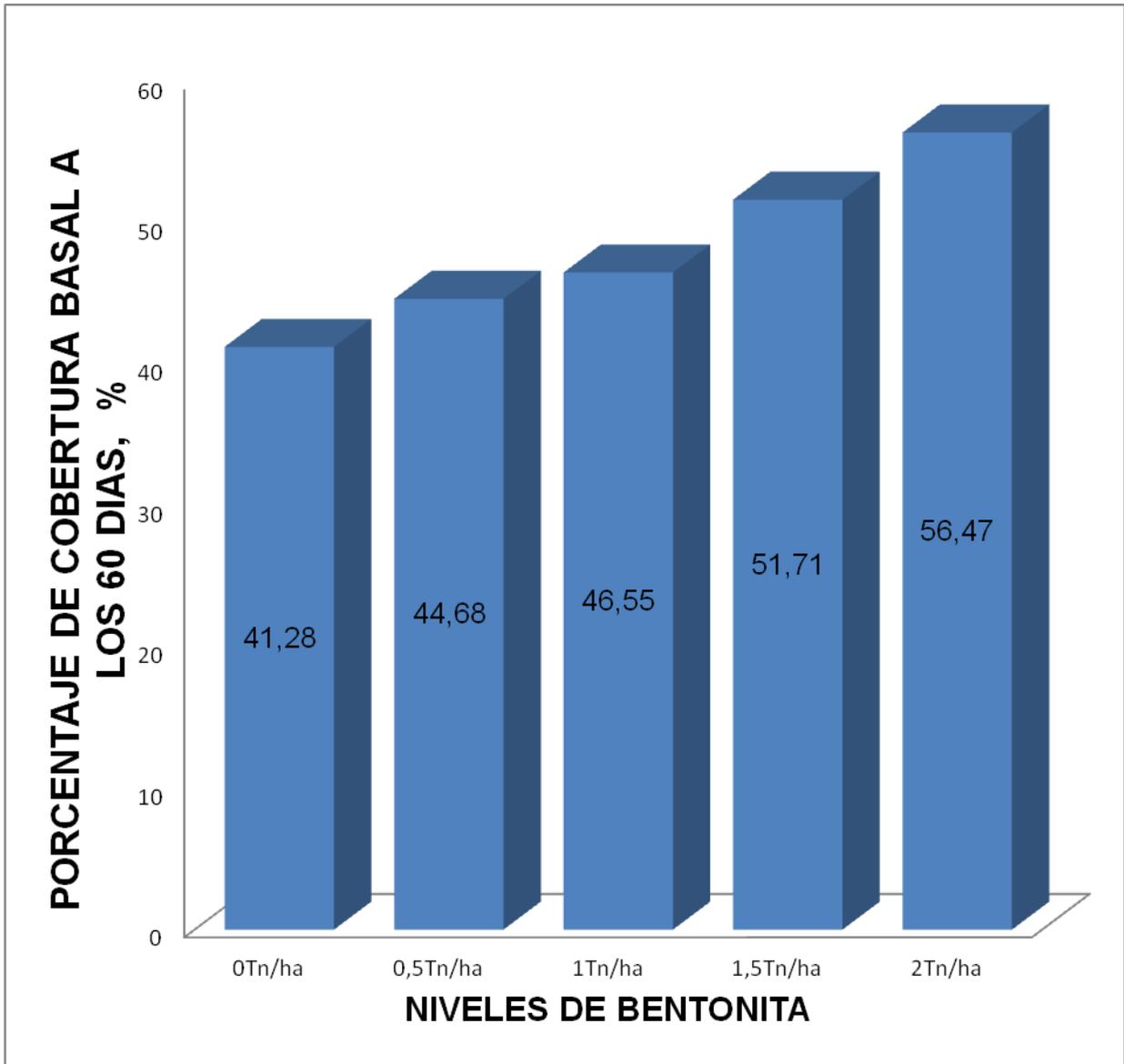


Gráfico 5. Comportamiento del porcentaje de cobertura basal a los 60 días del pasto *Arrhenatherum elatius* por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

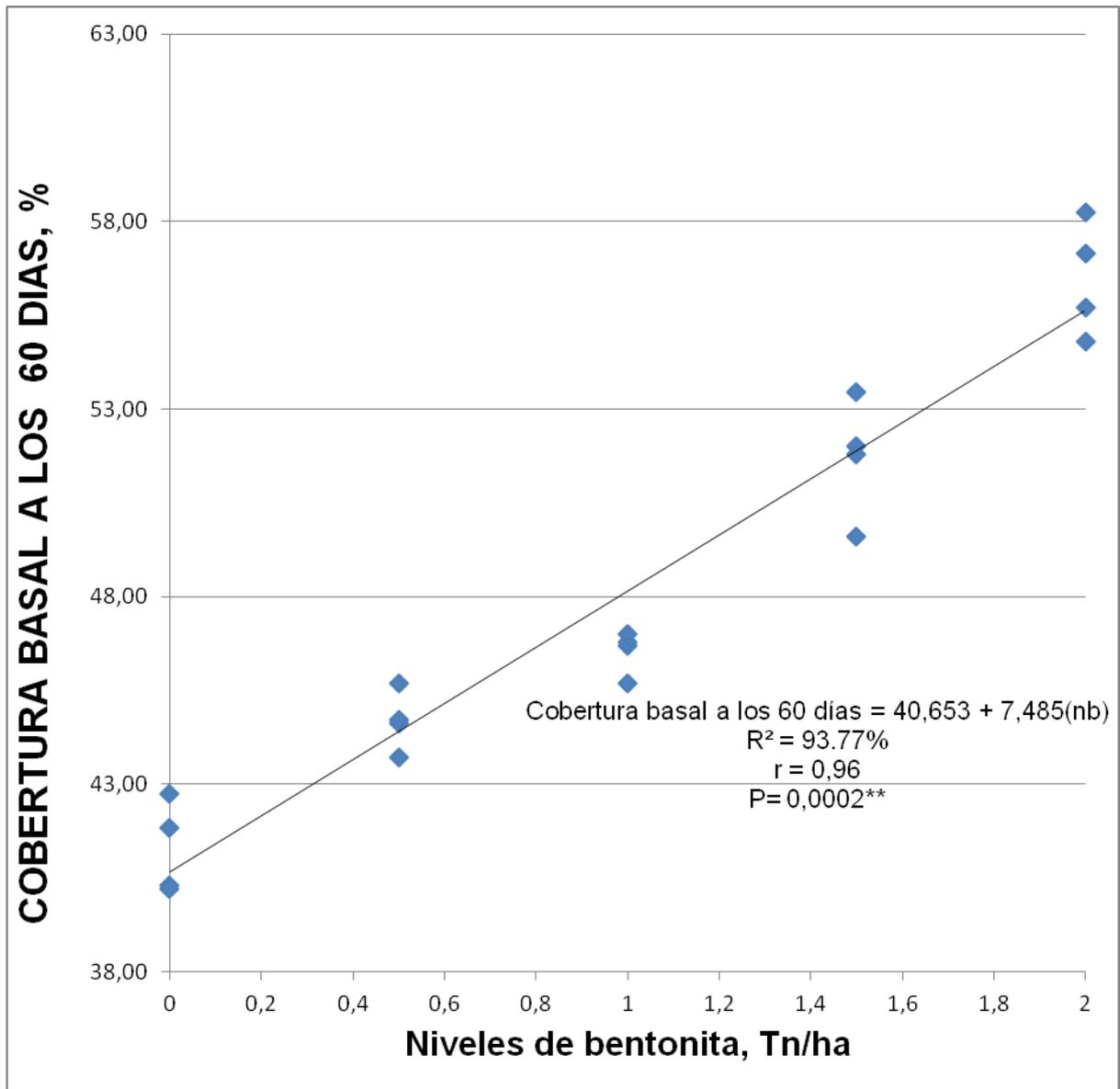


Gráfico 6. Regresión de la cobertura basal a los 60 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la aplicación de diferentes niveles de bentonita.

Cobertura basal a los 60 días =  $40,653 + 7,485(nb)$

## 2. Cobertura aérea (%)

Al evaluar la cobertura aérea en el estudio de la aplicación de diferentes niveles de bentonita, frente a un tratamiento testigo, a los 15 días, se reportaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre los tratamientos, en donde se alcanzó los valores superiores con la aplicación de 2, 1.5, y 1 Tn/ha con 66.32, 62.59 y 50.17 %, en tanto que respuestas menores se registraron con la aplicación de 0.5 Tn/ha y en el tratamiento testigo con 44.93 y 41.84 %, mismos que difieren estadísticamente entre ellos. (cuadro 5) (gráfico 7).

El análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 8, determinó para la cobertura aérea del pasto *Arrhenatherum elatius* a los 15 días, una tendencia lineal altamente significativa, con un coeficiente de determinación que indica que los niveles de bentonita contribuye en un 94,05 % en la cobertura aérea, y también existe una correlación alta de 0,97, el modelo de regresión obtenido mediante análisis de regresión fue el siguiente:

Cobertura aérea 15 días =  $39,839 + 13,3269(nb)$

Los porcentajes de cobertura aérea a los 30 días, registraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), en donde se alcanzó los valores superiores con la aplicación del tratamiento T4 (2Tn/ha) con 69.49 %, a continuación en rango descendente se ubican los tratamientos T3, T2 y T1 con medias de 64.99, 52.18 y 46.15 %, difiriendo estadísticamente entre ellos, finalmente la respuesta menor infiere sobre las parcelas del grupo control con un porcentaje de cobertura aérea de 43.28 (gráfico 9),

En la cobertura aérea a los 45 días se reporta que existen diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), presentando la mayor cobertura aérea los

