



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



**PRODUCCIÓN DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) CON
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL - ILLPA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FRANCO DENNIS PUMA LIMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis padres:

Raymi Adolfo Puma Loayza y Benigna Ricardina Lima Medina, por haberme dado la vida y formado como la persona que soy, por su paciencia, amor y sus consejos que fueron pilares para mi formación profesional; por el gran ejemplo de sobre salir en las adversidades de la vida.

A mis hermanos:

Percy Gibson, Ruth Maritza y Jhon Carlos, que juntos a ellos pasamos hermosos momentos y haberme apoyado y brindarme fortaleza en los momentos difíciles que pasaron, por las experiencias vividas de cada uno de ellos.

A mi pareja:

Con amor y cariño a Danitza Betty Vásquez Jarita, por el apoyo incondicional en cada momento de mi formación profesional, dedicación y por la paciencia que me tuvo e inspirarme para poder superarme y tener un futuro promisorio.

Franco Dennis



AGRADECIMIENTO

Eterna gratitud a Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera profesional y en mis momentos de debilidad, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida profesional.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por haberme permitido pertenecer y formarme en sus aulas, a la Facultad de Ciencias Agrarias; Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por acogerme durante los años de estudio y a los docentes por los conocimientos impartidos en toda mi etapa de mi formación profesional.

A mi director Dr. Pablo Antonio Beltrán Barriga, por su dirección, asesoría y aporte ofrecido durante, la ejecución del proyecto de tesis a quien doy mis más sinceros agradecimientos por el apoyo dado.

A los miembros del Jurado, D.Sc. Javier Mamani Paredes, Ing. M.Sc. Luis Amílcar Bueno Macedo y D.Sc. Ali William Canaza Cayo, por las correcciones y sugerencias dadas durante la elaboración y revisión del presente trabajo de investigación.

A Ing. Juan Carlos Salas Membrillo, Ing. M.Sc. Juan Edgar Huanca Yujra, Ing. Bailon Sacachipana Chuquicallata por su apoyo brindado.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Vilck Modesto Checalla Mamani, por su apoyo, sugerencias y recomendaciones para la culminación del presente trabajo de investigación.

Agradecer a los compañeros que formaron parte de este proyecto de investigación, David Jonathan, Rosinaldo, Aderly Marcos. Por el apoyo brindado en la instalación del proyecto de investigación.

Franco Dennis



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO REFERENCIAL 16

2.2 MARCO TEÓRICO..... 18

2.2.1 Origen de la avena forrajera 18

2.2.2 Clasificación taxonómica 18

2.2.3 Características botánicas 19

2.2.4 Fases fenológicas..... 20

2.2.5 Variedades 22

2.2.6 Avena forrajera variedad Tayko – INIA 903 22

2.2.7 Requerimientos edafoclimáticos de la avena forrajera..... 23

2.2.8 Requerimientos nutricionales de la avena forrajera 25

2.2.9 Fertilizantes 25

2.2.10 Dosis de fertilización..... 26

2.2.11 Manejo del cultivo de avena forrajera 27

2.2.12 Henificación de la avena forrajera..... 31



2.2.13 Factores que afectan la calidad de heno	32
2.2.14 Pérdidas durante la henificación.....	34
2.2.15 Proceso de henificación.....	35
2.2.16 Características de calidad del heno	38
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	39
2.3.1 Nitrógeno.....	39
2.3.2 Rendimiento	41
2.3.3 Valor nutricional del forraje de avena.....	41
2.3.4 Calidad del forraje de avena.....	41
2.3.5 Energía neta de lactación (ENL)	41
2.3.6 Fibra detergente neutro (FDN).....	42
2.3.7 Proteína cruda (PC)	42
2.3.8 Materia seca (MS)	42
2.3.9 Materia verde (MV).....	43
2.3.10 Materia orgánica (MO).....	43
2.3.11 Fracción de nitrógeno	43
2.3.12 Costos de producción	44
2.3.13 Costos variables.....	44
2.3.14 Costo fijo	45
2.3.15 Costo total.....	45
2.3.16 Ingresos	45
2.3.17 Rentabilidad.....	46
2.3.18 Relación beneficio/costo	46

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	48
3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	48



3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICO DEL SUELO EXPERIMENTAL	50
3.4 PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO	51
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	51
3.6 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	53
3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	54
3.7.1 Preparación del terreno	54
3.7.2 Muestreo del terreno	54
3.7.3 Marcado del área experimental	54
3.7.4 Densidad y siembra de la avena forrajera	55
3.7.5 Aplicación de fertilización nitrogenada	55
3.7.6 Deshierbo	56
3.7.7 Cosecha	56
3.7.8 Elaboración de heno de avena	56
3.7.9 Materiales de campo	57
3.8 VARIABLES EN ESTUDIO	57
3.8.1 Características productivas	57
3.8.2 Costos y beneficios económico	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE LA AVENA	62
4.1.1 Altura de planta	64
4.1.2 Diámetro de tallo	66
4.1.3 Longitud de hoja	67
4.1.4 Ancho de hoja	68
4.1.5 Área foliar	69
4.1.6 Número de tallos por planta	70
4.1.7 Rendimiento de materia verde	71



4.2 HENO DE AVENA Y SU VALOR NUTRITIVO.....	73
4.2.1 Rendimiento de materia seca.....	74
4.2.2 Porcentaje de materia seca.	76
4.2.3 Porcentaje de humedad.....	77
4.2.4 Porcentaje de proteína.	77
4.2.5 Porcentaje de ceniza.	79
4.2.6 Extracto etéreo.....	80
4.2.7 Fibra cruda.....	81
4.2.8 Fibra detergente neutra (FDN).	81
4.2.9 Energía neta de lactación en Mcal/ lb MS (ENL).	83
4.2.10 Materia orgánica.....	84
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	85
V. CONCLUSIONES.....	88
VI. RECOMENDACIONES	89
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	101

Área : Ciencias agrícolas

Tema : Manejo de pastizales y cultivos forrajero

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 de enero 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Fenología de avena (SENAMHI, 2021).	22
Figura 2.	Ciclo del nitrógeno (Elizondo, 2006).	40
Figura 3.	Precipitación acumulada 2019 – 2020, (SENAMHI, 2021).	49
Figura 4.	Temperaturas campaña agrícola 2019 – 2020 (SENAMHI, 2021).	50
Figura 5.	Croquis distribución de tratamientos avena.	55
Figura 6.	Efecto del nivel de fertilización sobre altura de planta.	64
Figura 7.	Efecto del nivel de fertilización sobre el diámetro de tallo.	66
Figura 8.	Efecto del nivel de fertilización sobre la longitud de la hoja.	67
Figura 9.	Efecto del nivel de fertilización sobre ancho de hoja.	68
Figura 10.	Efecto del nivel de fertilización sobre sobre el área foliar.	69
Figura 11.	Efecto del nivel de fertilización sobre número de tallos.	71
Figura 12.	Efecto del nivel de fertilización sobre altura de planta.	72
Figura 13.	Efecto del nivel de fertilización sobre el rendimiento de materia seca.	75
Figura 14.	Efecto del nivel de fertilización sobre el porcentaje de materia seca.	76
Figura 15.	Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de humedad.	77
Figura 16.	Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de proteína.	78
Figura 17.	Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de cenizas.	79
Figura 18.	Efecto del nivel de fertilización sobre el extracto etéreo.	80
Figura 19.	Efecto del nivel de fertilización sobre fibra cruda.	81
Figura 20.	Efecto del nivel de fertilización sobre FDN.	82
Figura 21.	Efecto del nivel de fertilización sobre ENL.	83
Figura 22.	Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de materia orgánica. .	85
Figura 23.	Beneficio/costo y su relación con el rendimiento de MS kg/ha.	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Avena forrajera: por Región, Campaña agrícola: 2018 - 2019.....	17
Tabla 2.	Producción de Avena forrajera en las provincias de Puno.	17
Tabla 3.	Características de la avena forrajera de la variedad Tayko.....	23
Tabla 4.	Fertilizantes más comunes indicando las concentraciones de los elementos que poseen.....	25
Tabla 5.	Fertilización según al análisis del suelo.....	29
Tabla 6.	Análisis físico – químico del suelo experimental campaña agrícola 2019-2020.....	51
Tabla 7.	Distribución de tratamientos.....	52
Tabla 8.	Transformaciones y forma de análisis de varianza.....	53
Tabla 9	Efecto del bloque y los niveles de fertilizante para características productivas de la avena forrajera.....	63
Tabla 10.	Efecto del bloque y nivel de fertilización para valores nutritivos de heno de avena.....	74
Tabla 11.	Costos en la producción de avena.....	86
Tabla 12.	Análisis de varianza para ancho de hoja.....	105
Tabla 13.	Análisis de la varianza para área foliar.....	105
Tabla 14.	Análisis de la varianza para altura de planta.....	106
Tabla 15.	Análisis de la varianza para diámetro de tallo.....	106
Tabla 16.	Análisis de la varianza para el rendimiento de materia seca kg/ha.....	106
Tabla 17.	Análisis de la varianza para el porcentaje de humedad (transformación % <i>arco seno</i>).....	106
Tabla 18.	Análisis de la varianza para contenido de proteína (transformación % <i>arco seno</i>).....	107



Tabla 19. Análisis de la varianza para contenido de ceniza (transformación % <i>arco seno</i>).	107
Tabla 20. Análisis de la varianza para extracto etéreo.....	107
Tabla 21. Análisis de la varianza para fibra cruda.....	107
Tabla 22. Análisis de la varianza para FDN (transformación % <i>arco seno</i>).....	108
Tabla 23. Análisis de la varianza para ENL.....	108
Tabla 24. Análisis de la varianza para materia orgánica (transformación % <i>arco seno</i>).	108
Tabla 25. Análisis de la varianza para rendimiento	108
Tabla 26. Análisis de la varianza para el % de materia seca (transformación % <i>arco seno</i>).	109
Tabla 27. Costos en la producción de avena con fertilización 0 N kg/ha.	112
Tabla 28. Costos en la producción de avena con fertilización 50 N kg/ha.	113
Tabla 29. Costos en la producción de avena con fertilización 100 N kg/ha.	114
Tabla 30. Costos en la producción de avena con fertilización 150 N Kg/ha.	115
Tabla 31. Base de datos obtenidos.	116



LISTA DE ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
°C	: Grados Celsius
CMS	: Consumo de materia seca
ENL	: Energía neta de lactancia
ha	: Hectárea
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria
FDN	: Fibra detergente neutro
N	: Nitrógeno
MS	: Materia seca
MSD	: Materia seca digestible
t	: Tonelada
VRS	: Valor relativo de forraje
PC	: Proteína cruda



RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro Experimental-Illpa de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Altiplano - Puno, durante la campaña agrícola 2019 – 2020, los objetivos estudiados fueron, a) Determinar las características productivas de la avena forrajera con tres niveles de fertilización nitrogenada, b) Cuantificar el valor nutritivo del heno de avena (contenido de materia seca, materia inorgánica, proteína cruda, y fibra detergente neutra), c) Estimar el costo de producción de forraje de avena, con tres niveles de fertilización nitrogenada, se utilizó un Diseño de Bloque Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales, los tratamientos fueron: T0, T1, T2, T3 con 0, 50, 100 y 150 kg/ha de N respectivamente, los parámetros evaluados fueron, largo de hoja, ancho de hoja, área foliar, altura de planta, diámetro de tallo, esto durante la madurez fisiológica. La evaluación del rendimiento de biomasa forrajera se realizó en el momento del corte; para el análisis del valor nutritivo del heno de avena se evaluó, el contenido de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutra, los resultados evidencian que los niveles de fertilización afectan significativamente sobre la altura de planta con un intervalo de 1.27 a 1.61 m, en el diámetro de tallo de 0.51 a 0.65 cm, en el largo de hoja de 31.57 a 44.15 cm, en el ancho de hoja de 0.95 a 2.16 cm, área foliar de 25.66 a 80.13 cm², materia verde (MV) de 21411.11 a 58333.33 kg/ha, con un rendimiento de materia seca (MS) de 5161.16 a 14792.12 kg/ha ($p \leq 0.01$), en cuanto a las características nutritivas los niveles de fertilización no tienen efecto ($p \geq 0.05$) y en los costos de producción se obtienen mejores ingresos económicos, a una mayor dosis de fertilización de N resultando con una rentabilidad de 3.60 a 160.40 %.