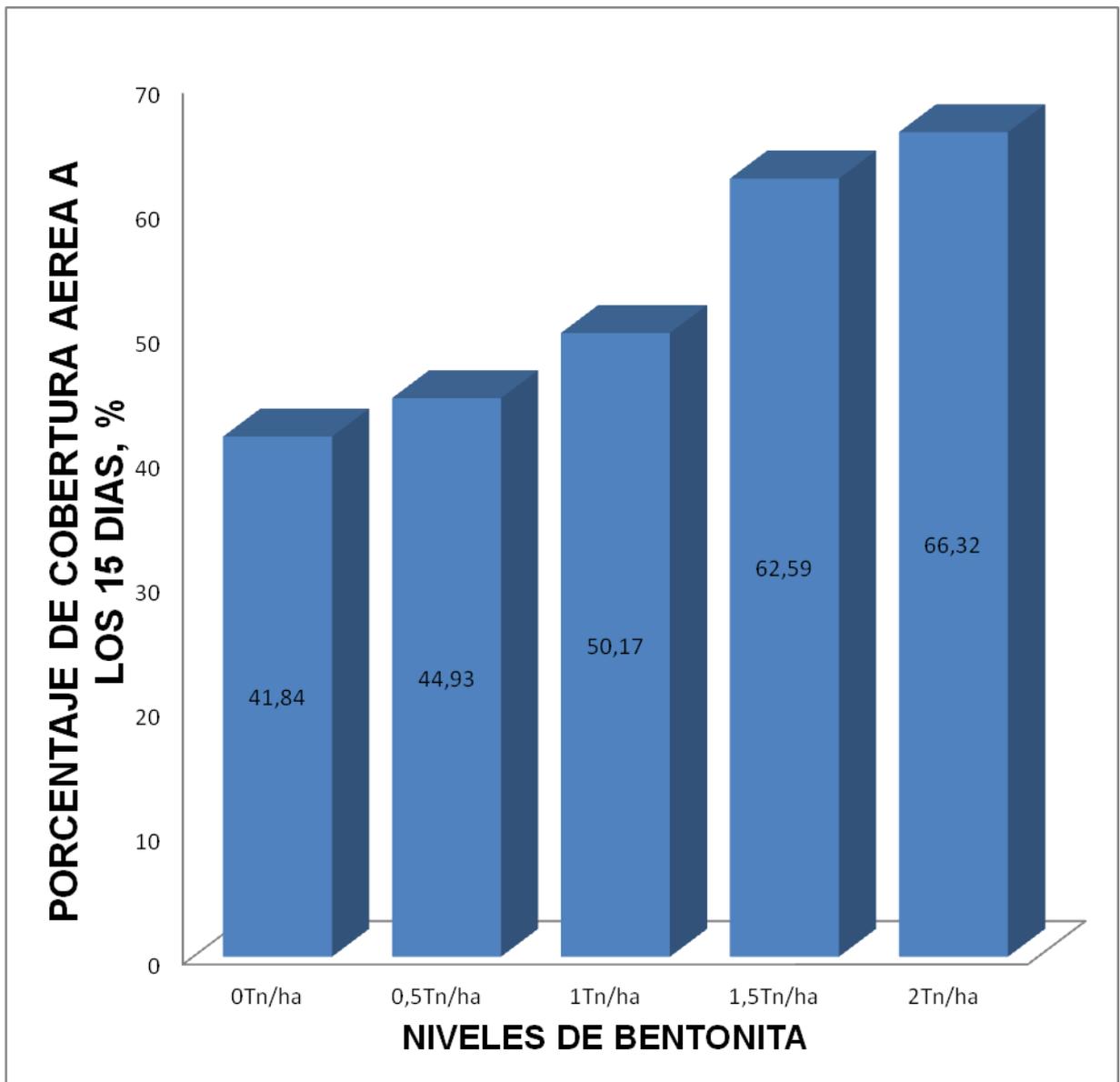


Gráfico 7. Comportamiento del porcentaje de cobertura aérea a los 15 días del pasto *Arrhenatherum elatius* por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

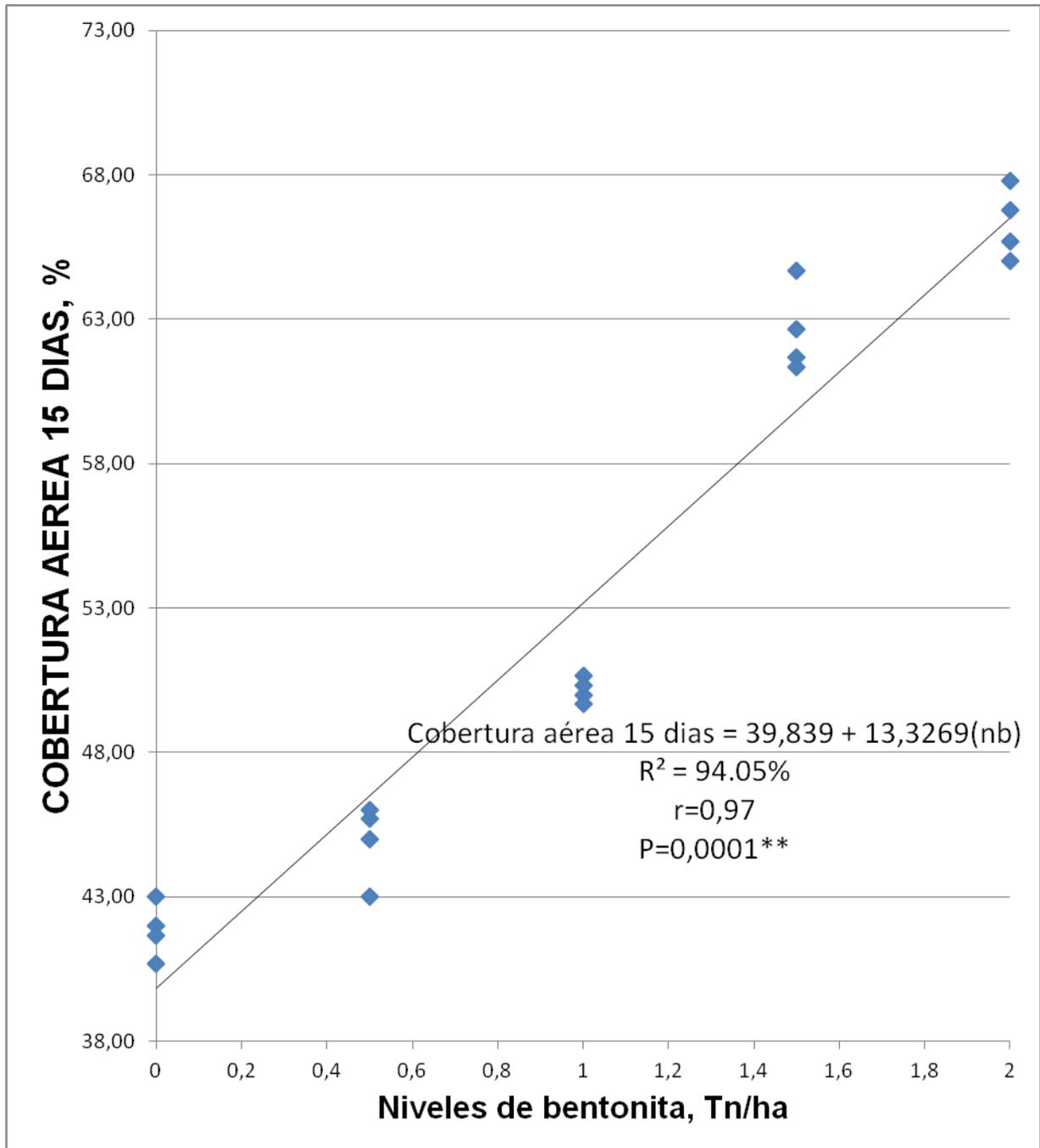


Gráfico 8. Regresión de la cobertura aérea a los 15 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la aplicación de diferentes niveles de bentonita.

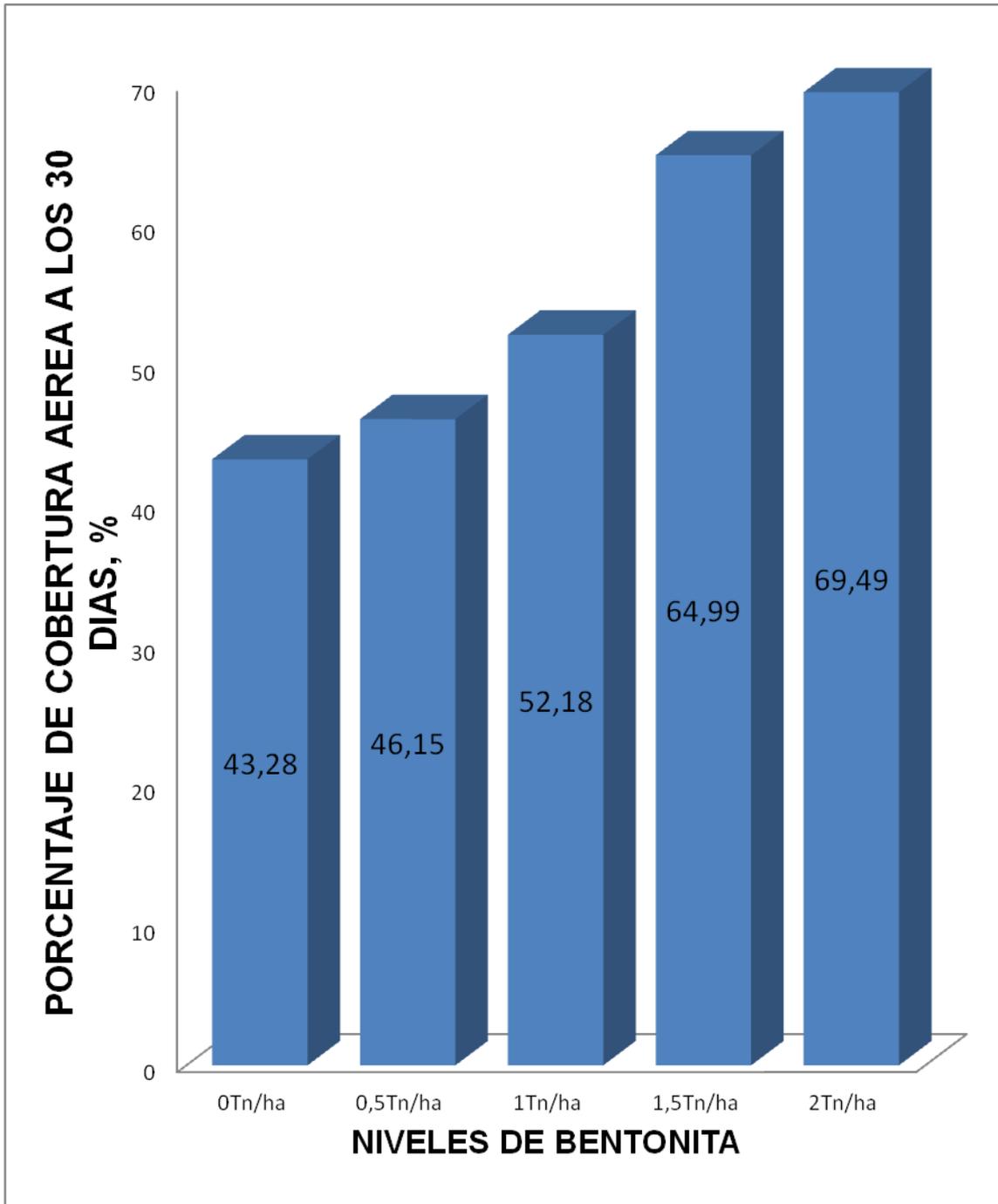


Gráfico 9. Comportamiento del porcentaje de cobertura aérea a los 30 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

Tratamientos, T4 (2 Tn/ha), T3 (1.5Tn/ha) y T2 (1 tn/ha) con 74.80, 68.43 y 55.51 %, difiriendo estadísticamente entre estos, en tanto que los menores resultados se registraron con la aplicación de 0.5 Tn/ha y tratamiento testigo con 48.64 y 46.46 %, sin diferir estadísticamente entre ellos, tal como se ilustra en el gráfico 10.

Las respuestas anotadas muestran ser inferiores a las reportadas en varios estudios que utilizaron fertilización, por cuanto Pasto, P. (2008), en su estudio registro coberturas aéreas a los 15 días de 33.96%, a los 30 de 51.26% y a los 45 días de 88.86%. Paredes, D. (2010), al aplicar fertilización basal a base de micorrizas más abono orgánico obtuvo el 97.00% de cobertura aérea, al igual que Jiménez, M. (2010), al emplear abonos líquidos foliares orgánicos enriquecidos con micro elementos alcanzo el 91.79%.

En el gráfico 11 se ilustra la cobertura aérea a los 60 días, en la que se señala que existieron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), presentando la mayor cobertura aérea las parcelas aplicadas 2Tn/ha (T4) de bentonita, con 79.16 %, a continuación se ubican los tratamientos de 1.5 (T3), 1 (T2), y 0.5 Tn/ha (T1), con valores de 74.19, 62.60 y 56.22 % respectivamente en su orden, difiriendo estadísticamente entre ellos y con el resto de tratamientos, por último se asigna como la menor respuesta a las parcelas del grupo control con un porcentaje de cobertura aérea de 52.45. Esto se puede atribuir a lo mencionado en <http://aeфа-agronutrientes.org/fertilizantes-organicos-organo-minerales-y-enmiendas-organicas>, donde se manifiesta que, con el uso intensivo de fertilizantes minerales se obtienen elevados rendimientos, y que sirven para mejorar la calidad del suelo y para fertilizar los cultivos, después que han sufrido un proceso de alteración físico químico y biológico, por acción de los macro y microorganismos, condiciones climáticas y manejo por acción del hombre, en lo que se enmarca perfectamente la bentonita al constituir un compuesto orgánico de origen mineral..

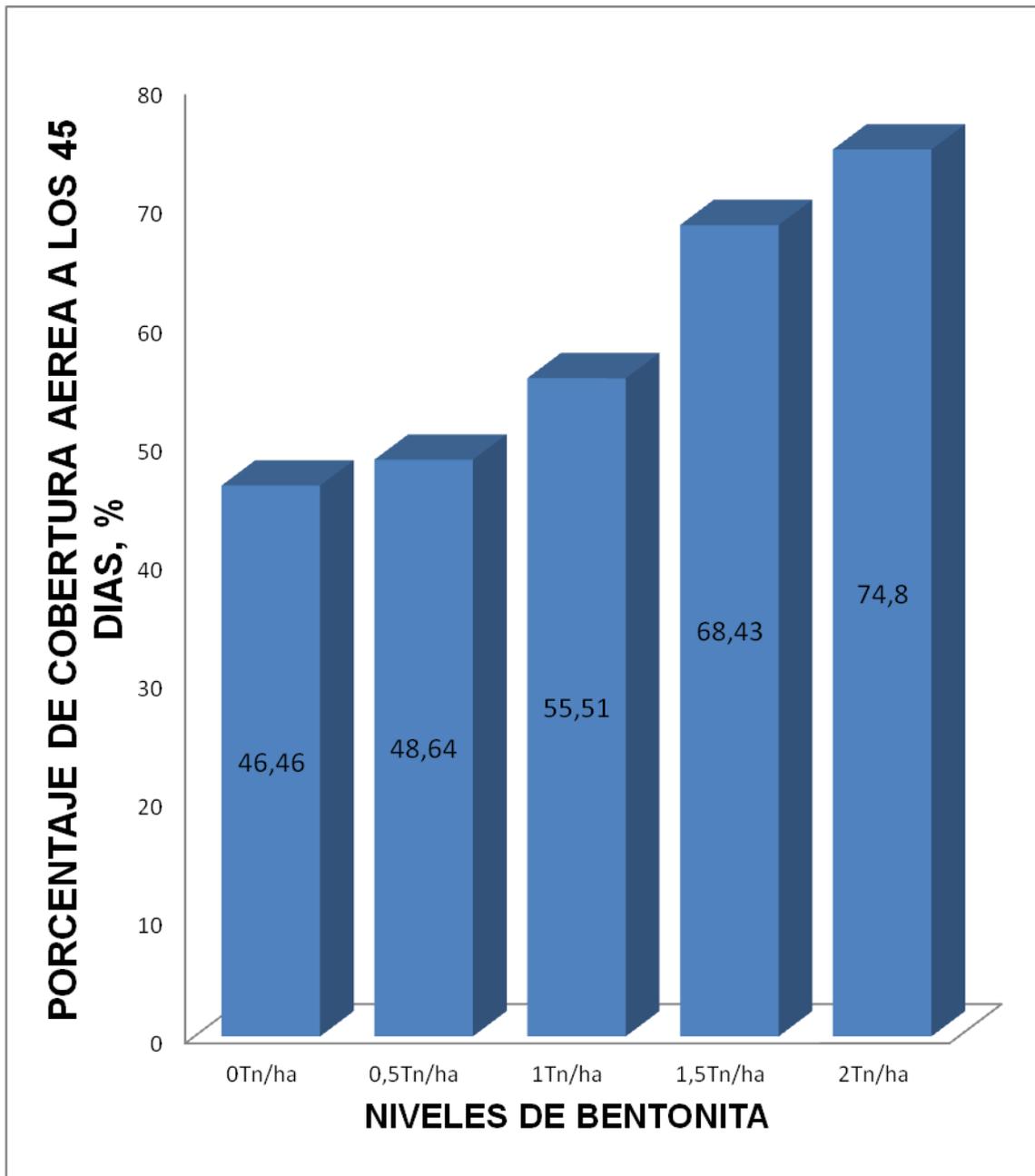


Gráfico 10. Comportamiento del porcentaje de cobertura aérea a los 45 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

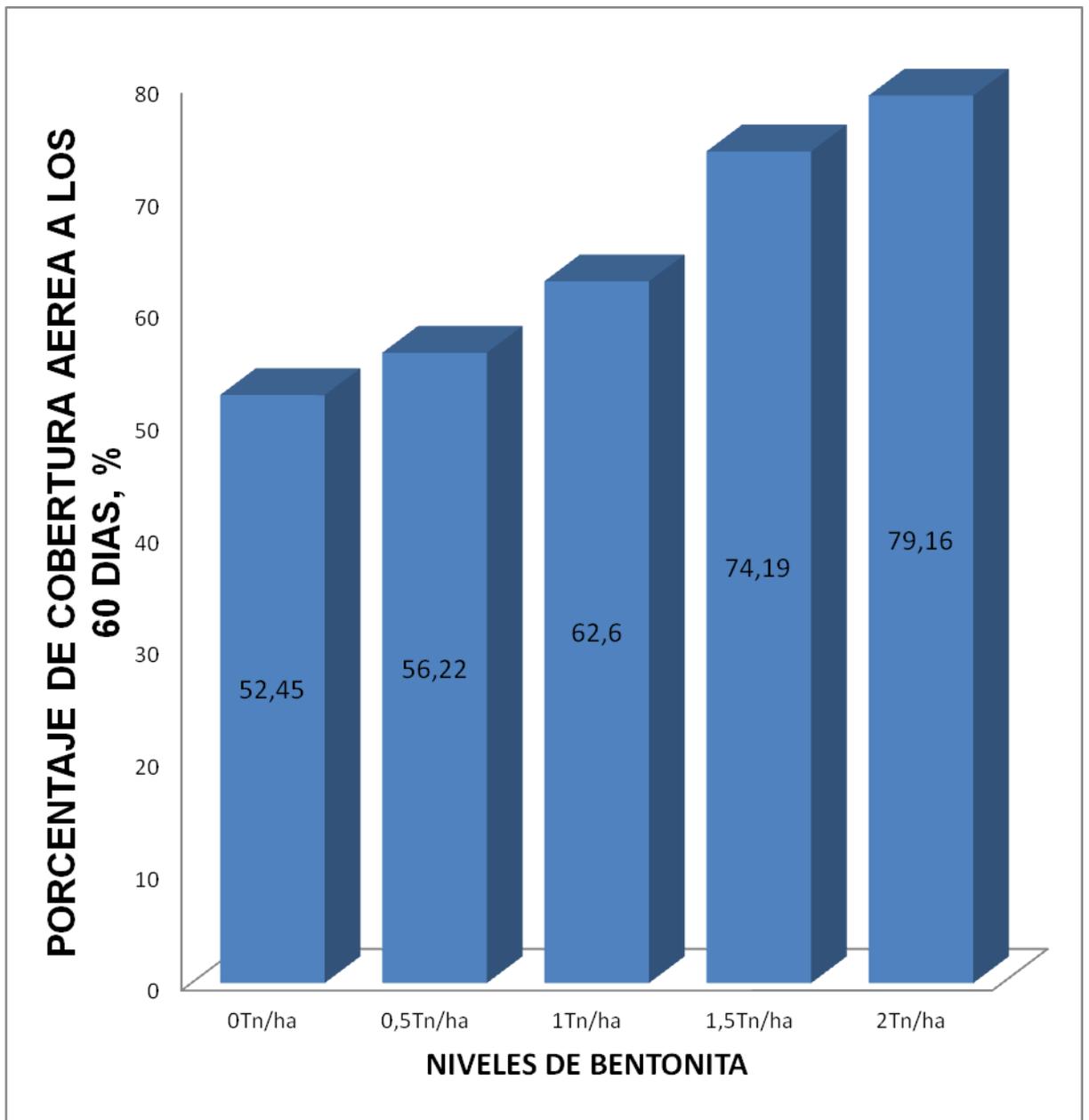


Gráfico 11. Comportamiento del porcentaje de cobertura aérea a los 60 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

Al respecto Haro, Y. (2011), reporta en el pasto *Arrhenatherumelatius* (avena) una cobertura aérea de 82,32% al emplear 0,75Kg/ha de abono foliar completo, siendo este superior a la media conseguida en la presente investigación. De igual manera Pasto, P. (2008), en su estudio de la evaluación del grado de adaptación de dos especies forrajeras, registró en el pasto *Arrhenatherumelatius* una cobertura aérea de 51,26%, que es inferior, a los de la presente investigación, lo que se debió posiblemente a que el autor no ocupó ninguna clase de fertilización solo se estudió adaptabilidad de las especies. No obstante al establecer que 2 Tn/ha, de bentonita se considera como la opción más adecuada para producir el pasto avena.

El análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 12, determinó para la cobertura aérea del pasto *Arrhenatherumelatius* a los 60 días, una tendencia lineal altamente significativa, con un coeficiente de determinación que indica que los niveles de bentonita contribuyen en un 95.71% en la cobertura aérea a los 60 días, existe además una correlación positiva alta ( $r = 0,98$ ), entre el nivel de bentonita y la cobertura aérea, el modelo de regresión obtenido mediante análisis de regresión fue el siguiente.

Porcentaje de cobertura aérea =  $50,645 + 14,276 (nb)$

### **3. Producción de forraje verde (Tn/ha/corte)**

En la variable producción de forraje en materia verde del pasto avena *Arrhenatherumelatius*, que se ilustra en el gráfico 13, se determinó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), entre las medias de los tratamientos, reportándose en el tratamiento T4 (2 Tn/ha de bentonita), la mayor producción de forraje verde y que corresponde a 12.11 Tn/ha/corte frente al resto de tratamientos como son T3 (1.5 Tn/ha), T2 (1 Tn/ha) y T1 (0.5 Tn/ha), con una producción de forraje verde de 6.66, 5.62 y 5.46 Tn/ha, sin diferir estadísticamente entre ellos.

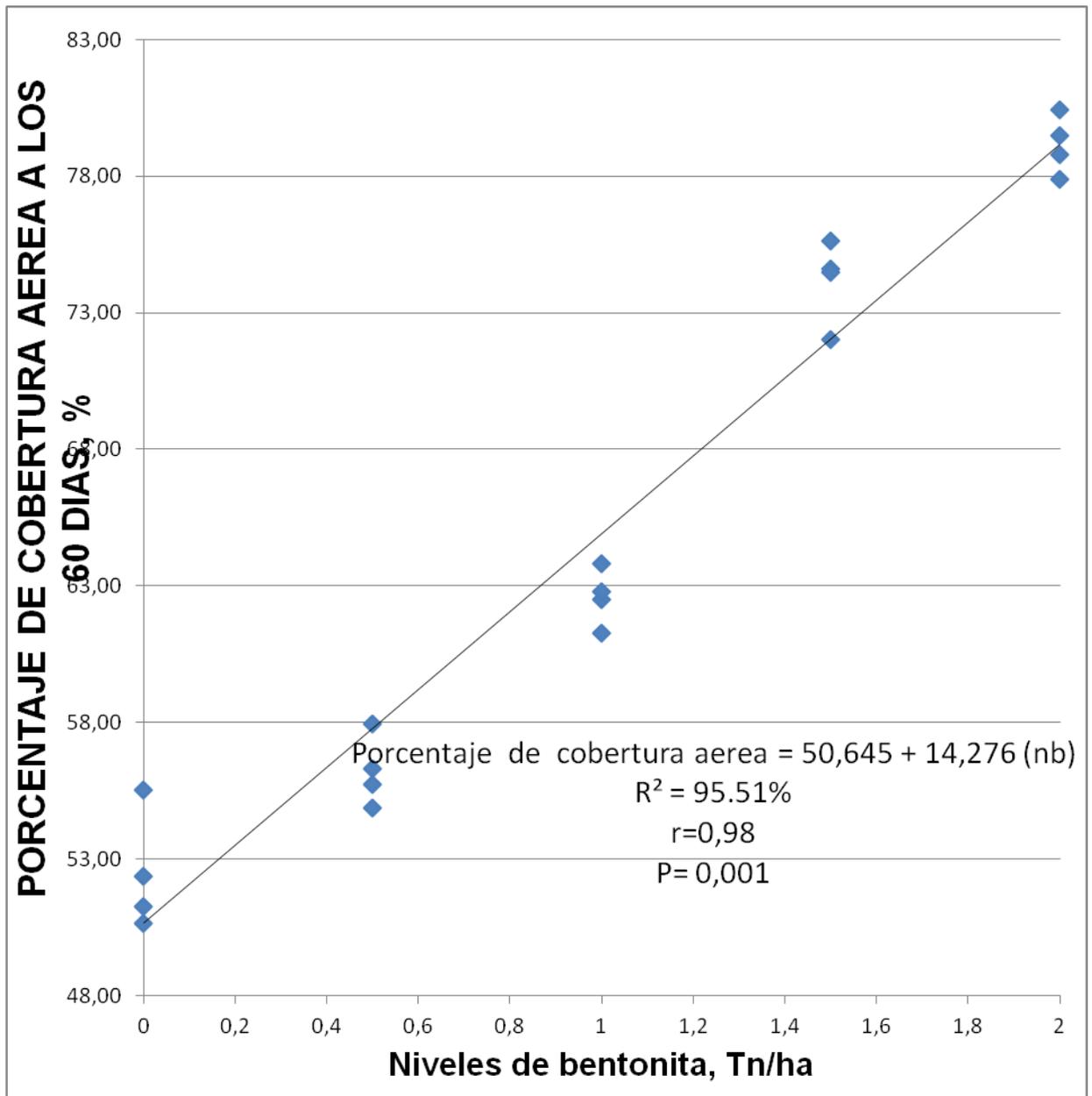


Gráfico 12. Regresión de la cobertura aérea a los 60 días del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la aplicación de diferentes niveles de bentonita.

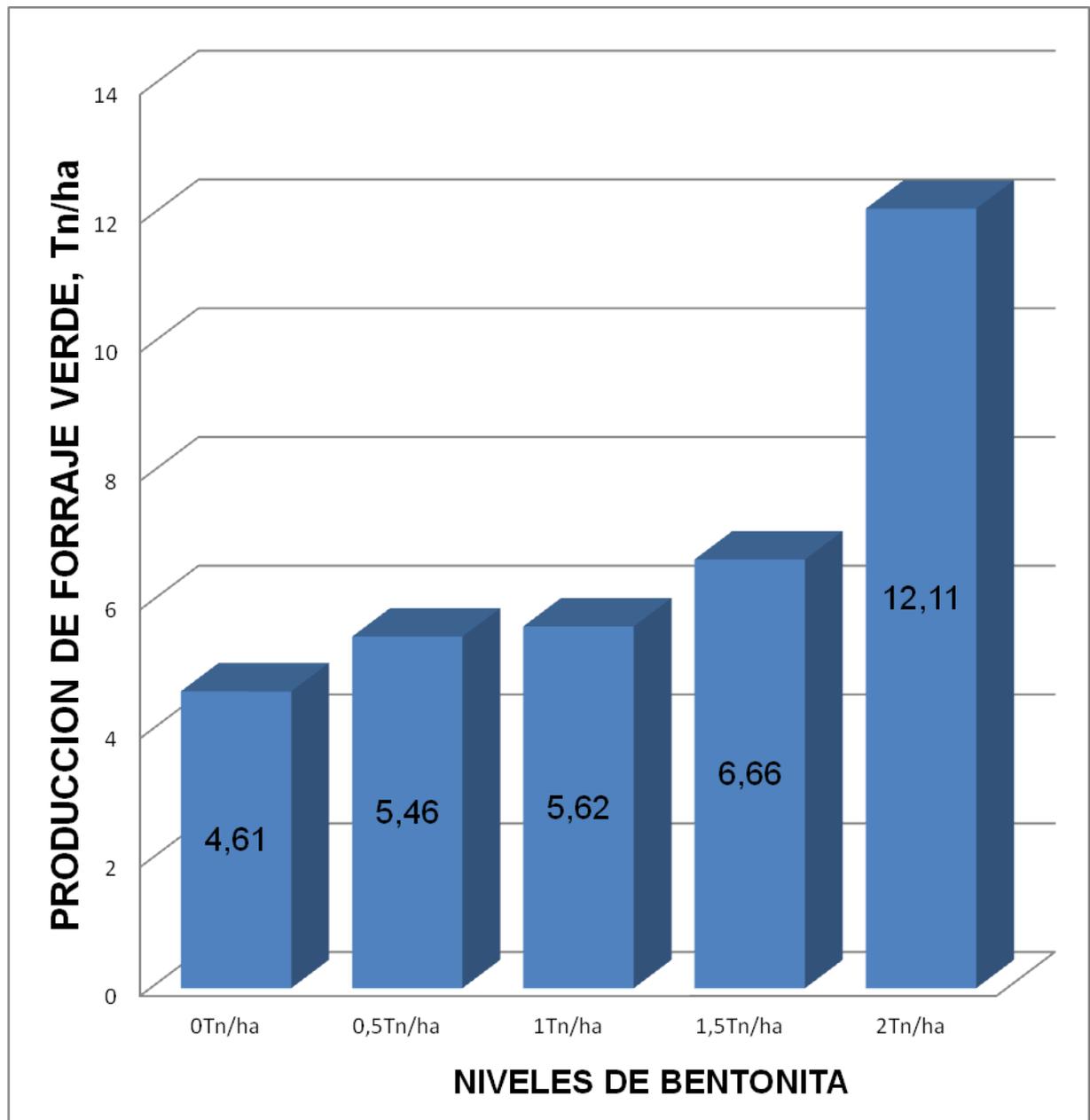


Gráfico 13. Comportamiento de la producción de forraje verde del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

Las parcelas del grupo control presentaron los resultados menos eficientes ya que la media fue de 4.61 Tn/ha, determinándose por tanto que la aplicación de 2 Tn/ha de bentonita mejoran la producción en materia verde del pasto *Arrhenatherum elatius*.