Palabras clave: Rendimiento, Fertilización, *Avena sativa* L, caracteres nutritivos del heno, costos.



ABSTRACT

The production of forage oats under four levels of nitrogen fertilization was studied at the Experimental Center-Illpa of the Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Altiplano - Puno, during the period 2019-2020; The objectives studied were: a) Determine the productive characteristics of forage oats with three levels of nitrogen fertilization, b) Quantify the nutritional value of oat hay (content of dry matter, inorganic matter, crude protein and neutral detergent fiber). c) Estimate the cost of oat forage production, with three levels of nitrogen fertilization. A Completely Random Block Design was used, with 4 treatments and 3 repetitions, making a total of 12 experimental units. The treatments were: T0, T1, T2, T3 with 0, 50, 100 and 150 kg / ha of urea respectively. The evaluated parameters were length, width, leaf area, plant height, stem diameter, this during physiological maturity. The evaluation of the forage biomass yield was carried out at the moment of cutting; for the analysis of the nutritional value of the oat hay, the following were evaluated: the content of dry matter, organic matter, crude protein and neutral detergent fiber. The results show that fertilization levels significantly affect plant height with an interval of 1.27 to 1.61 m, in stem diameter from 0.51 to 0.65 cm, in leaf length from 31.57 to 44.15 cm, in width of leaf from 0.95 to 2.16 cm, leaf area from 25.66 to 80.13 cm², fresh weight from 21411.11 to 58333.33 kg / ha, with a dry matter yield of 5161.16 to 14792.12 kg / ha ($p \leq 0.01$), regarding the nutritional characteristics fertilization levels have no effect ($p \geq 0.05$) and better economic income is obtained in production costs, at a higher dose of urea fertilization, resulting in a profitability 3.60 to 16.40%.

Key Words: Yield, Fertilization, *Avena sativa*, nutritional characteristics of hay, costs.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La avena (*Avena sativa* L.), es una gramínea de comportamiento anual y versátil. Se adapta a distintas condiciones ambientales y de manejo, siendo importante entre las pasturas cultivadas para la alimentación del ganado en la época seca (Flores, 2019), cultivo que se considera de buena calidad, con alto valor nutritivo de excelente palatabilidad y su facilidad para ser conservada como heno o ensilado.

La Sierra peruana, alberga la mayor parte de la población ganadera, tiene un 70% de vacunos, 97% de ovinos y el 100% de los camélidos sudamericanos entre alpacas, llamas y vicuñas (Miranda y Ccana, 2014), siendo el sustento de muchas familias rurales en el altiplano sin embargo, la producción agrícola no acompaña satisfactoriamente a este propósito, debido a los climas fríos, bajas precipitaciones pluviales y a la escases de agua, que no contribuye para la óptima producción de los forrajes cultivados y naturales.

El problema prioritario de la producción pecuaria es la alimentación de animales, generándose la inestabilidad de la ganadería en el Perú, también se tiene la deficiencia en la utilización de los recursos alimenticios como forrajes, la baja calidad y cantidad del forraje producido que repercuten en la subalimentación del ganado, siendo así la avena, un cultivo forrajero temporal para corte y de gran importancia para la alimentación del ganado, esta gramínea se adapta a una gran diversidad de pisos altitudinales, desde los 2500 a 4000 m.s.n.m. y a climas variados (Noli *et al.*, 2004), de ahí que la avena forrajera constituye como un alimento tradicional e insustituible para la alimentación de diferentes animales.

Argote y Halanoca (2007), señalan que en el altiplano de Puno durante en los meses de sequía no permite la producción de forrajes frescos, sin embargo, donde sí se



logra producir abundante forraje de avena es en la época de lluvias, utilizando variedades que ofrezcan altos rendimientos, este forraje obtenido puede ser almacenado y conservado a fin de disponer de forrajes durante la época de estiaje.

Los rendimientos promedio de forraje de la avena forrajera cultivada en la región altiplánica son variados y muy pobres, es preciso buscar alternativas forrajeras que contengan mejores valores nutricionales en la biomasa verde alimenticia; para ello, fundamentalmente se requiere del aporte del nitrógeno para el metabolismo de la planta, pues el nitrógeno, es el nutriente más requerido y absorbido por la avena para aumentar el rendimiento y la calidad nutritiva (Rodríguez y Campillo, 2006), el nitrógeno como nutriente tiene importancia fisiológica en la producción de materia seca e influye en la calidad de los pastos, al intervenir en el contenido de proteína cruda y digestibilidad, debe estar disponible en sus diferentes fases fenológicas de la planta, a fin de promover su crecimiento, desarrollo y valor nutricional del forraje.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- **Objetivo general**

Evaluar la producción de avena forrajera (*Avena sativa* L.) bajo tres niveles de fertilización nitrogenada en el Centro experimental – Illpa.

- **Objetivos específicos**

- Determinar las características productivas de la avena forrajera con tres niveles de fertilización nitrogenada.
- Cuantificar el valor nutritivo del heno de avena (contenido de materia seca, materia inorgánica, proteína cruda, y fibra detergente neutra).
- Estimar el costo de producción de forraje de avena, con tres niveles de fertilización nitrogenada.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO REFERENCIAL

La avena (*Avena sativa* L.) es una importante planta productora de granos en varios países, que también se utiliza como forraje para la alimentación de animales en pastoreo, heno o ensilado. Esta gramínea produce forraje de buena calidad, cuando otros cultivos forrajeros de mejor calidad son escasos.

La avena es el sexto cereal más importante del mundo en producción de grano después del trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (Leyva Mir Santo *et al.*, 2004).

El cultivo de avena es una gramínea anual, importante entre los pastos cultivados para la sierra, con adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y de manejo, usado en forraje verde, heno y ensilado usado para la alimentación del ganado vacuno en época de seca o de estiaje entre mayo a setiembre (Nolí y Ricapa, 2010). Asimismo (Ordoñez y Bojórquez, 2011), mencionan que la avena posee un alto rendimiento de biomasa y un buen contenido nutricional, son características que permiten mejorar la alimentación del ganado en las zonas alto andinas de la Sierra Central del Perú.

Choque (2005), menciona que la avena es uno de los cereales introducidos al Perú, por ser una excelente planta forrajera, se ha convertido en uno de los cultivos más difundidos principalmente en la región de la sierra alto andinas. Las distintas variedades cultivadas de avena son de gran importancia para la alimentación ganadera, la facilidad de su cultivo, su adaptación a una extensa superficie agrícola, su buena producción de forraje en verano, su palatabilidad y valor nutritivo en verde y como heno o ensilaje, han

sido las causas de la popularidad de los avenales como forraje para engorde y producción de leche para los animales.

Tabla 1. Avena forrajera: por Región, Campaña agrícola: 2018 - 2019.

Región	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Producción (t)		Rendimiento kg/ha			
	2017-2018	2018-2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Apurímac	1 329	769	131	91	1 775	1 266	13 546	13 907
Arequipa	267	293	22	35	401	646	18 245	18 460
Ayacucho	5 787	7 350	30	24	540	340	18 000	14 167
Cajamarca	1 101	556	0	0	0	0	0	0
Cusco	15 158	13 591	35	96	910	2 066	26 000	21 521
Huancavelica	1 342	477	2	29	23	434	11 500	11 128
Huánuco	847	1027	101	88	1 481	1 274	14 663	14 477
Junín	5 205	4 934	150	162	2 500	2 741	16 664	16 917
Libertad	1 415	996	49	50	666	708	13 596	14 156
Moquegua	37	22	0	0	0	0	0	0
Pasco	238	193	0	0	0	0	0	0
Puno	75 165	73 205	0	0	0	0	0	0
Tacna	4	32	0	0	0	0	0	0
Total	107895	103445	520	585	8 296	9 474	15 953	16 195

FUENTE: MINAGRI (2019).

Tabla 2. Producción de Avena forrajera en las provincias de Puno.

Provincia	Siembra (ha)		Rendimiento (kg/ha)		Producción (t)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Puno	5 135	5 183	23 063	22 536	118 431	116 807
Azángaro	10 420	11 430	24 118	23 104	251 311	264 085
Carabaya	646	713	23 142	23 323	14 950	16 630
Chucuito	3 625	3 295	22 825	22 654	82 743	74 647
El Collao	2 742	2 776	21 123	21 415	57 921	59 450
Huancané	9 840	9 760	24 807	25 242	244 107	246 369
Lampa	9 509	11 160	23 863	23 983	226 916	267 656
Melgar	18 440	23 040	23 206	24 008	427 923	553 155
Moho	423	416	19 685	20 067	8 327	8 348
San Antonio de Putina	994	1 115	30 973	30 234	30 788	33 711
San Román	4 070	4 160	23 758	24 134	96 697	100 400
Sandia	-	-	-	-	-	-
Yunguyo	2 196	2 117	25 456	24 570	55 902	-

FUENTE: Dirección Regional Agraria – Puno (DRA), 2020.



2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Origen de la avena forrajera

Villanueva (2006), menciona que las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central y están datadas en la Edad del Bronce.

Se sabe que este cereal data alrededor de 2000 años antes de Cristo, en el Medio Oriente y particularmente en las áreas vecinas al mar Mediterráneo. Sin embargo, se considera que la avena recién fue cultivada en los primeros siglos de la Era Cristiana, citada por autores precristianos como maleza, especialmente del trigo y de la cebada, cultivos a los que acompañó hasta su propia evolución, se transformó en autónoma.

2.2.2 Clasificación taxonómica

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

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Uliopsida
Orden : Poales
Familia : Poaceae
Género : Avena
Especie : *Avena sativa* L.



2.2.3 Características botánicas

La avena forrajera es una especie herbácea anual, fanerógama (plantas vasculares que producen semillas) Choque (2005), describe de la siguiente manera:

- **Raíz**

La planta de avena posee abundantes raíces fibrosas (reticulares) y profundas e incluso más abundantes que las de otros cereales, lo que le permite absorber mejor los nutrientes del suelo y disminuir la cantidad de fertilizantes requeridos para su desarrollo.

- **Tallo**

Los tallos de la avena forrajera son erectos cilíndricos, compuesto de nudos y entrenudos. Pueden medir de 0.5 y hasta 1 m de altura, con poca resistencia al acame o tumbada, produce buen número de macollos variando entre 5 a 12 por planta según la variedad.

- **Hojas**

Posee hojas lanceoladas de una longitud promedio de 25 cm y un ancho de 1 a 2 cm, en la unión de la hoja y el tallo se encuentra una lígula blanca y ovalada, carecen de aurícula, compuestas de vainas enrolladas en el entrenudo.