Los resultados obtenidos en el *Arrhenatherum elatius*, son superiores a los determinados en otras investigaciones, entre los que se citan a: Robalino, M. (2008), quien al aplicar diferentes tipos de combinación de biofertilizantes en el pasto avena, en la Estación Experimental Tunshi, de la ESPOCH, registró producciones de forraje verde de 4.89 y 5.64 Tn/ha/corte; López, B. (2007) y Gaibor, F. (2008), obtuvieron producciones de forraje verde de 5.45 y 6.91 Tn/ha/corte, respectivamente, al utilizar diferentes niveles de humus de lombriz, mientras que Chalan, M. (2009), consiguió producciones de 5.09 a 7.78 Tn de FV/ha/corte. Al respecto, Medina. J. (2012), menciona, que el contenido de arcillas en el suelo es muy importante, ya que desde un punto de vista general, influyen fuertemente en el manejo del suelo y en su productividad, reflejándose en una mayor producción de forraje verde.

El análisis de regresión de la producción de forraje verde que se ilustra en el gráfico 14, determina una tendencia cuadrática altamente significativa, que infiere que partiendo de un intercepto de 5,14, la producción de forraje verde aumenta progresivamente según se incrementan los niveles de bentonita a la pradera conformada por *Arrhenatherum elatius*, con un coeficiente de determinación

$R^2 = 76,34\%$ , además existe una correlación positiva alta de 0,87 entre las dos variables.

La ecuación de regresión fue la siguiente:

$$\text{Producción forraje verde} = 5,143 - 2,637(nb) + 2,924x^2$$

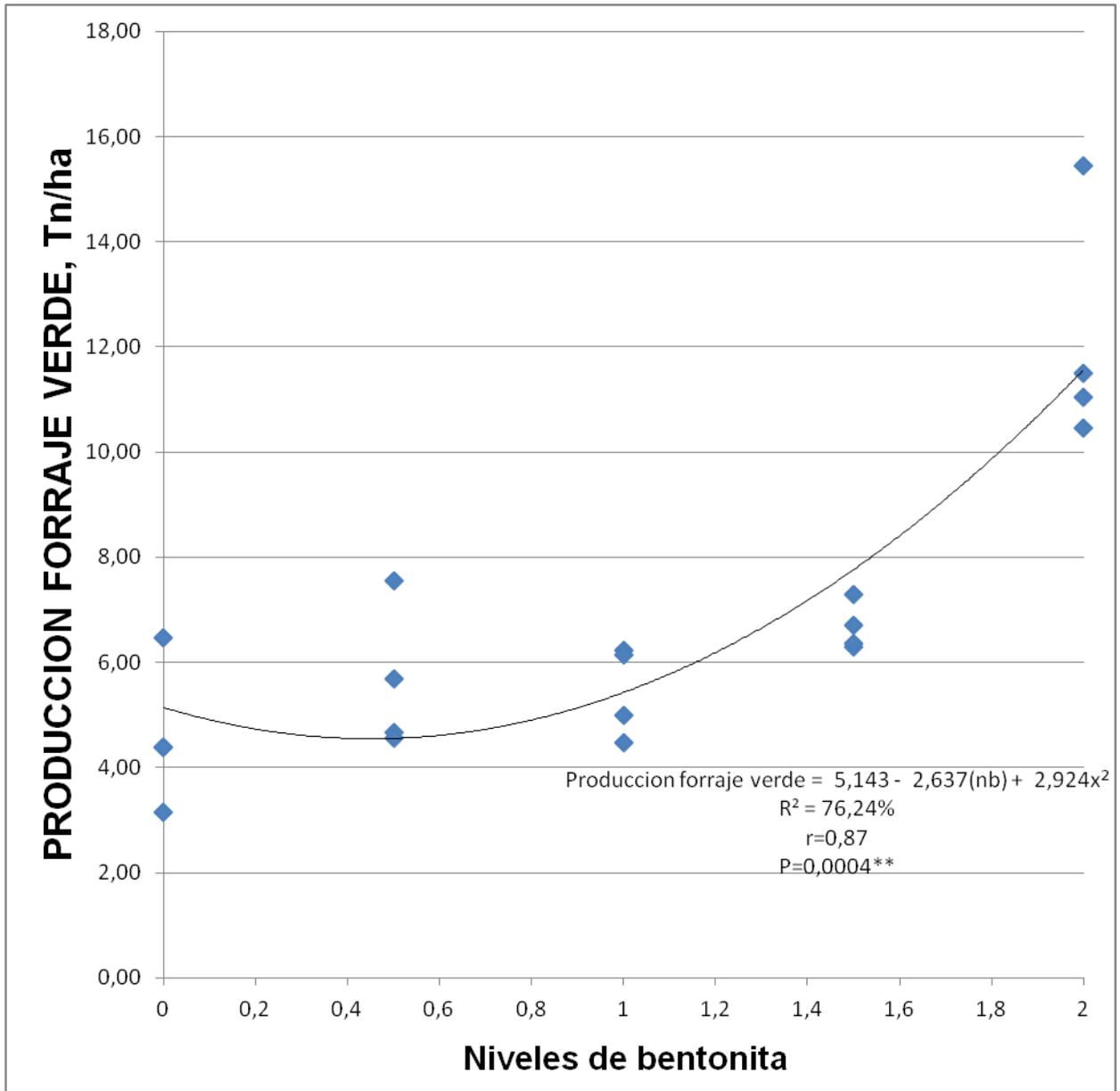


Gráfico 14. Regresión de la producción de forraje verde del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la aplicación de diferentes niveles de bentonita.

#### **4. Producción de materia seca (Tn/ha/corte)**

El mejor resultado en la producción de materia seca del pasto avena, se registró en el tratamiento T4 (2 Tn/ha de bentonita) y además que difiere estadísticamente del resto de los tratamientos, con un valor de 2,92 Tn de materia seca por hectárea y por corte gráfico 15, seguido por el tratamiento T3 (1.5 Tn/ha) con una producción de 1,55 toneladas de materia seca por hectárea y por corte, a continuación se ubica los tratamientos T1 (0.51 Tn/ha) y T2 (1 Tn/ha) con 1,39 y 1,34 Tn/ha respectivamente, finalmente el tratamiento testigo (0 Tn/ha) con una producción de 1,17 Tn de materia seca por hectárea y por corte.

Los resultados de la presente investigación, son superiores a los reportados por López, B. (2007), que obtiene una producción de 1.37 Tn de materia seca por hectárea y por corte, al utilizar humus en pasto avena aplicado en forma basal. De igual manera Usca, D. (2009) registra una producción inferior a nuestra investigación con un promedio de 2.31 t de materia seca por hectárea y por corte, al utilizar humus líquido como fertilizante foliar en la producción del pasto avena, debido a que los ácidos húmicos y fúlvicos permiten una entrega inmediata de nutrientes. Esto puede deberse, a que la bentonita es una arcilla, que mejora las propiedades de suelos arenosos o ácidos. (Hevia, R. 2007).

Al comparar los datos obtenidos con los descritos por Gaibor, N. (2008), los alcanzados en el presente trabajo presentan superioridad, ya que la investigadora señaló que esta especie tiene una producción promedio de 1.49 Tn/ha/corte y datos entre 1.17 y 1.81 Tn/ha/corte de materia seca, cifras que determinan que la asociación forrajera es buena, por cuanto las plantas presentan mejores respuestas productivas.

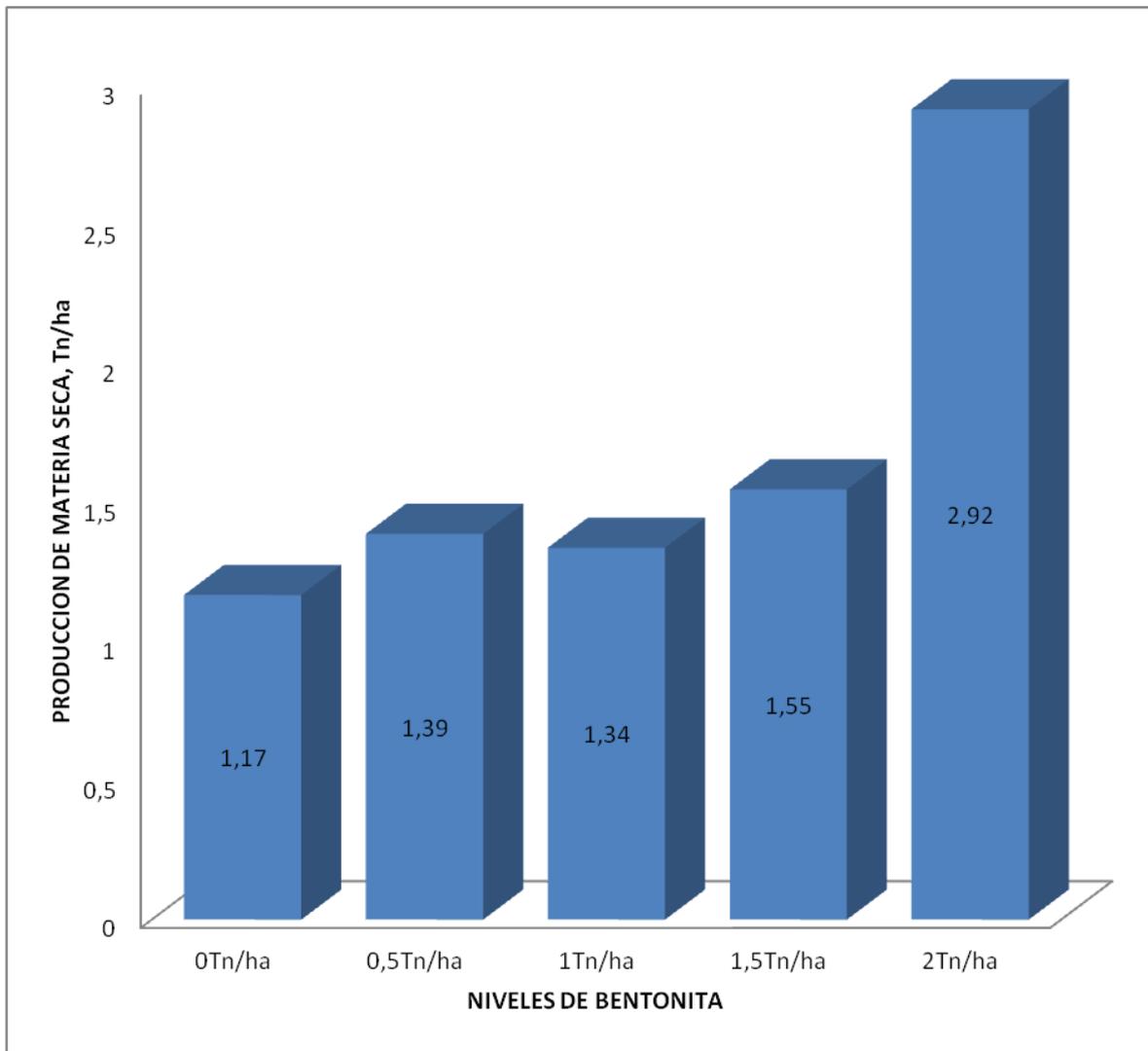


Gráfico 15. Comportamiento de la producción de materia seca del pasto *Arrhenatherum elatius*, por efecto de la utilización de diferentes niveles de bentonita.

Los resultados de la presente investigación, son superiores a los reportados por Becerra, R. (2009), en la evaluación de diferentes niveles de humus de lombriz en la producción de forraje *Arrhenatherum elatius*, que obtiene una producción de 1.18 t de materia seca por hectárea y por corte.

La correlación entre la producción de materia seca del pasto *Arrhenatherum elatius* y los diferentes niveles de Bentonita, es positiva y alta alcanzando índices de  $r = 0,85$  por lo que mediante análisis de regresión múltiple para la producción de materia seca se determinó un modelo de tendencia cuadrática, que infiere que inicialmente la producción de materia seca se eleva al aplicar 0,5 Tn/ha de bentonita, como se ilustra en el gráfico 16, además alcanzó un coeficiente de determinación del 73,55%, el modelo de regresión obtenido mediante análisis de regresión múltiple fue:

$$\text{Producción materia seca} = 1,3038 - 0,7274(nb) + 0,7305x^2.$$

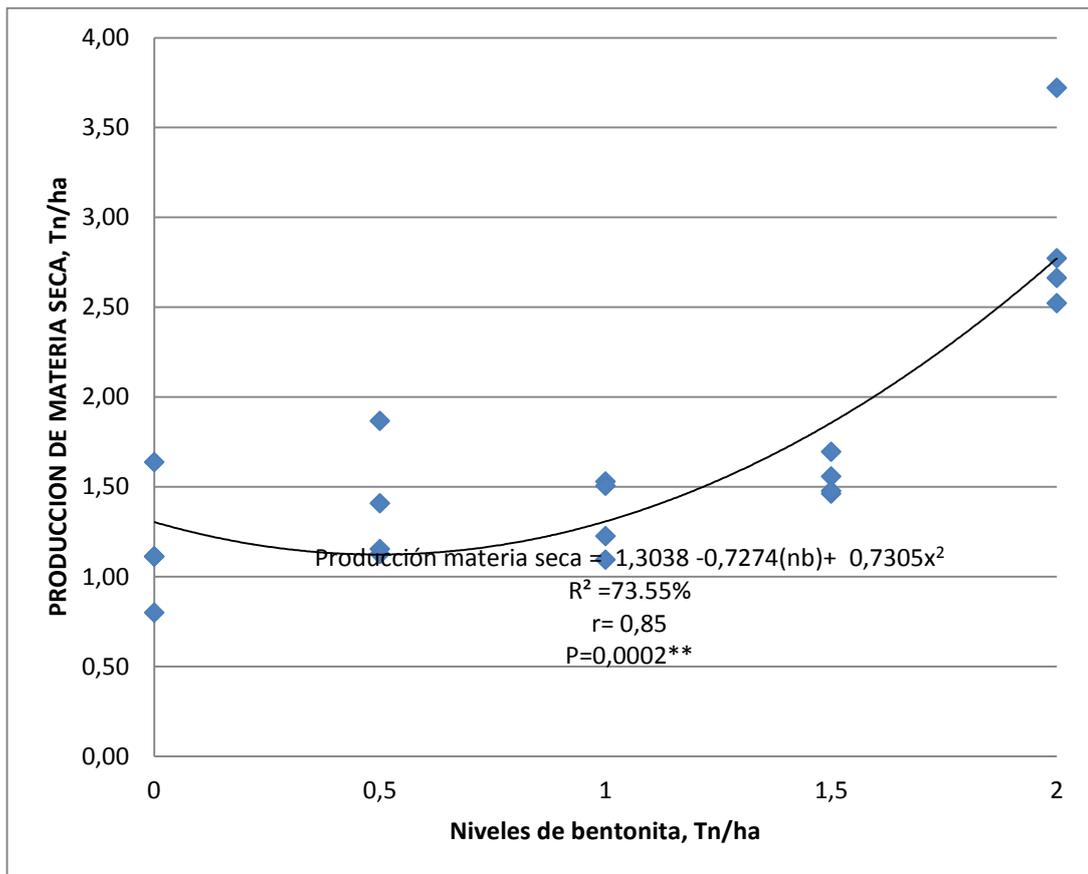


Gráfico 16. Regresión de la producción de materia seca del pasto *Arrhenatherumelatius*, por efecto de la aplicación de diferente niveles de bentonita.

## **5. Persistencia, resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades.**

En el cuadro 6, se observa que la parcela conformada por el pasto avena (*Arrhenatherum elatius*) evidenció buenas condiciones de persistencia, resistencia a la sequía, heladas y tolerancia a las enfermedades, tal como se describe en el cuadro 6, concluyendo que gracias a estas características, esta especie no tuvo problemas en desarrollarse a los 3300 msnm en la zona de Llangahua.

Cuadro 6. CARACTERISTICAS DEL *Arrhenatherum elatius*.

PASTO AVENA	ALTA	MEDIA	BAJA
	70-100%	30-69%	0-29%
Tolerancia a las enfermedades	X		
Persistencia	X		
Resistencia a las condiciones ambientales	X		

## **6. Análisis de suelo inicial y final**

Al realizar el análisis del suelo antes y después de la aplicación de diferentes niveles de bentonita, para la producción de *Arrhenatherum elatius* (pasto avena), podemos evidenciar los siguientes resultados:

Los reportes del contenido de Materia orgánica presente en el suelo registraron la más alta respuesta con la aplicación del T3 con un valor de 5,00%, descendiendo hasta 3,50 evidenciado en el T2, correspondiendo este a la menor respuesta del porcentaje de materia orgánica encontrado en el suelo.

En el comportamiento del fósforo en el suelo, se obtuvo el mayor contenido en el tratamiento T3 (1,5Tn/ha) con 53,60 mg/L, descendiendo a 25,70 mg/L reportado como las más baja respuesta correspondiente al tratamiento T2, (cuadro 7).

En el caso del potasio se registró, el mayor contenido del mismo en el tratamiento tres T3 con 962,90 mg/L, descendió a 629,40mg/L, correspondiendo este al tratamiento cuatro T4 resaltando que el potasio interviene en la formación de hidratos de carbono, y favorece el desarrollo de las raíces

Cuadro 7. ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS.

Tratamientos	pH	%MO	NH4(mg/L)	P (mg/L)	K(mg/L)
T0	6,6	4	8,8	35,6	889
T1	6,7	3,8	3,7	33,8	758,6
T2	7	3,5	2,4	25,7	843,5
T3	5,8	5	13,9	53,6	962,9
T4	6,7	4,7	9,3	40,2	629,4

Fuente: Dpto. Suelos FRP, ESPOCH (2013).

## 7. Análisis bromatológico

### a. Contenido de Proteína

En el contenido de proteína cruda en una parcela conformada por *Arrhenatherum elatius*, el mayor contenido se registró en el tratamiento 4 (2Tn/ha) con valores de 13,72%, proteína cruda, seguido por el tratamiento control con valores de 13,49% proteína cruda, a continuación se encuentran los tratamientos 2 (1Tn/ha) y 1 (0.5Tn/ha) con valores de 12,67% y 12.61% proteína cruda respectivamente, finalmente se encuentra el tratamiento 3 (1,5Tn/ha) con un valor de 12,43% de proteína cruda .Los valores señalados anteriormente son superiores a los señalados en <http://www.promer.org>. (2007), donde se manifiesta que el pasto avena contiene 4% de proteínas de alto valor biológico, en cambio guarda relación con los registros de Chalán, M. (2009), quien indica que al utilizar abono

orgánico Bocashi, el pasto presento un contenido de proteína de 4,04 y 4,89 %, pero es inferior respecto al estudio de Robalino, M. (2008), quien al emplear diferentes tipos de biofertilizantes indico un contenido de proteína de 8,62 y 9,47 %.

Los resultados obtenidos del presente trabajo investigativo son superiores a los reportados por Gaibor, N. (2008) y Usca, D. (2009), que obtiene valores de 11.87% y 10.34% de proteína cruda respectivamente, al utilizar abonos orgánicos en pasto avena.

### **b. Contenido de Fibra**

En la evaluación del porcentaje de fibra, se puede determinar que el mayor contenido de fibra se encontró con el tratamiento T1 (0.5Tn/ha) reportando el 38.26% de fibra, respuestas medias registraron los tratamientos T2, T0 y T3 con valores de 36,92%, 36,80% y 35,63% respectivamente y en su orden, finalmente con la respuesta más baja presentó el tratamiento T4 (2Tn/ha) con un porcentaje de fibra de 34.31.

Los resultados obtenidos en la presente investigación de la mezcla forrajera en estado de prefloración son inferiores a los reportados por Gaibor, N. (2008) con valores de 38.68% de fibra cruda, al utilizar abonos orgánicos en pasto avena.

Al comparar los datos obtenidos con los descritos por Usca, D. (2009), los alcanzados en el presente trabajo son superiores, ya que el investigador señaló que esta especie tiene un contenido de fibra cruda de 30.40%, al emplear abono orgánico en pasto avena.