- **Inflorescencia**

La inflorescencia de la avena sativa es en panícula (Formada por un racimo de ejes laterales que se ramifican en forma de espiga), de donde crecen de dos a tres flores que se ubican sobre largos pedúnculos que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación. se caracterizan por no desarticularse en la madurez.



- **Flor**

Las flores aparecen en espigas de dos o tres de ellas, pero lo que más se conocen son granos que maduran sobre la misma espiga. Alcanzan 1.5 cm y presentan una forma bastante alargada y estrecha.

- **Fruto**

Es una cariósida, es decir, que es seco con una sola semilla y el pericarpio adherido, vestida algo alargado y puntiagudo en ambos extremos, conocido como grano o semilla.

2.2.4 Fases fenológicas

El conocimiento de los estados de desarrollo de los cultivos es importante, porque muchas labores (Como aplicaciones de fertilizantes, selección de herbicidas y el tiempo óptimo de cosecha), se efectúan según el estado fenológico de la planta.

Según (Yzarra y López, 2017), mencionan una breve descripción de las fases fenológicas más importantes del cultivo de avena.

- **Emergencia**

Desde que emergen las primeras raicillas hasta la aparición de las primeras hojas. Adaptación de las plantitas con 1 o 2 hojas por encima de la superficie del suelo.

- **Tercera Hoja**

Aparece la tercera hoja en la planta.

- **Macollamiento**

Es el momento en la que aparece el primer macollo en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. Las plantas muestran brotes o macollos o a partir del



estado de segunda hoja hasta la cuarta hoja verdadera, comienza el crecimiento de macollos desde yemas ubicadas en los subnudos del eje principal, así, un macollo va emitiendo hojas y produciendo raíces adventicias durante su desarrollo vegetativo. Las plantas pueden llegar a producir entre tres a cinco macollos, siendo común que uno o dos de los macollos de formación más tardía no logren aportar al rendimiento (Yzarra y López, 2017).

- **Encañado**

Aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Este nudo se halla entre los 2 a 3 cm del suelo.

- **Panoja**

Es cuando la mitad de las panojas han comenzado a salir de la vaina de la hoja superior.

- **Floración**

Momento en la que se abren las primeras flores, presentan los estambres y el polen se desprende de la antera.

- **Grano lechoso**

Los granos al ser presionados expelen un líquido lechoso.

- **Grano pastoso**

Es cuando los granos que al ser presionados presentan una consistencia pastosa.

- **Madurez fisiológica**

Los granos se hallan duros y todas las partes de la planta están secas.

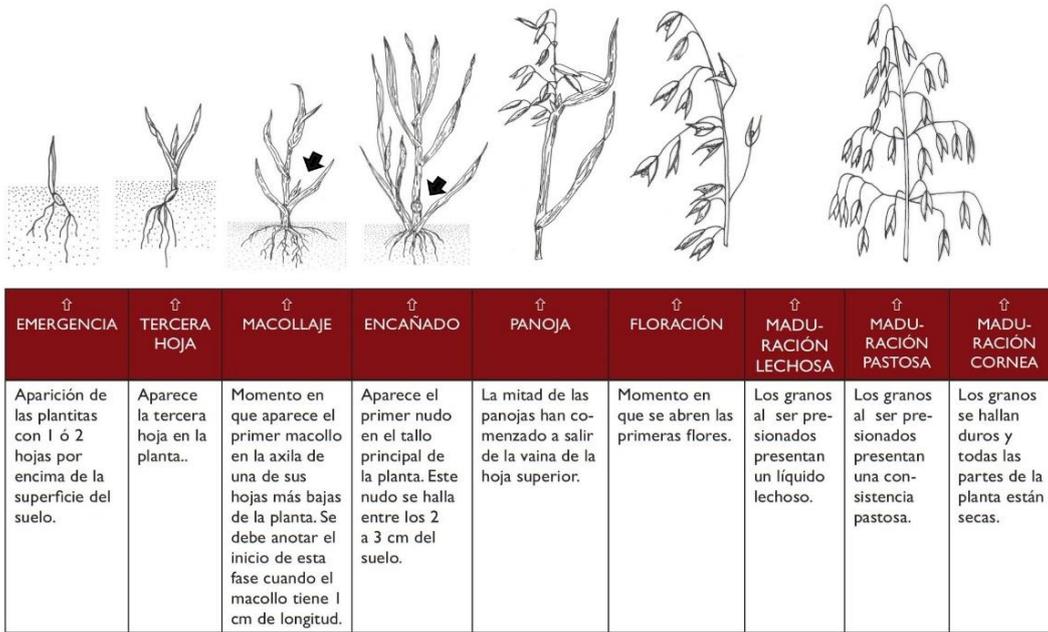


Figura 1. Fenología de avena (SENAMHI, 2021).

2.2.5 Variedades

En la actualidad, las variedades promisorias de la región del sur de país son INIA 903 Tayko, INIA-902 Africana, Avena Local, Vilcanota y Urano, este último es la avena importada INIA Puno, (2006); siendo la variedad Tayko, la más cultivada debido a su gran adaptación y rendimiento.

2.2.6 Avena forrajera variedad Tayko – INIA 903

El cultivar de avena forrajera INIA 903 - Tayko Andenes, tiene su origen en la colección efectuada en el año 1985 en la localidad de Huancarani (Paucartambo - Cusco). El mejoramiento genético fue realizado a través del Método Panoja – Surco (INIA, 2007).

Según el INIA (2007), su rango de adaptación va desde los 2900 a 3900 m.s.n.m.

Tabla 3. Características de la avena forrajera de la variedad Tayko.

Características	Datos referenciales
Número de macollos por planta	10 - 14
Altura de planta	160 cm
Color del grano	Marrón a negro
Días hasta el panojado	105
Días hasta la madurez del grano	185
Relación hoja/tallo	1.24
Índice de cosecha de forraje	83 %
Acame	5 - 10 %
Peso de 1000 granos	32 - 34 g
Rendimiento de materia verde	52.86 t/ha
Rendimiento de materia seca	10.68 t/ha
Rendimiento potencial de semilla	2.64 t/ha
Rendimiento de heno	10.87 t/ha
Rendimiento de ensilaje	47.52 t/ha

FUENTE: INIA (2007).

2.2.7 Requerimientos edafoclimáticos de la avena forrajera

El cultivo de avena, para obtener un rendimiento forrajero óptimo necesita ciertas condiciones agroecológicas tales como: clima, humedad relativa, precipitaciones, tipo de suelo.

- **Clima**

Flores *et al.* (2020), indican que la avena está bien adaptada a climas fríos y templados en el mundo. Según (Rodríguez y Porras, 1996), la temperatura máxima debe variar entre 16 a 17 °C y una mínima de 6 a 8 °C.

Choque (2005), señala, que la avena requiere un clima templado frío, temperatura de 6°C para germinar y de 12 a 16°C para completar su floración. En el Perú, se cultiva desde 2.500 hasta los 4.100 m.s.n.m. desarrollándose mejor en las zonas agroecológicas circunlacustre, Suni o Altiplano de la región de Puno.



Ruiz y Tapia (1987), indican que la avena es considerada una planta de estación fría, sensible a altas temperaturas, sobre todo durante la etapa de floración y formación del grano. Las mayores áreas de producción se localizan en climas fríos y las necesidades hídricas son muy elevadas y exigentes (Villanueva, 2006), por tener un coeficiente de transpiración elevado.

- **Humedad Relativa**

Tafernaberrí *et al.* (2012), mencionan que la avena forrajera es más exigente que el trigo y la cebada en cuanto a la humedad del suelo, por tener un coeficiente de transpiración elevado, aunque el exceso de humedad puede perjudicar su desarrollo. (Argote y Ruíz, 2011), mencionan que la humedad relativa debe variar entre 60 a 75 %.

- **Precipitación**

Argote y Ruíz (2011), indican que la avena forrajera requiere una precipitación de 500 a 700 mm para un desarrollo y rendimiento adecuado.

- **Suelo**

Argote y Ruíz (2011), señalan que el suelo es otro factor determinante para el éxito o fracaso del cultivo de avena forrajera, prefieren suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica y de textura franco-arenoso a franco arcilloso, el pH Alcalino: 7.3 a 8.0, aunque puede tolerar suelos con tendencia ácida (pH: 5.5. a 6.8).

Choque (2005), sostiene que la avena puede cultivarse en diferentes clases de suelo, pero alcanza su mayor producción en suelos de textura franco arcilloso, con pH de 5.0 a 7.5 sin problemas de salinidad, puede sembrarse en terrenos de barbecho, en terrenos de “rompe” de pastos naturales como cultivo explorador.



INIA (2007), reporta que la avena se desarrolla en suelos de rotación, es decir después del cultivo de papa o de quinua.

2.2.8 Requerimientos nutricionales de la avena forrajera

No puede generalizarse una fórmula de abonamiento, sin embargo, es recomendable utilizar el mayor porcentaje posible de nitrógeno cuando se siembra sola. La avena es una planta muy extractora del nitrógeno del suelo por ello es conveniente asociarla con algunas leguminosas.

2.2.9 Fertilizantes

Los fertilizantes aumentan la fertilidad de los suelos y proporcionan un medio para mantener niveles adecuados de fertilidad en los suelos (Guerrero,2012). Reemplazan los elementos nutritivos extraídos por las cosechas y pérdidas por percolación o lavaje, fijación entre otros.

Tabla 4. Fertilizantes más comunes indicando las concentraciones de los elementos que poseen.

FERTILIZANTES	N %	P2O5 %	K2O %	MgO%	S %
Urea	46				
Nitrato de amonio	33	3	---		
Sulfato de amonio	21		---		24
Fosfato Diamónico	18	46	---		
Fosfato Monoamónico	11	52			
Superfosfato triple		46			
Cloruro de potasio			60		
Sulfato de potasio			50		18
Nitrato de potasio	13		44		
Sulfato de potasio y magnesio			22	18	22

FUENTE: Guerrero (2012).



2.2.10 Dosis de fertilización

Para determinar la dosis de fertilización se debe tener en consideración lo siguiente: El nivel de nutrientes que posee el suelo agrícola, la cantidad de nutrientes extraídos por las plantas hasta completar su ciclo fenológico, eficiencia de las fuentes del fertilizante o la fracción que de él pueda aprovechar el cultivo en una campaña agrícola (Guerrero, 2012).

Los requerimientos de nitrógeno (N) para el cultivo de avena forrajera, varían de acuerdo a los distintos modelos de respuesta y zonas de producción consideradas. Sin embargo, la mayoría de los modelos recomiendan una disponibilidad de 100 – 150 kg N/ha a la siembra (Maddonni *et al.*, 2004)

Fortanetto *et al.* (2008), mencionan la fertilización nitrogenada produce un rápido crecimiento y un gran aumento de producción de materia seca, el nitrógeno es fundamental en la nutrición de las plantas formando parte de la clorofila, participa en la formación de proteínas, cuando hay un exceso, las hojas tienen mayor tamaño en consecuencia mayor área foliar para la fotosíntesis. También participa en el crecimiento vegetativo y desarrollo de la parte herbácea de la planta, es decir aumenta el rendimiento de la biomasa aérea.

El nitrógeno se absorbe principalmente como NO_3 , y una mínima cantidad como NH_4 , Las plantas pueden utilizar ambas formas, aunque algunas presenten una ligera preferencia por una u otra (Guerrero, 2012).

Se puede observar un crecimiento lento, con tallos cortos, las hojas inferiores se vuelven amarillentas llegando a secarse por las puntas y en algunos casos se seca toda la planta. Se puede observar también floración y maduración prematura, finalmente habrá baja producción de biomasa forrajera (Guerrero, 2012).



Las deficiencias de este elemento reducen la producción de materia seca porque disminuye la radiación interceptada por el dosel vegetal y la eficiencia de conversión de esta energía en biomasa (Morales *et al.*, 2019).

Maddonni *et al.* (2004), mencionan que la respuesta de un cultivo a la aplicación de nitrógeno mediante la fertilización involucra tanto la absorción como su utilización para la producción de materia seca. La falta de respuesta de un cultivo a la nutrición nitrogenada puede estar relacionada a problemas en la absorción del nutriente debido al momento, forma de aplicación, tipo de fertilizante, cantidad disponible de nitrógeno inicial en el suelo y el contenido de humedad de este. La pérdida de Nitrógeno por volatilización de amoníaco es la principal causa de la baja eficiencia de la N y de contaminación ambiental. En los últimos años se han introducido moléculas inhibidoras de hidrólisis de la ureasa, que disminuyen las pérdidas de Nitrógeno por volatilización.

2.2.11 Manejo del cultivo de avena forrajera

El manejo del cultivo se refiere a las actividades que se realizan en el proceso del desarrollo de la planta, estas labores se inician desde la siembra hasta el corte.

- **Elección del terreno**

Argote y Ruíz (2011), indican para la elección del terreno, la época de preparación del suelo, aradura, rastrado o mullido, el cultivo de avena debe ser sembrada después de cañihua o quinua, recomendándose la siguiente rotación cíclica: (Quinua o cañihua – avena forrajera – haba o tarwi). En Puno, la avena se puede sembrar después de papa o muchas veces puede sembrarse en terrenos de romper.



- **Preparación del terreno**

Choque (2005), recomienda que el terreno debe prepararse entre los meses de agosto y setiembre; para obtener una buena cosecha, es necesario que el suelo sea removido empleando arado de disco y pasar una rastra en forma cruzada.

- **Siembra**

Argote y Ruíz (2011), indican que la época oportuna para la siembra de avena forrajera es entre los meses de octubre y noviembre, dependiendo de la presencia de lluvias que favorece la germinación de la semilla.

Según Choque (2005), la época oportuna de siembra de avena para grano, es entre 15 de septiembre al 15 de octubre con riego de machaco. Para forraje se siembra en el mes de noviembre y primeros días de diciembre.

INIA (2007), reporta que la época de siembra con fines de producción de semillas para las condiciones agroecológicas de la región de Puno, es a partir del 15 de agosto hasta el 15 de setiembre, con la presencia de las primeras precipitaciones pluviales de la campaña agrícola.

- **Densidad de siembra**

Según Choque (2005), indica que la cantidad de semilla a sembrarse por hectárea varía de acuerdo a la preparación del terreno el método de siembra y valor cultural de la semilla. Para la siembra en líneas se recomienda una dosis de 100 kg/ha y al voleo 120 kg /ha de semilla con 95 % de poder germinativo.

- **Fertilización**

Según Choque (2005), la dosis de fertilización depende del nivel de fertilidad del suelo, en la que se va a sembrar. Para suelos de mediana fertilidad, se recomienda



dosis de 80-46-00 de NPK/ha. El nitrógeno debe aplicarse fraccionado, 50 % a la siembra y el 50 % restante al macollado y el 100 % de fósforo a la siembra.

El abonamiento y/o fertilización del suelo debe ser efectuada de acuerdo a las recomendaciones formuladas en el resultado de análisis de fertilidad, que clasifica como suelo pobre, rico o medio (Guerrero, 2012).

Tabla 5. Fertilización según al análisis del suelo.

Tipo de suelo	Dosis (kg/ha)		
	Nitrógeno (N)	Fosforo P ₂ O ₅	Potasio K ₂ O
Pobre	60 – 80	40 – 60	20 – 40
Medio	40 – 60	20 – 40	00 – 20
Rico	00 – 40	00 - 20	00 – 00

FUENTE: Guerrero (2012).

- **Labores culturales**

Guerrero (2012), indica que las labores culturales se realizan según las condiciones climatológicas que se presentan durante el ciclo vegetativo y según la incidencia de malezas, plagas y enfermedades y otros factores negativos que puedan afectar el normal desarrollo de la planta.

- **Control de malezas**

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

Se recomienda efectuar un deshierbo manual de malezas en la fase de macollamiento, junto con la fertilización complementaria de nitrógeno, lo cual tiene la ventaja de favorecer la aireación del suelo y el enterrado del fertilizante. Para evitar



la proliferación de malezas se precisan dos precauciones: Uso de semilla certificada, libre de semilla de nabo silvestre y buena elección y preparación del terreno.

- **Control de plagas y enfermedades**

Según Choque (2005), en la zona alto andina, los daños que ocasionan las plagas y enfermedades no son de importancia económica. La plaga conocida más importante para la avena es el pulgón verde y las enfermedades como la Roya de las hojas (*Puccinia coronata avenae*) y Roya del tallo (*Puccinia graminis avenae*).

- **Cosecha**

Según Choque (2005), para suministrar a los animales avena verde, el corte puede realizarse desde el estadio de embuchamiento hasta la salida de la panoja.

INIA (2007), sostiene que la cosecha se debe realizar para conservar como ensilado, heno o para producción de semilla. Para ensilado el corte se realiza en plena floración hasta grano lechoso. Para el henificado la cosecha se recomienda, en el estado de grano lechoso y para producción de semilla se realiza después de 210 días, recomendando completar la madurez y el secado en parvas, pudiendo ser trillada con maquinaria mecanizada o manual.

- **Corte**

El corte de la avena forrajera se realiza manualmente utilizando segaderas o puede realizarse esta actividad con ciclo móvil traccionado por un tractor (Gregorio y Ruiz, 2011).

La época de corte de forrajes anuales, está supeditada principalmente al ciclo vegetativo de la planta. Se realiza generalmente, durante los meses de marzo, abril y mayo, en la avena forrajera el corte es en el estado grano lechoso (Miranda y Terrones, 2002), en la cual las hojas presentan buen desarrollo y completamente



verdes donde el rendimiento de materia seca es mayor y presenta mayor contenido de proteínas, vitaminas y minerales; cuánto más madura es la planta, ésta se vuelve fibrosa bajando sus niveles nutritivos. El momento de corte debe elegirse en función de lograr una gran cantidad de materia seca con alto valor nutritivo (Nestares, 2014).

- **Secado**

Se debe dejar el forraje cortado en el mismo campo o en pilas en forma de cono, el cual consiste en colocar el forraje cortado donde las inflorescencias deben ir hacia arriba y los tallos de forraje deben estar apoyados al suelo, dando una apariencia de conos distribuidos en todo el campo. En condiciones climatológicas adecuadas con viento y sol, el secado por este método dura de 10 a 15 días (Argote y Ruíz, 2011).

2.2.12 Henificación de la avena forrajera

La henificación es el proceso por el cual se transforma el forraje verde en forraje seco, mediante una desecación progresiva debido a la evaporación del agua por acción del sol y el viento. Se realiza con el fin de reducir el peso y el volumen del forraje verde mediante el secado para su conservación y posterior utilización, como para su fácil transporte y manipuleo, así mismo constituye una reserva para períodos de invierno o emergencias como son: Presencia de nevadas, heladas fuertes, granizadas y principalmente para mitigar los meses de escasez de forraje. Al mismo tiempo, las pérdidas de materia seca y nutriente se limitan a un mínimo. Este proceso se basa en una reducción del contenido de humedad de 70-90 por ciento a 20-25 por ciento o menos (Argote y Ruíz, 2011).



2.2.13 Factores que afectan la calidad de heno

Hay muchos factores que pueden incidir en la obtención de un heno de buena calidad, siendo necesario analizar los factores que afectan a este cultivo (Pagliaricci *et al.*, 2002), se puede clasificar en dos grupos:

a) Factores que afectan las condiciones del forraje a henificar:

- **Especie y variedad forrajera:** Hay diferencias marcadas en la calidad nutritiva, si el forraje a henificar es una gramínea o una leguminosa. En general, las gramíneas presentan menores contenidos de proteína y minerales que las leguminosas. Además, dentro de una misma especie puede haber diferencias importantes entre variedades en cuanto a la proporción de hojas y por ende su calidad nutritiva. Aquellas que tienen más hojas se secan más fácilmente y a mayor velocidad que aquellos con más tallos.
- **Estado fisiológico de la planta:** Cuando las plantas se cosechan en las etapas iniciales de la fase de crecimiento, la calidad nutritiva y humedad es más alta; por tanto, será mayor la cantidad de agua a eliminar en el proceso de secado. En contraste, cuando se cortan las plantas más maduras (después de la floración), aumenta el rendimiento, pero eso no compensa la pérdida en calidad nutritiva que se refleja en disminución en los contenidos de proteína cruda y mineral la reducción en la digestibilidad y baja el consumo que hace el ganado.
- **Porcentaje de malezas en el cultivo:** Las áreas cultivadas de forraje que se destinen a la preparación de heno deben estar lo más libres de especies



invasoras consideradas como malezas, pues éstas no son consumidas por los animales.

- **Daños causados por insectos y enfermedades:** La presencia de plagas y enfermedades que afectan mayormente a las hojas, reducen en buena medida el rendimiento y la calidad del heno producido, son justamente las hojas los componentes de mayor valor nutritivo de un forraje.

b) Factores que afectan el proceso de henificación y conservación del forraje seco:

- **Condiciones climáticas durante el corte y secado a campo:** Si la lluvia moja el forraje cortado o si la humedad relativa es muy alta, el proceso de secado demora más y por lo tanto habrá una pérdida importante de nutrientes; incluso, llegan a desarrollar hongos.
- **Momento del día para iniciar el corte:** La presencia de rocío en las primeras horas de la mañana aumenta la cantidad de agua que debe eliminarse durante la fase de secado, es recomendable realizar el corte alrededor de las 9 de la mañana, o cuando se considera que el rocío ya se ha evaporado.
- **Tecnología de cosecha:** El corte se puede realizar en forma manual o mecánica; en este último caso, usando una guadañadora, segadora - acondicionadora o cortadora - hileradora de hélice. Las pérdidas pueden originarse desde el mismo momento en que se corta el forraje.
- **Operación de hilerado, volteo, secado y enfardado:** Luego del corte, el material cosechado debe colocarse en hileras para facilitar el volteo ordenado. Debe evitarse la sobre exposición al sol durante el secado, pues resulta siendo una pérdida de nutrientes. También debe prevenirse al

máximo la pérdida, al transportar el forraje del lugar de cosecha a donde se hace el enfardado o preparación de las pacas.

- **Almacenamiento:** Para evitar las pérdidas durante el almacenamiento, se debe asegurar que el forraje ha sido enfardado con un contenido de humedad menor al 15% y los fardos o pacas se deben apilar en un lugar bien ventilado y protegido de la lluvia.