### **c. Contenido de Humedad y Materia seca**

La Humedad presente en el *Arrhenatherumelatius*, fue superior en el tratamiento T3 (1,5 Tn/ha), que alcanzó un valor de 76,74% , seguido de las parcelas del tratamiento T4 y T2 (2 Tn/ha, 1 Tn/ha) con un contenido de 75,89 y 75,49 % de humedad, finalmente se ubicaron los tratamientos T1(0,5 Tn/ha) y Testigo con valores de 75,28 y 74,69 % de agua.

El contenido de materia seca del *Arrhenatherumelatius*, fue superior en las parcelas del tratamiento control alcanzando el 25,31%, seguidos de los tratamientos T1 y T2 con 24,72 y 24,51%, finalmente se ubican los los tratamientos T4 y T3 con valores del 24,11 y 23,26% de materia seca respectivamente, como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. ANÁLISIS BROMATOLOGICO DEL *Arrhenatherumelatius*, CULTIVADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.

Tratamientos	Parámetros						
	Materia seca	Humedad	Cenizas	Proteína	Fibra	Extracto etéreo	E.L. de Nitrógeno
T0	25,31	74,69	9,84	13,49	36,80	2,10	37,69
T1	24,72	75,28	11,18	12,61	38,26	1,95	36,00
T2	24,51	75,49	11,15	12,67	36,92	2,15	37,10
T3	23,26	76,74	11,33	12,43	35,63	2,00	38,61
T4	24,11	75,89	11,87	13,72	34,31	2,24	37,87

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Bromatología FCP, ESPOCH (2013).

Estas respuestas ratifican lo señalado por Robalino, M. (2008), quien reporta que se pueden obtener respuestas diferentes no solo por efecto que tienen los biofertilizantes sobre la parcela experimental, sino que están sujetas a las condiciones medio ambientales que se presentan durante la época de producción, especialmente en lo que tiene que ver con los cambios climáticos, como son abundante lluvia y sequias prolongadas que están más de manifiesto en los actuales momentos; pero que en todo caso el contenido de materia seca de los forrajes orgánicos obtenidos no difiere considerablemente con los estudios citados, a más de esto se debe tomar en cuenta, la edad del pasto en el cual se realizaron los análisis bromatológicos, ya que mientras más tierno es el pasto tiene mayor contenido de humedad.

## **8. Evaluación económica**

Mediante el análisis económico de la producción anual de forraje verde del pasto avena (*Arrhenatherum elatius*), que se reporta en el cuadro 9, se determinó que la mayor rentabilidad se alcanza cuando se emplea la fertilización con 2 Tn/ha, de Bentonita, por cuanto presento un beneficio/costo de 1.95 es decir el 95% de rentabilidad, que representa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 95 centavos, siguiéndole en orden de importancia pero con menor rentabilidad la producción de forraje fertilizado con 1.5 Tn/ha, de Bentonita, registrando en Beneficio/costo de 1.12, es decir; el 12% de rentabilidad; en tanto que, el valor más bajo fue registrado en las parcelas del grupo control, cuya relación beneficio/costo fue de 0.89, lo que indica que por cada dólar invertido se pierde 0.11 centavos.

Por lo que se establece que la mejor rentabilidad económica, en la producción forrajera del pasto avena, se alcanza con la utilización de 2Tn/ha, ya que por sus propiedades retención de agua en el suelo, en forma disponible para la planta, permite que se eleven los márgenes de utilidad de la producción forrajera del *Arrhenatherum elatius*.

Cuadro 9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL *ARRHENATHERUM ELATIUS* (PASTO AVENA) EN RESPUESTA A LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BENTONITA.

Parámetros		Niveles de Bentonita				
		0 Tn/ha	0,5 Tn/ha	1 Tn/ha	1,5 Tn/ha	2 Tn/ha
<b>Egresos</b>						
Establecimiento de praderas, \$	1	600	600	600	600	600
Mano de obra, \$	2	400	400	400	400	400
Bentonita, \$	3	0	62,5	125	187,5	250
Uso del terreno	4	240	240	240	240	240
<b>Total Egresos</b>		<b>1240</b>	<b>1302,5</b>	<b>1365</b>	<b>1427,5</b>	<b>1490</b>
Producción de forraje verde, Tn/ha/corte	5	4,61	5,46	5,62	6,66	12,11
Número de cortes al año	6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Ingreso por venta de forraje/año	7	1106,40	1310,40	1348,8	1598,40	2906,40
<b>Beneficio/costo</b>		<b>0,89</b>	<b>1,01</b>	<b>0,99</b>	<b>1,12</b>	<b>1,95</b>

1: establecimiento con plántula.

2: Jornal \$33 mensuales.

3: 1 saco de bentonita 6,25 dólares.

4: 20 dólares mensuales.

5: 6 cortes al año.

7: \$0,04 cada kg de forraje verde.

## **V. CONCLUSIONES**

- Las respuestas con mejor comportamiento, respecto a la cobertura basal y cobertura aérea se registraron a los 60 días de edad, con la utilización de 2 Tn/ha de bentonita cálcica con valores de 56,47% y 79,16%, respectivamente.
- Los mayores rendimientos de forraje verde y materia seca del *Arrhenatherum elatius*, mediante la utilización de 2 Tn/ha de Bentonita cálcica, alcanzando una producción de forraje verde de 12,11 Tn/ha/corte, mientras que el rendimiento de materia seca fue de 2,92Tn/ha/corte.
- Económicamente se ha determinado que se obtienen los índices más altos de beneficio/costo, mediante la utilización de 2 Tn/ha en el cultivo de pasto avena, alcanzando valores de 1.95 USD para la producción de forraje verde.
- El efecto de la bentonita cálcica, utilizado como enmienda, ha permitido observar una mejora de parámetros físicos del suelo, relacionados con la producción de las plantas, sobre todo en la capacidad de retención de agua, que es superior después de la aplicación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Emplear mayores niveles, de bentonita cálcica en la producción de pasto avena, ya que se traduce en una elevada cantidad de forraje verde, como también en una mejor rentabilidad económica, con respecto a los otros niveles evaluados.
- Replicar el presente trabajo, adicionando abonos orgánicos, para garantizar una producción sostenible y sustentable lo que permitirá alcanzar un alto grado de protección del ecosistema.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ANDRADE, W. 1993. Recolección y caracterización de especies forrajeras altoandinas Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 45-47
2. ANDEAN O, 2009. Seminario de Producción integrada de cultivos en invernadero y a campo abierto. Memoria. Riobamba Ecuador. Edit. ASA. p 15.
3. BECERRA, R. 2009. Evaluación de diferentes niveles de humus de lombriz en la producción de forraje *Arrhenatherum elatius*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. pp 37,42,51
4. BENÍTEZ, A. 2008. Pastos y forrajes. 1 a ed. Quito, Ecuador. Edit. Universidad Central del Ecuador. pp 18-34.
5. CARAMBULA, A. 2007. Producción y manejo de pasturas sembradas. 2a ed. Montevideo, Uruguay. Mundi prensa. pp. 25-142.
6. CHALAN, M. 2009. Evaluación de diferentes niveles de bokashi en la producción de forraje y semilla del *Arrhenatherum pratense* (pasto avena). Tesis de Grado. pp 18-60
7. DOVAL, M. (2010). "Bentonitas" . En: Recursos Minerales de España. Coord. J. García Guinea y J. Martínez Frias. Textos Universitarios (C.S.I.C.) 15. pp 45-69.
8. GAIBOR, F. 2008. Utilización de diferentes niveles de abono orgánico (humus) en la producción de forraje y semilla de pasto avena (*Arrhenatherum elatius*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 24-57

9. HARO, Y. 2011. "Evaluación de diferentes niveles de fertilizante foliar completo (abonagro-polvo) en la producción de forraje y semilla el *Arrhenatherumelatius* en la estación experimental Tunshi. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.pp.22-34.
10. HEVIA, R. 2007. BENTONITAS, Propiedades y usos industriales. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Edit. Arg. Pp.45-48
11. HUSS, D. 2001. Fundamentos de manejo de pastizales Sn. Monterrey, México. Edit. Int. Teen. p 15.
12. <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bentonitas-htm>
13. <http://www.wikipedia.Arrhenatherum.com>.2012. Aasen, A .Estudio del origen del pasto avena.
14. <http://www.institutocolombianoagropecuario.com>.2012.Adams,G.característic adel pastoavena.
15. <http://www.wikipedia.pastosyforrajes.com>.2012. Avalos, J. Clasificación taxonómica del pasto avena.
16. <http://www.es.wikipedia.org>.2012. Barendse, R. Características generales del pasto avena.
17. <http://www.technidea.com.ar>.2012. Barrero, A. Morfología del pasto *Arrhenatherumelatius*.
18. <http://www.promer.org>. 2012. Beale, M. Tiempo a la prefloración del pasto avena.

19. <http://es.wikipediarrhenatherum.com>.2012. Bearder, J. Produccion de forrajedel pasto avena.
20. <http://www.arsgrin.gov.com>.2012.Candau, R. Porcentaje de germinación del pasto avena.
21. <http://aefa-agronutrientes.org/fertilizantes-organicos-organo-minerales-y-enmiendas-organicas>. 2013. Gomez, R. Fertilizantes orgánicos, órgano-minerales y enmiendas orgánicas
22. <http://www.wikipedia.Arrhenatherum.com>.2012. Aasen,A. Estudio del origen del pasto avena.
23. <http://www.promer.org>. 2007.Aasen,A Estudios de las características del pasto avena.
24. JIMENEZ, M. 2010. Evaluación del efecto de tres abonos líquidos foliares orgánicos enriquecidos con microelementos en la producción primaria forrajera de diferentes especies de pastos promisorios e introducidos. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.pp.30-91.
25. KENDALL, T. (2008). "Bentonite. Major Market Rewiew". Industrial Minerals. May. pp 25-37.
26. LOPEZ, B. (2007). Estudio fel efecto de diferentes niveles de abono orgñanico (humus), en la producción de forraje y semilla de pasto avena (Arrhenatherumelatius), aplicado en forma basal. Tesis de

Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 32-56

27. MEDINA, J. (2012). Bentonita-Urea absorbida, y su uso como acondicionador de suelos. pp.44.
28. PALACIOS, R. 1994. Producción al primer y segundo corte del pasto avena con diferentes niveles de abono orgánico y tres intervalos de riego. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 32-54.
29. PAREDES, D. 2010. Evaluación del comportamiento productivo forrajero del *Arrhenatherumelatius* (pasto avena), mediante la aplicación de micorriza (Glomeramycota), más abono orgánico bovino Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. pp. 28-50.
30. PARRA, R. 1993. Producción de semilla del pasto avena (*Arrhenatherumelatius*), con diferentes niveles de abono foliar (16-32-16 y 10-40-10) aplicado en forma basal y en tres etapas de crecimiento. Tesis de Grado.
31. PASTO, P. 2008 .Evaluacion del grado de adaptación de dos especies forrajeras, *Poa palustris* y *Arrhenatherumelatius* en comparación con *Lolium perenne* en la comunidad de Larkaloma. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 22-47
32. POAQUIZA, N. 2007. Determinación del nivel óptimo de nitrógeno y fósforo en la producción de forraje y semilla de la *Poa palustris*. Tesis de Grado.

Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador. pp 31-53.

33. ROBALINO, M. 2008. Evaluación de biofertilizantes en la producción de forraje y semilla del *Arrhenatherumelatius* (pasto avena), en la Estación Experimental Tunshi. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 34-64.
34. RIVEROS, A. 2008. Pastos y forrajes. Bogotá Colombia Edit. ICA. pp. 222-239. Archivo de Internet. Pdf.
35. SAMANIEGO, E. 1992. Producción de semilla de Pasto avena (*Arrhenatherum pratense*). Con dos sistemas de fertilización. Tesis de grado. FIZ. FCP. ESPOCH. Riobamba, Ecuador. pp 34-61.
36. USCA, D. 2009. Evaluación de diferentes niveles de humus líquido como fertilizante foliar en la producción de forraje y semilla del *Arrhenatherumelatius* (Pasto avena). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. pp 17,29,30, 31

**ANEXOS**

Anexo 1. Análisis estadístico de la producción de forraje verde (Tn/ha/corte) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita.

### 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	4,40	6,47	4,39	3,16	18,42	4,61
T1	7,55	4,67	4,56	5,70	22,47	5,62
T2	6,24	6,14	4,47	5,00	21,85	5,46
T3	6,29	6,70	6,35	7,29	26,62	6,66
T4	11,50	11,05	15,44	10,46	48,44	12,11

### 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	174,41			
Niveles de bentonita	4	144,8	36,2	15,88	0,0001
Bloques	3	2,26	0,75	0,33	0,803
Error	12	27,35	2,28		

### 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	4,61	0,75	b
0,5Tn/ha	5,46	0,75	b
1Tn/ha	5,62	0,75	b
1,5Tn/ha	6,66	0,75	b
2Tn/ha	12,11	0,75	a

Anexo 2. Análisis estadístico de la producción de materia seca (Tn/ha/corte) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita.

### 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	1,11	1,64	1,11	0,80	4,66	1,17
T1	1,87	1,15	1,13	1,41	5,56	1,39
T2	1,53	1,51	1,09	1,23	5,35	1,34
T3	1,46	1,56	1,48	1,70	6,19	1,55
T4	2,77	2,66	3,72	2,52	11,68	2,92

### 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	9,84			
Niveles de bentonita	4	8,05	2,01	14,65	0,0001
Bloques	3	0,14	0,05	0,33	0,8048
Error	12	1,65	0,14		

### 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	1,17	0,19	b
0,5Tn/ha	1,39	0,19	b
1Tn/ha	1,34	0,19	b
1,5Tn/ha	1,55	0,19	b
2Tn/ha	2,92	0,19	a

Anexo 3. Análisis estadístico de la cobertura basal (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 15 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	31,00	30,33	30,33	32,00	123,67	30,92
T1	35,67	33,00	33,67	35,00	137,33	34,33
T2	38,67	35,33	40,00	37,70	151,70	37,93
T3	42,67	40,67	42,35	40,33	166,02	41,51
T4	44,80	43,85	46,80	44,95	180,40	45,10

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	531,96			
Niveles de bentonita	4	505,28	126,32	109,45	<0,0001
Bloques	3	12,83	4,28	3,70	0,0427
Error	12	13,85	1,15		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Niveles de Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	30,92	0,54	e
0,5Tn/ha	34,34	0,54	d
1Tn/ha	37,93	0,54	c
1,5Tn/ha	41,51	0,54	b
2Tn/ha	45,1	0,54	a

Anexo 4. Análisis estadístico de la cobertura basal (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 30 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	33,40	33,86	32,70	34,50	134,46	33,62
T1	36,84	35,43	35,60	37,50	145,37	36,34
T2	39,87	37,69	42,10	40,40	160,06	40,02
T3	45,50	42,30	44,70	44,10	176,60	44,15
T4	46,90	45,80	49,50	48,65	190,85	47,71

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	549,27			
Niveles de bentonita	4	520,71	130,18	100,02	0,0001
Bloques	3	12,94	4,31	3,32	0,057
Error	12	15,62	1,3		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	33,62	0,57	e
0,5Tn/ha	36,34	0,57	d
1Tn/ha	40,02	0,57	c
1,5Tn/ha	44,15	0,57	b
2Tn/ha	47,71	0,57	a

Anexo 5. Análisis estadístico de la cobertura basal (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 45 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	36,40	35,85	36,40	37,50	146,15	36,54
T1	38,60	38,10	38,90	40,40	156,00	39,00
T2	42,35	41,20	43,30	44,76	171,61	42,90
T3	48,60	45,90	47,89	48,55	190,94	47,74
T4	50,65	49,85	53,60	52,35	206,45	51,61

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	635,78			
Niveles de bentonita	4	611,26	152,81	261,02	0,0001
Bloques	3	17,49	5,83	9,96	0,0014
Error	12	7,03	0,59		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	36,54	0,38	e
0,5Tn/ha	39,00	0,38	d
1Tn/ha	42,90	0,38	c
1,5Tn/ha	47,74	0,38	b
2Tn/ha	51,61	0,38	a

Anexo 6. Análisis estadístico de la cobertura basal (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 60 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	40,30	40,20	41,85	42,75	165,10	41,28
T1	43,70	44,63	44,70	45,70	178,73	44,68
T2	45,70	46,70	46,78	47,00	186,18	46,55
T3	52,00	49,60	51,80	53,45	206,85	51,71
T4	55,70	54,80	57,15	58,24	225,89	56,47

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	597,44			
Niveles de bentonita	4	575,28	143,82	259,8	0,0001
Bloques	3	15,52	5,17	9,35	0,0018
Error	12	6,64	0,55		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%,

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	41,28	0,37	e
0,5Tn/ha	44,68	0,37	d
1Tn/ha	46,55	0,37	c
1,5Tn/ha	51,71	0,37	b
2Tn/ha	56,47	0,37	a

Anexo 7. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 15 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	42,00	41,67	43,00	40,67	167,33	41,83
T1	45,70	45,00	46,00	43,00	179,70	44,93
T2	50,00	50,67	49,67	50,33	200,67	50,17
T3	64,67	61,67	62,67	61,33	250,33	62,58
T4	65,00	65,70	66,78	67,80	265,28	66,32

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	1888,25			
Niveles de bentonita	4	1868,17	467,04	332,53	0,0001
Bloques	3	3,23	1,08	0,77	0,5342
Error	12	16,85	1,4		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	41,84	0,59	e
0,5Tn/ha	44,93	0,59	d
1Tn/ha	50,17	0,59	c
1,5Tn/ha	62,59	0,59	b
2Tn/ha	66,32	0,59	a

Anexo 8. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 30 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	43,00	42,53	44,50	43,07	173,10	43,28
T1	46,70	46,30	46,80	44,80	184,60	46,15
T2	52,10	53,00	51,70	52,60	209,40	52,35
T3	66,92	63,78	65,30	63,94	259,94	64,99
T4	68,70	68,90	69,75	70,60	277,95	69,49

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	2148,2			
Niveles de bentonita	4	2132,55	533,14	449,07	0,0001
Bloques	3	1,4	0,47	0,39	0,7596
Error	12	14,25	1,19		

## 4. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	43,28	0,64	e
0,5Tn/ha	46,15	0,64	d
1Tn/ha	52,18	0,64	c
1,5Tn/ha	64,99	0,64	b
2Tn/ha	69,49	0,64	a

Anexo 9. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 45 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	45,70	45,70	47,80	46,65	185,85	46,46
T1	48,60	49,30	48,75	47,90	194,55	48,64
T2	55,60	56,80	54,24	55,41	222,05	55,51
T3	68,90	66,70	69,70	68,40	273,70	68,43
T4	73,40	74,50	75,70	75,60	299,20	74,80

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	2475,34			
Niveles de bentonita	4	2459,73	614,93	533,95	0,0001
Bloques	3	1,79	0,6	0,52	0,6784
Error	12	13,82	1,15		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	46,46	0,54	d
0,5Tn/ha	48,64	0,54	d
1Tn/ha	55,51	0,54	c
1,5Tn/ha	68,43	0,54	b
2Tn/ha	74,8	0,54	a

Anexo 10. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%) del *Arrhenatherum elatius*, bajo el efecto de la aplicación de diferentes dosis (0, 0,5, 1, 1,5 Y 2 Tn/ha), de Bentonita, a los 60 días.

## 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Repeticiones				suma	Media
	I	II	III	IV		
T0	50,65	51,25	55,54	52,36	209,80	52,45
T1	54,86	57,96	55,75	56,30	224,87	56,22
T2	62,50	63,80	61,28	62,80	250,38	62,60
T3	74,60	72,00	74,50	75,65	296,75	74,19
T4	77,89	78,80	79,50	80,43	316,62	79,16

## 2. ANALISIS DE LA VARIANZA

F. Variación	gl	S. Cuad.	C. Medio	F	Prob
Total	19	2133,88			
Niveles de bentonita	4	2100,65	525,16	231,31	0,0001
Bloques	3	5,99	2	0,88	0,4789
Error	12	27,24	2,27		

## 3. SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY AL 5%

Bentonita	Media	EE	Rango
0Tn/ha	52,45	0,75	e
0,5Tn/ha	56,22	0,75	d
1Tn/ha	62,6	0,75	c
1,5Tn/ha	74,19	0,75	b
2Tn/ha	79,16	0,75	a