2.2.14 Pérdidas durante la henificación

En la preparación del heno pueden ocurrir pérdidas de nutrientes por cuatro causas principales: Por respiración, fermentación, factores atmosféricos, causas mecánicas y físicas

- **Por respiración:** Las pérdidas pueden llegar de 5 al 15% del forraje utilizado, para preparar el heno, pero las mismas se pueden minimizar si se logra un secado rápido.
- **Por fermentación:** De 5 a 10% de pérdidas, pero las mismas se pueden evitar con el secado rápido.
- **Por causas mecánicas y físicas:** Suelen ser las más importantes en magnitud (10 – 40%) por el tratamiento inadecuado y al transporte del pasto después de haber iniciado el secado. Cuando se voltea el pasto para obtener un secado más eficaz, se pueden producir pérdidas de hasta un 20% del forraje en el caso de las gramíneas y hasta un 40% en las leguminosas. Esto es debido, a que cuando el material se seca es más fácil que se separen las hojas de los tallos. Debe recordarse que las hojas son los componentes que presentan el valor nutritivo más alto, por tanto, su caída redundará en una pérdida importante en la calidad del heno (Pagliaricci *et al.*, 2002)



- **Por factores atmosféricos:** Son quizás las más comunes y con frecuencia ocurren si es que se prepara el heno en el momento menos adecuado para hacerlo, y cuando no se toman previsiones para proteger el heno de la lluvia y el viento durante su almacenamiento. Estas pérdidas pueden variar regularmente entre 0 y 20 %.

2.2.15 Proceso de henificación

- **Selección de la especie**

Si bien casi cualquier especie forrajera puede ser usada para la henificación, de preferencia se deben seleccionar especies cuyas hojas y tallos no sean demasiado succulentos, pues con eso se asegura que el secado se efectúe en un período de tiempo corto, que es lo deseable para reducir las pérdidas por respiración (Pezo *et al.*, 2012).

- **Época de corte**

Está supeditado al ciclo vegetativo de la planta, esta se presenta durante los meses de marzo a mayo. Para los forrajes anuales como la cebada y triticale, la época de siega es cuando la planta está iniciando la floración, en cambio en la avena es al estado de grano lechoso. En estos estados fenológicos las plantas presentan la mayor cantidad de proteínas, vitaminas, minerales; cuando más madura la planta, se pone fibrosa bajando así sus niveles nutritivos (Miranda y Terrones, 2002).

- **Corte del forraje**

Para programar el corte del forraje, para el henificado se debe tener en cuenta el conocimiento local o las previsiones meteorológicas de tal modo asegurarse que la cosecha se efectuará en condiciones que favorezcan el secado, es decir tener días soleados, sin posibilidad de lluvia, con baja humedad relativa y buen viento (Pezo *et al.*, 2012).



La cosecha del forraje que se va a henificar debe iniciarse después de las 9:00 de la mañana, para asegurarse el evaporado del rocío, éstas deben cortarse a unos 10 cm del piso aproximadamente, donde se deberá conservar la mayoría de las hojas, poseer tallos blandos y plegadizos, que tenga la fragancia típica del cultivo de que está hecho y que sean de color verde, lo cual corresponde a un heno de buena calidad, el corte debe hacerse en estado de madurez, previo a la floración o a inicios de esta (Peso *et al.*, 2012).

- **Secado de forraje**

El secado consiste en reducir el agua contenida del forraje hasta que contenga de 15 a 20 % de humedad, realizada a medio ambiente (Silveira y Franco, 2006), es decir el forraje cortado se expone al sol.

Apenas se corta el forraje, se detiene el flujo de agua y nutrientes de la raíz a la biomasa aérea (tallos, hojas, flores y frutos), pero las células presentes en la biomasa aérea se mantienen vivas y por consiguiente continúa el proceso de respiración, es decir los carbohidratos se oxidan con la consecuente liberación de CO₂. La respiración del forraje cortado se detiene cuando el contenido de materia seca del forraje ha alcanzado alrededor de 38 – 40%, pues bajo esas condiciones se produce la muerte de las células vegetales. Por eso se recomienda que el proceso de deshidratación sea lo más rápido posible, para prevenir que ocurran pérdidas (Pezo *et al.*, 2012).

Cuando el secado es lento, el forraje seco tendrá un color amarillento parecido a la paja o rastrojos secados en campo, porque se pierden los pigmentos tales como el caroteno, la xantofila y el tocoferol, como consecuencia de una sobreexposición al sol. Pero además se pierde mucho del contenido de las vitaminas del complejo B y la



vitamina C. Mientras más rápido sea el secado con temperaturas no muy altas (26 a 32 °C), mejor será la preservación de estos componentes por lo tanto el heno mantendrá la coloración verde del forraje original manteniendo su riqueza en vitaminas (Pezo *et al.*, 2012).

- **Enfardado o empacado**

El heno se enfarda o empaca para disminuir el volumen y así facilitar su almacenamiento y eventual transporte. Para el enfardado se puede usar una máquina enfardadora o una manual, en forma de cajón construido artesanalmente (Pezo *et al.*, 2012).

En todos los casos se pone el heno ya seco dentro de la enfardadora y se va compactando por partes, hasta alcanzar la capacidad máxima de la enfardadora. Durante el proceso de enfardado también hay pérdidas, las cuales varían en amplitud y gravedad dependiendo de los cuidados tomados por el operador (Pezo *et al.*, 2012).

- **Almacenamiento**

El almacenamiento de los fardos o pacas bajo techo es lo más recomendado, pues permite protegerlos de la lluvia y la radiación directa del sol. Sin embargo, los fardos también pueden ser apilados en campo, pero las pacas deben cubrirse con plástico grueso para prevenir el efecto de la lluvia. Dicho plástico debe llegar sólo hasta la mitad de la pila, a fin de permitir la aireación, pues si quedara algo de humedad en el heno o si éste la absorbiera del ambiente, en ausencia de ventilación puede producirse fermentación. Cuando se apilan los fardos en el campo también hay que tomar previsiones para evitar que las pacas ubicadas en la base de la pila se mojen, como consecuencia de la lluvia o de la escorrentía superficial. Para tal fin se



puede preparar una especie de piso elevado hecho con palos o piedras (Pezo *et al.*, 2012).

2.2.16 Características de calidad del heno

La calidad física del heno, se determina por evaluación sensorial del color y olor, y viendo la consistencia del tallo y conservación de hojas de una muestra representativa del heno (Argote y Ruíz, 2011). Para obtener heno de calidad se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- **Pureza**

Evitar en lo posible la presencia de plantas extrañas, ya que estos le darán un mal aspecto, dar olores especiales y bajar su valor nutritivo.

- **Alto contenido de hojas en el heno**

Esta característica es importante ya que las dos terceras partes de las proteínas de las plantas se encuentran en las hojas, además contiene calcio y fósforo. Así como vitaminas a diferencia de los tallos.

- **Color verde intenso**

El color característico de un buen heno es el verde intenso, ya que nos indica la mayor cantidad de caroteno y vitamina B, los colores indeseables son el amarillo claro producido por el exceso en días en el secado, color castaño, esto debido a la presencia de lluvias en el momento del secado.

- **Tallos flexibles**

Cuando los tallos son flexibles nos indican que el secado ha sido rápido y es menos la pérdida de hojas durante el manipuleo.



2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Nitrógeno

Es la principal fuente de fertilización nitrogenada en el mundo, especialmente en países en desarrollo; las ventajas de este fertilizante con relación a otros son: mayor contenido de Nitrógeno se puede incorporar al suelo previo a la siembra y al ser un fertilizante de reacción ácida, se puede utilizar en suelos neutros o ligeramente alcalinos, además de su bajo costo de transporte por unidad de Nitrógeno y un manejo más seguro (Trenkel, 2010). Para producirla, se hacen reaccionar amoníaco y dióxido de carbono en presencia de un catalizador, en un recipiente especial a temperaturas entre 170 y 210 °C y presiones que oscilan entre 170 a 400 atmósferas. Las reacciones son las siguientes (Galloway *et al.*, 2021).

Bernal (2010), indica que, la N es uno de los fertilizantes más concentrados de nitrógeno (46 %) y normalmente, el más económico en el mercado. Se comercializa en normalidad perlada y granulada, la primera para uso de fertirriego y la segunda para aplicación directa al suelo. Es muy soluble y a menudo usada en formulaciones líquidas. Es clasificada como fuente amoniacal y por lo tanto, tiende a acidificar el suelo.

El Nitrógeno (N) es el elemento químico que influye directamente en la producción agrícola en forma cuantitativa y cualitativa. Aumenta el área foliar, expansión foliar, grosor de hojas y tasa de fotosíntesis. El suministro de nitrógeno mejora el proceso fotosintético y en consecuencia, se incrementa la duración del área foliar, tasa de asimilación neta, producción de biomasa y rendimiento (Khanzada *et al.*, 2016).

El ciclo del nitrógeno es particularmente complejo y dinámico, ya que en él se dan una serie de cambios y transformaciones, de las cuales un gran número de ellas dependen netamente de procesos de microbiales (Elizondo, 2006). La mayor parte de Nitrógeno en el suelo se encuentra formando parte de la materia orgánica, por lo que no es utilizable para la planta. Sólo alrededor 2% de este nitrógeno se hace disponible para las plantas al año. En la (Figura 2), se presenta el ciclo del nitrógeno, el nitrógeno de la materia orgánica se mineraliza por medio de dos procesos microbianos, las proteínas y los compuestos relacionados se descomponen en aminoácidos mediante la reacción denominada amonización. Los organismos del suelo obtienen energía a partir de este proceso y utilizan parte del Nitrógeno de los compuestos aminados en su propia estructura celular (Morales *et al.*, 2019).

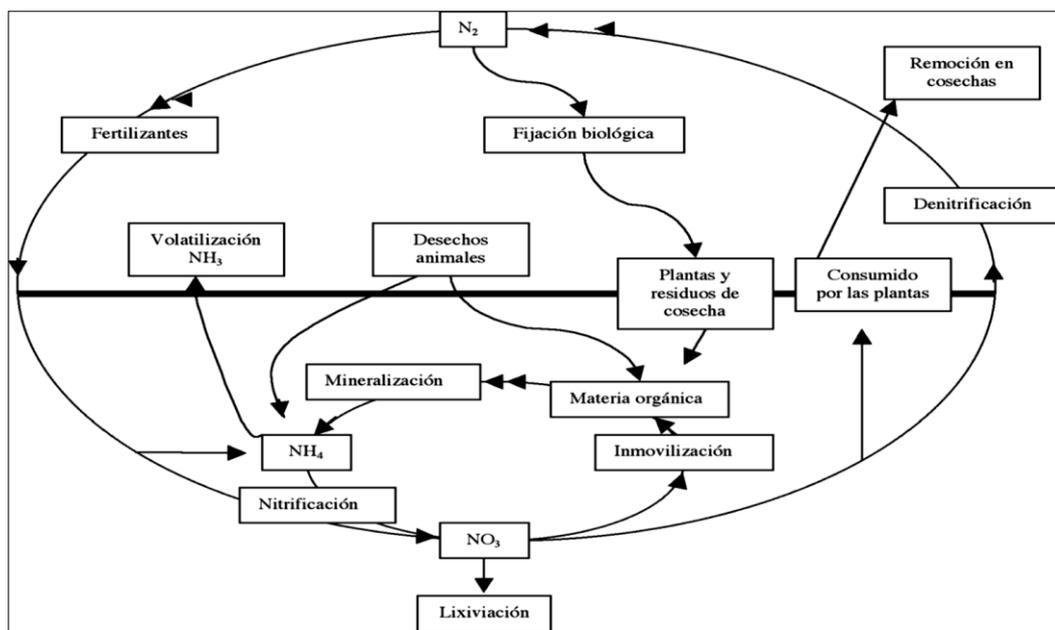


Figura 2. Ciclo del nitrógeno (Elizondo, 2006).

Las cantidades de NH_4^+ y NO_3^- disponibles para las plantas dependen grandemente de la cantidad de nitrógeno aplicado como fertilizante y de la cantidad de nitrógeno mineralizado del nitrógeno orgánico del suelo (Elizondo, 2006).



2.3.2 Rendimiento

Es la relación de la producción total del cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (TM/ha). El rendimiento que puede aportar un cultivo depende de sus características genéticas de productividad potencial, rusticidad y de las condiciones ambientales (Quintero, 2012).

2.3.3 Valor nutricional del forraje de avena.

El valor nutritivo de un forraje puede definirse como la descripción de las características, que permiten cumplir la función de proveer una nutrición adecuada al animal estando ligado al conocimiento de los requerimientos nutricionales del animal, existen cuatro categorías principales que se usan para medir el valor nutritivo de los forrajes: La composición química, la digestibilidad, el consumo y la utilización neta por el animal (Flores y Malpartida, 1987) citado por (Montoya, 2017).

2.3.4 Calidad del forraje de avena

Los factores que influyen en la calidad de forraje de avena son la madurez de la planta, fertilización del suelo, los métodos de cosecha, almacenamiento, así como el medioambiente, fertilidad, tipo del suelo y genotipo (Cherney y Cherney, 2005).

2.3.5 Energía neta de lactación (ENL)

Es el parámetro más utilizado para expresar los requerimientos de mantenimiento, gestación, producción de leche y cambios en las reservas corporales en animales adultos, la cual puede expresarse basado en una o más veces el consumo respecto al mantenimiento (NRC, 2001). La séptima edición del modelo sigue vigente a la fecha, y es la metodología definida de referencia para los cálculos de energía neta de lactancia de alimentos para vacas lecheras.



2.3.6 Fibra detergente neutro (FDN)

Representa los componentes de la pared celular de las plantas: Hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. No siempre un alto valor de FDN implica un alimento de tipo “fibroso”, todo depende de su composición química y del tamaño de las partículas.

De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS) (Harris, 1993; Chalupa *et al.*, 1996).

2.3.7 Proteína cruda (PC)

Se obtiene a partir del contenido de nitrógeno total de un alimento multiplicado por el factor 6.25, porque las proteínas en promedio tienen 16% de nitrógeno. El factor 6.25 surge de la relación 100/16, el valor de PC incluye la proteína verdadera y otros compuestos nitrogenados no proteicos obtenidos por el método Kjendahl (ITW, 2018).

2.3.8 Materia seca (MS)

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde), ya sea de ensilaje, heno o granos a la que se le ha extraído el agua mediante secado forzado a 60 °C a 105°C por 24 a 48 horas o por el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante (De la Rosa *et al.*, 2011). La materia seca se determina debido a que en ella se concentran todos los nutrientes utilizados en nutrición animal (Proteína, grasas, minerales, fibra, entre otros). De esta forma, a excepción de la energía, el contenido de nutrientes que contiene un forraje se expresa en relación porcentual en base materia seca (Escobar *et al.*, 2020).



2.3.9 Materia verde (MV)

Se refiere a la cantidad total de material producido por un forraje una vez que es cortado. La materia verde involucra todas las partes de la planta que se cosechan para ser utilizadas.

Ferri *et al.* (2015), definen en biomasa al peso seco total de la vegetación forrajera y no forrajera, en general aérea, por unidad de superficie, en un momento específico. Se debería especificar si la biomasa es viva o muerta y la proporción de cada una si incluye ambas.

2.3.10 Materia orgánica (MO)

El contenido de materia orgánica resulta de restar el contenido de cenizas totales al contenido de materia seca.

$$\text{MO \%} = \text{MS \%} - \text{Ceniza \%}$$

Ferri *et al.* (2015), indican que la materia orgánica son compuestos químicos de carbono combinados con otros elementos químicos generados durante el proceso de la vida. Se estima restando el contenido de minerales al peso seco total del forraje.

2.3.11 Fracción de nitrógeno

De la Cruz (2016), menciona la fertilización en forma fraccionada para un cultivo; aplicando la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y potasio en el primer abonamiento, para que finalmente se adicione el resto del nitrógeno en el aporque, con la finalidad de alcanzar un rendimiento óptimo.



2.3.12 Costos de producción

Heredía (2010), explica que el costo de producción es el esfuerzo o gasto que se realiza para producir un bien o servicio que origina el consumo de recursos (Materia prima, mano de obra, etc.) con la intención de obtener un beneficio ahora o en el futuro

Mujica y Ponce (2005), sostienen que son todos los gastos que se efectúan dentro de la campaña agrícola para la producción, incluyendo la preparación para la comercialización y/o venta, en forma resumida son aquellos desembolsos y la valorización que incluyen la depreciación, relacionados a la adquisición de bienes transformación de materia prima e insumos o la prestación de servicios y se clasifican en:

Costos directos, llamados también costos variables son los que intervienen directamente en la producción dentro de la campaña agrícola, que varían según la cantidad que va a producir a más producción más costo variable dentro de estos tenemos: Gastos por mano de obra, maquinaria agrícola, insumos, etc.

Costos indirectos, llamados también costos fijos, son gastos que se efectúan y permanecen inalterables en la campaña agrícola, ante cualquier volumen de producción y que no intervienen directamente en la producción de semillas dentro de estas consideramos: Gastos administrativos, depreciaciones y gastos financieros.

2.3.13 Costos variables

Sánchez (2009), menciona que los costos variables, son gastos cargados a una actividad productiva (Agro negocio) según la cantidad de producción obtenida, aumenta conforme aumenta la producción, cambia directamente en función del volumen de producción.



Riquelme (2019), menciona que los costos variables son aquellos gastos que varían en proporción a la actividad. El costo variable es la suma de todos los costos marginales por unidades producidas.

2.3.14 Costo fijo

Nuño (2017), menciona que los costos fijos son aquellos costos que permanecen invariables, aunque los niveles de actividad y de producción cambien. Son gastos que no dependen del nivel de producción de bienes y servicios; aunque con el tiempo, sí que es posible que sufran variaciones.

Aliaga y Aliaga (2003), mencionan que los costos fijos: son aquellos que permanecen constantes dentro de un determinado periodo de tiempo, nivel y actividad productiva o rango de actividad relevante. Este rango es el volumen de producción que puede medirse en horas hombre, horas máquina, unidades productivas, etc.

2.3.15 Costo total

Aliaga y Aliaga (2003), señalan que es la sumatoria de los costos fijos y los costos variables.

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable}$$

2.3.16 Ingresos

Mujica y Ponce (2005), se refieren a las entradas en efectivo, se definen por el volumen de la producción y por los precios de venta de bienes de servicios.

- Ingreso total: Es el valor total que se obtiene de la multiplicación del rendimiento por el precio de venta.

- Ingreso Total (VBP) = Rendimiento total x precio de venta

- Ingreso neto: Es el valor que se obtiene de las diferencias entre el ingreso total y costo total. Ingreso neto = Ingreso total (VBP) – Costo total

2.3.17 Rentabilidad

Sanchez (2003), afirma que la rentabilidad es el rendimiento económico de una inversión, la rentabilidad nos permite conocer en qué medida los costos establecidos permiten a la empresa conseguir un beneficio, mantener la prosperidad de su producción. El estudio de la rentabilidad es el índice que permite tomar decisiones finales para solucionar las ventas o la producción. La rentabilidad de cualquier producción con fines de lucro se mide por medio de un índice, llamado índice de Rentabilidad de Capital y si existen ganancias sirven para remunerar a todos los capitales puestos a su disposición sean propios o ajenos. La rentabilidad sobre los ingresos. Mide la efectividad de la gerencia de ventas y es expresada en porcentaje.

$$\text{Rentabilidad Sobre Los Ingresos} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Costo Total}} \times 100$$

$$\text{Utilidad neta} = \text{Ingresos por ventas} - \text{Costos totales} - \text{Impuestos}$$

2.3.18 Relación beneficio/costo

Navarro (2017), menciona que un análisis costo beneficio es un proceso por el cual se analizan las decisiones empresariales. Se suman los beneficios de una situación dada o de una acción relacionada con el negocio y luego se restan los costos asociados con la toma de esa acción. El análisis de costo-beneficio es el proceso de analizar las decisiones de un negocio. Cuando una decisión está bajo consideración, el costo de una opción es restado del beneficio del mismo.

Andrade (2002), señala que este índice es conocido como coeficiente beneficio/costo, y es aquella operación que resulta de dividir la sumatoria de los



beneficios actualizados entre la sumatoria del costo total. La relación beneficio/costo debe ser como mínimo 1, cualquier valor menor es motivo para rechazar la inversión, ya que los beneficios serían menores que los costos.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Illpa, de la Universidad Nacional del Altiplano, de la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicado en el Distrito de Paucarcolla, Provincia de Puno, Departamento de Puno, cuya ubicación geográfica se encuentra a una altitud de 3822 m.s.n.m., latitud (Sur) 15°42'37'', longitud (Oeste) 70°04'56''.

EL Centro Experimental Illpa, limita por el Este con el sector Cancharani Pampa y Pucamayo pampa por la carretera Puno – Juliaca, por el Oeste con la comunidad campesina Yanico Rumini Mocco, por el Norte con el Instituto Nacional de Innovación Agraria Illpa y por el sur con la comunidad campesina Alianza Chali.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

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

El clima de la zona semi lluvioso con dos estaciones secas presentadas en otoño e invierno. La precipitación pluvial promedio anual es de 600 mm. El área se encuentra enmarcada en la zona agroecológica circunlacustre, perteneciente a la sub – región Andina del Altiplano del Titicaca.

El cultivo de avena requiere mayor presencia de lluvias, para que tenga un óptimo desarrollo. En la Figura 3, se muestra una comparación de los datos del clima,

comparando los últimos 5 años y el año de la ejecución del proyecto. Donde se observa que, en el año 2019 entre los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre las precipitaciones acumuladas mensuales fueron; 0.1, 9.8, 77.2, 100 y 52.9 mm/mes respectivamente, durante el año 2020 la precipitación en los meses de enero, febrero, marzo y abril fueron de 114.1, 172.4, 30.6 y 0.3 mm/mes respectivamente. Con respecto al comportamiento de los últimos 5 años no hubo mucha fluctuación por mes excepto en el mes de noviembre 2019 y febrero 2020.

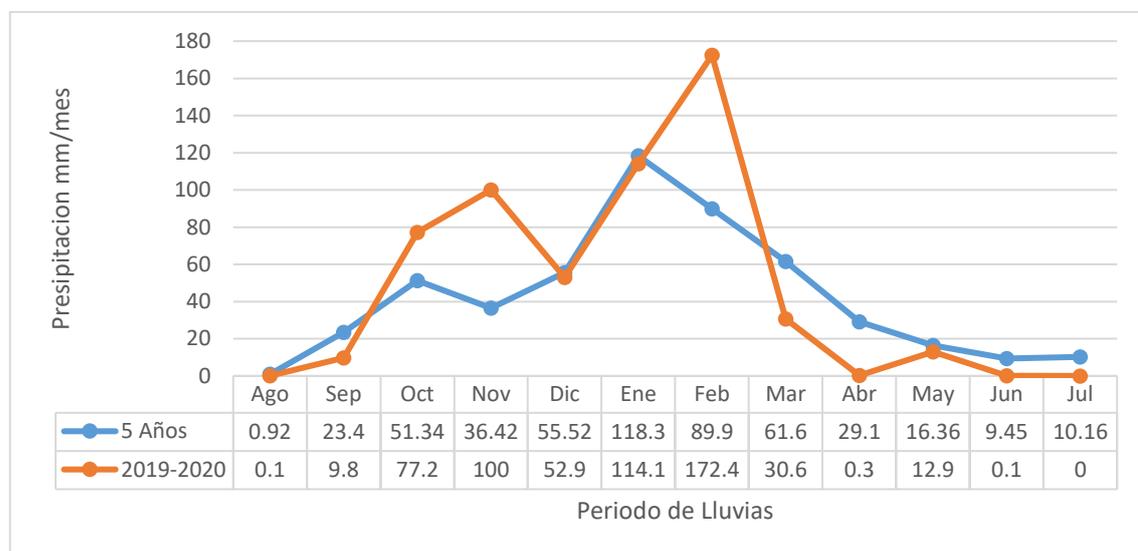


Figura 3. Precipitación acumulada 2019 – 2020, (SENAMHI, 2021).

El comportamiento del tiempo con respecto a la variación de la temperatura durante el periodo de ejecución del proyecto (agosto a diciembre del año 2019) muestra valores de 5.36, 8.29, 8.40, 9.40 y 10.02°C para los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Durante el inicio del 2020 en los meses de enero, febrero, marzo y abril muestra valores de 11.48, 13.45, 9.76 y 7.94 °C respectivamente, los valores del clima presentan una variación considerable en el mes de enero 2020 con 13.45 °C.

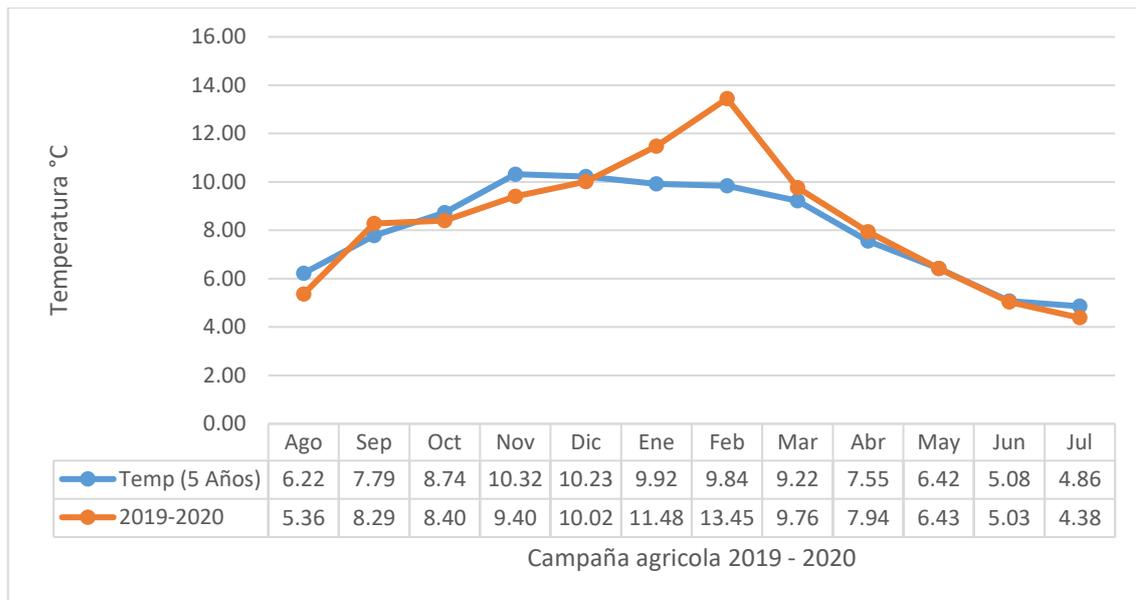


Figura 4. Temperaturas campaña agrícola 2019 – 2020 (SENAMHI, 2021).

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICO DEL SUELO EXPERIMENTAL

Para conocer las propiedades fisicoquímicas del suelo, se realizó el muestreo de suelo del área donde se instaló la investigación en estudio, tomando sub muestras de tierra en distintas partes del terreno y así obtuvo una muestra final, para el análisis correspondiente. Se llevó a cabo el análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de “Suelos y Aguas” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Estación Experimental Illpa – Puno. Según la Tabla 6 se interpreta que es un suelo que tiene textura franco Arcilloso, con un pH 7.41, materia orgánica (M.O) de 2.77, un nitrógeno total es de 0.10 %, fosforo disponible es de 9.60, y el contenido de potasio disponible es de 684.21, con una conductividad eléctrica (C.E) de 0.192.

Tabla 6. Análisis físico – químico del suelo experimental campaña agrícola 2019-2020.

Componentes	Unidad	Resultados	
Análisis mecánico			
Arena	%	24.44	Hidrómetro
Arcilla	%	32.56	Hidrómetro
Limo	%	42.00	Hidrómetro
Clase textural		Franco Arcilloso	Triangulo textural
Análisis químico			
N total	%	0.10	Micro-Kjendahl
P disponible	Ppm	9.60	Oslén modificado
K disponible	Ppm	684.21	Fotometría de llama
pH		7.41	Potenciómetro
C.E.	Mmhos/cm	0.192	Conductímetro
M.O.	%	2.77	Walkley y black

FUENTE: Elaboración propia

3.4 PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

Para la ejecución del trabajo de investigación se utilizó semilla botánica de avena (*Avena sativa* L.) forrajera INIA – 903- Tayko, se adquirió del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación Experimental Salcedo.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente estudio fue desarrollado bajo el Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y el efecto bloque se basó sobre el gradiente de fertilidad del suelo antes del experimento, de tal forma que se dio en 3 bloques, haciendo un total de 12 unidades experimentales, los análisis estadísticos se realizaron con la prueba de significación de Dunnett al 0.05 de confianza, esta prueba se utiliza cuando existe un tratamiento control o testigo. El modelo aditivo lineal explica el valor de cada unidad experimental.

$$y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} : Es la variable de respuesta

μ : Es la media general de la variable de respuesta.



- B_i : Es el efecto del i-ésimo de bloque.
 T_j : Es el efecto del i-ésimo nivel de fertilización nitrogenada.
 ε_{ij} : Es el error experimental.

Se estableció 4 tratamientos para el estudio, con diferentes niveles de fertilización nitrogenada (N) incluido un testigo como se observa en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7. Distribución de tratamientos.

N°	Tratamiento	N kg/ha
1	T0	0
2	T1	50
3	T2	100
4	T3	150

FUENTE: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se muestran las transformaciones de los datos obtenidos de las evaluaciones, se realizó bajo el criterio de los principios de la normalidad y homogeneidad de la varianza. Los datos de altura de planta, diámetro de tallo y materia verde cumplen con los principios.

Los datos de contenido de materia seca, humedad, proteína, ceniza, fibra detergente neutro y materia orgánica se transformaron a valores arco seno para cumplir con los principios del análisis de la varianza paramétrica.

Los valores de largo se hoja y numero de tallos se analizó en un análisis de la varianza no paramétrica de Friedman por no cumplir los supuestos de normalidad.

Tabla 8. Transformaciones y Forma de análisis de varianza.

Variable de respuesta	Dato Real	Arcsin	Análisis de varianza paramétrico DBCA	Análisis de varianza NO paramétrico de Friedman
Largo de hoja (cm)	0.0329		No	Si
Ancho de hoja (cm)	0.608		Si	No
Área Foliar	0.6109		Si	No
Altura De La Planta (cm)	0.7864		Si	No
Diámetro de Tallo (cm)	0.6624		Si	No
Materia Verde (kg/m ²)	0.2733		Si	No
Muestras De Conteo De Tallos	0.2527		No	Si
MS (%)		0.2496	Si	No
Humedad (%)		0.2223	Si	No
Proteína (%)		0.9573	Si	No
Ceniza (%)		0.2632	Si	No
Extracto Eterio (%)	0.4174		Si	No
Fibra Cruda (%)	0.9884		Si	No
FDN (%)	0.6669	0.666	Si	No
ENL (%)	0.8503		Si	No
Materia Orgánica (%)	0.5674	0.5798	Si	No
Rendimiento De Materia Verde	0.2945		Si	No

FUENTE: Elaboración propia

3.6 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

a) Área experimental

Área total experimental	: 10080 m ²
Largo de la parcela	: 112 m
Ancho de la parcela	: 90 m

b) De la unidad experimental

Largo de la parcela	: 28 m
Ancho de la parcela	: 25 m
Área de la parcela	: 700 m ²
Número de unidades experimentales	: 12
Distanciamiento entre parcelas	: 3 m



c) De las repeticiones / bloques

Se considero el efecto bloque a cada repetición compuesta por los 4 tratamientos

Largo de bloque	: 28 m
Ancho de bloque	: 112 m
Área del bloque	: 3136 m ²
Número de bloques/repeticiones	: 3
Distanciamiento entre bloques	: 3 m

3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.7.1 Preparación del terreno

El experimento se realizó durante la campaña agrícola 2019 – 2020. La roturación del área experimental fue con maquinaria agrícola del Centro Experimental - Illpa, con arado de disco, a una profundidad de 25 a 30 cm en un tiempo de 3 horas. El 15 de noviembre del 2019 se realizó el mullido y nivelación empleando la rastra efectuándose de forma cruzada en un tiempo de 3 horas.

3.7.2 Muestreo del terreno

El terreno del cultivo fue muestreado el 19 de noviembre del 2019, con el objetivo de conocer las propiedades físico – químicas del suelo, se tomaron sub muestras en zigzag de diferentes puntos del área experimental a una profundidad de 20 cm, posteriormente se homogenizo las sub muestras para obtener 1 kg de muestra de suelo para ser llevado al laboratorio de suelos y aguas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Salcedo, Puno.

3.7.3 Marcado del área experimental

Esta labor se llevó a cabo antes de la siembra el 19 de noviembre 2019 de acuerdo a las dimensiones propuestas para el experimento utilizando materiales como la del

cordel, estacas, cinta métrica, yeso de tal modo se ubicó y trazó los bloques con sus respectivos tratamientos.

3.7.4 Densidad y siembra de la avena forrajera

La siembra se realizó el 19 de noviembre del 2019. Se usó semilla de avena seleccionada que pasó por un tamiz con el objetivo de purificar la semilla de avena. Se hizo la siembra al boleó, con una densidad de siembra de 100 kg/ha de semilla de avena forrajera de la variedad Tayko, luego se procedió a cubrir la semilla con maquinaria agrícola a una profundidad promedio de 8 a 10 cm.

3.7.5 Aplicación de fertilización nitrogenada

El 9 de febrero del 2020 se realizó la primera aplicación de nitrógeno (N) en la etapa de macollamiento del cultivo de avena forrajera, distribuidas en tres niveles de aplicación, según la distribución de los tratamientos que se muestra en la (Tabla 7).

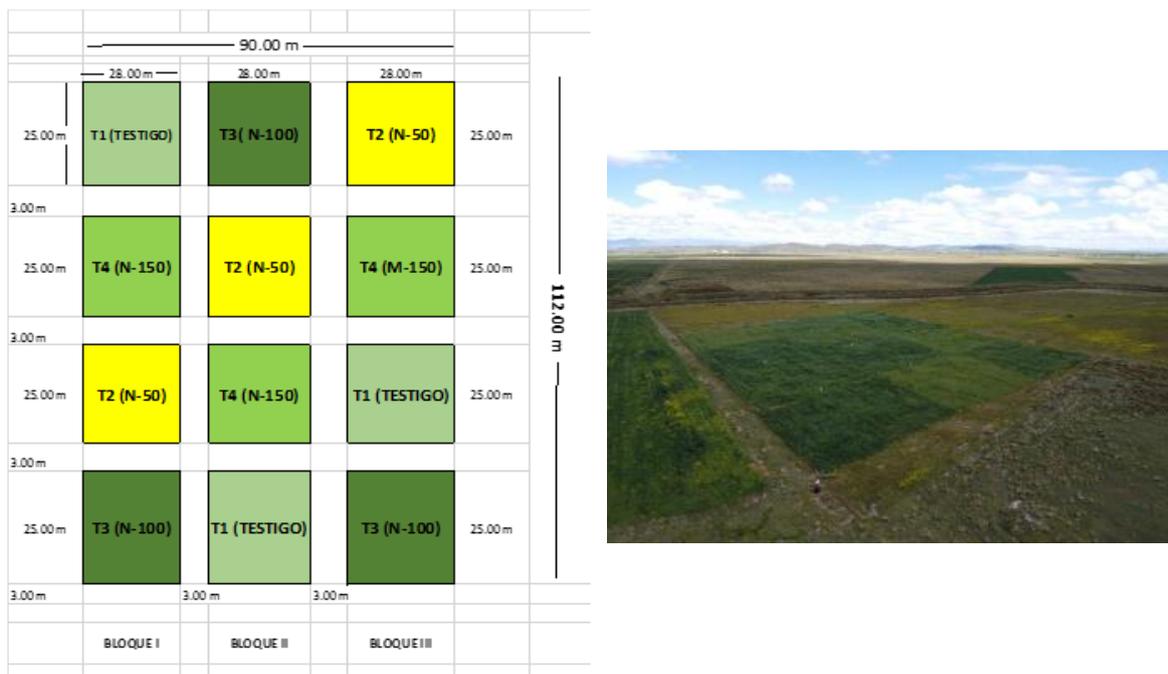


Figura 5. Croquis distribución de tratamientos avena.



3.7.6 Deshierbo

Se realizó la extracción de malezas en forma manual durante las evaluaciones que se realizaron en tres fechas. La primera evaluación se realizó el 24 de diciembre del 2020 para ver la etapa del macollamiento de la avena, que sirvió para programar la fecha de la aplicación del nitrógeno (N). El 23 de febrero del 2020, se realizó la segunda evaluación para ver el desarrollo y crecimiento del cultivo de avena, se realizó la extracción de malezas para evitar la competencia y absorción de nutrientes, de este modo dejar que tenga un desarrollo adecuado en el cultivo de avena. La tercera evaluación fue el 14 de marzo del 2020, donde se evaluó el desarrollo de la planta como: Altura de planta, tamaño de las hojas, también se verificó la etapa fenológica en la que encontraba (grano lechoso), lo cual nos indicó la fecha del muestreo y corte de la avena.

3.7.7 Cosecha

La cosecha se realizó el 16 de abril del 2020. Para ello se tomó en cuenta las fases fenológicas del cultivo de avena, se realizó el corte en el estado de grano lechoso a grano pastoso, se hizo el corte al ras del suelo, de los cuales se tomó un metro cuadrado de muestra, colocándose un cuadrante en las sub parcelas, para así poder determinar el rendimiento de materia verde, donde cada muestra fue pesada y clasificada para llevar al laboratorio y determinar los parámetros nutricionales como: Energía neta de lactancia, fibra detergente neutro, proteína cruda en porcentaje en base seca.

3.7.8 Elaboración de heno de avena

La elaboración de heno se realizó el 24 de abril del 2020, utilizando una maquinaria empacadora del Centro Experimental – Illpa.



3.7.9 Materiales de campo

- **Maquinaria agrícola:** Tractor agrícola con implementos de arado de disco y rastra.
- **Equipos de campo:** Balanza de precisión y cámara fotográfica.
- **Herramientas y materiales:** Cordel, wincha métrica de 50 metros, pico, machete, combo, cordel, estacas, bolsas de papel, etiquetas, carrizo, hoz y cuadrante 1m x1m.
- **Insumo:** Urea al 46% de Nitrógeno.
- **Equipos y materiales de escritorio:** Laptop, cuaderno de campo, lapiceros, regla, calculadora, impresora, etc.

3.8 VARIABLES EN ESTUDIO

3.8.1 Características productivas

- **Altura de planta**

Las evaluaciones se realizaron a los 14 días después de la aplicación de los tratamientos (9 de febrero de 2020) y en el momento de corte (16 de abril del 2020) la medición se efectuó a partir del eje del hipocótilo hasta el ápice de la hoja terminal o la parte superior de la panícula con la ayuda de una cinta métrica tomado 10 plantas al azar de cada unidad experimental.

- **Número de hojas de la planta**

Esta labor se llevó a cabo, el día del corte, se contó todas las hojas de cada plántula, tomado en cuenta 10 plantas al azar de cada unidad experimental.



- **Largo y Ancho de hoja**

Se realizó la medición de largo y ancho de las hojas al momento de la cosecha de avena forrajera, en la fase de grano lechoso, se midió con una regla métrica en diez plantas al azar de cada unidad experimental.

- **Área foliar**

Para determinar el área foliar se evaluó las hojas de avena, midiendo el largo y ancho de las hojas utilizando una cinta métrica, considerando 10 plantas al azar por cada unidad experimental para ello se utilizó la fórmula propuesta por (Cogliatti, Iglesias, y Cataldi, 2010).

$$AF = (L \times A) \times 0.835 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Donde:

L = Largo de la hoja (cm)

A = Ancho de la hoja (cm)

0.835 = Factor de corrección

AF = Área foliar (cm²)

Se midió el largo y el ancho de la hoja con ayuda de una regla métrica considerando diez plantas al azar dentro de 1 m² en la parcela por tratamiento, hallando finalmente el área foliar promedio por planta en cm². Este parámetro se consideró sólo para el grupo de avenas.

- **Diámetro de tallo**

Fue llevada a cabo en el momento de corte con la ayuda de un brazo móvil, tomando en cuenta diez plantas al azar de cada unidad experimental.



- **Rendimiento de biomasa forrajera (kg/ha)**

Se realizó un corte al ras del suelo de todas las plantas cuya corona se encontró dentro de 1m^2 , en la parcela de cada unidad experimental, para registrar la materia verde inicial; se tomó una submuestra de cada corte, para el envío al laboratorio de la Escuela Profesional Ingeniería Agro Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.

- **Valor nutritivo**

Para la determinación de los parámetros del valor nutritivo de avena forrajera, se envió muestras obtenidas a partir de submuestras de cada unidad experimental siendo llevados al laboratorio de la Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano para los siguientes análisis:

- Rendimiento de materia verde y materia seca.
- Energía neta de lactación en M cal/lb MS (%).
- Fibra detergente neutro en porcentaje en base seca (%).
- Materia seca (M.S)
- Materia orgánica (M.O)

- **Presencia de malezas**

En el campo de cultivo, son muchas las especies que se consideró como malezas que compitieron con el cultivo en estudio, es sabido que absorben nutrientes y agua, además albergan insectos y organismos patógenos que pueden ocasionar enfermedades en el cultivo afectando su rendimiento. Las malezas fueron extraídas manualmente durante la fase fenológica de macollamiento se realizó esta labor en todo el ciclo del cultivo, las malezas que predominaron



fueron: Nabo silvestre (*Brassica oleracea*), diente de león (*Taraxacum officinale*), amor seco (*Bidens pilosa*).

3.8.2 Costos y beneficios económico

- **Costos de producción**

Se determinó los costos de producción por cada tratamiento en estudio, agrupados en costos variables:

- Preparación del terreno: Barbecho, rastrado, surcado.
- Insumos agrícolas: Semilla de avena variedad Tayko y fertilizante N.
- Siembra: Abonamiento de fondo, siembra manual, tapado de semilla.
- Labores culturales: Deshierbo.
- Cosecha: Siega manual, emparve, henificado, cargado y almacenado.
- Transporte e insumos agrícolas.
- Y costos fijos: Análisis del suelo, obtención datos meteorológicos, análisis de laboratorio y gastos administrativos.

- **Relación beneficio / costos (B/C)**

Para la relación de beneficio / costo, se consideró lo siguientes:

- Rendimiento de forraje (kg/ha).
- Costo total de producción (S/.) costo fijo + costo variable.
- Producción total = cantidad de materia productiva.
- Costo unitario = costo total / producción total.
- Precio de venta (S/.) (Mercado local) = costo unitario + margen de ganancia.
- Ingreso bruto o ingreso total (S/.) = producción total * costo total.
- Ingreso neto (S/.) = Ingreso total – costo total.



- Rentabilidad (%)

Se estimó la relación beneficio / costo a través de la siguiente ecuación matemática:

$$B/C = \frac{IB}{CT}$$

Donde:

B/C = Beneficio/costo.

IB = Ingreso bruto o ingreso total.

CT = Costo total de producción.

- **Rentabilidad económica**

Se consideró el rendimiento económico de la inversión. La rentabilidad económica se estimará a base de la siguiente ecuación matemática:

$$RE = \frac{IN}{CT} \times 100$$

Donde:

RE = Rentabilidad económica.

IN = Ingreso neto.

CT = Costo total de producción.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE LA AVENA

En la Tabla 9, se muestran los resultados de análisis de varianza (ANVA, Anexo 02, Tabla 13 al 27), donde se aprecia que para el factor bloque la altura de planta, diámetro de tallo, ancho de hoja, área foliar y rendimiento de materia verde no tienen efecto ($p \geq 0.05$), mientras que para el factor tratamiento la altura de planta, ancho de hoja, área foliar y rendimiento de materia verde fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) y el diámetro de tallo fue significativo ($p \leq 0.05$). El coeficiente de variación de los datos transformados para la altura de planta fue de 3.26%, para el diámetro de tallo 11.10%, ancho de hoja 8.31%, área foliar 10.75% y rendimiento de materia verde 2.78%. Estos resultados muestran que el nivel de fertilización influye significativamente sobre la longitud de tallo ($p \leq 0.01$). De manera discordante, el número de tallos no se ve influenciado por el nivel de fertilización nitrogenada ($p \geq 0.05$).

Las diferencias encontradas para las características productivas, se atribuyen a pérdidas de NH_3 que llega hasta los 30 kg/ha de nitrógeno reportado por Morales *et. al.* (2019), que en dosis de 0 y mínima (50 kg/ha N) tienen una pérdida de 20%, constituyendo una gran parte de lo que se utilizó. Los cereales de grano absorben hasta el 90 % del nitrógeno antes de la etapa de hoja de bandera, como lo mencionan Ballesteros *et. al.* (2015), quienes recomendaron a no fraccionar el fertilizante.

Trenkel (2010), recomienda desarrollar estrategias para adicionar nutrientes en los cultivos al usar un fertilizante de liberación lenta, para evitar las pérdidas y minimizar la polución.

Flores (2019), reporta influencias significativas para el contenido de proteína cruda, en relación al fraccionamiento de nitrógeno, fibra detergente neutra, densidad de planta, altura de planta, área foliar, rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, contenido de materia seca, fraccionando los requerimientos de nitrógeno en 0,25, 33 y 50% en avena forrajera variedad INIA-902 Africana.

Ballesteros *et al.* (2015), en el cultivo de Triticale también encuentran significancias para caracteres agronómicos, López (2016), reporta que el efecto de lixiviados no influye en el ancho de hoja y longitud de tallo al corte en el cultivo de avena en Centro América, Sánchez *et al.* (2014), reporta diferencias significativas para altura de planta y rendimiento de forraje también en Centro América, en una evaluación de seis variedades de avena forrajera.

Sánchez *et al.* (2014), también reporta variación significativa en características nutricionales como fibra detergente neutra, rendimiento de proteína (kg/ha), valor relativo de forraje y energía neta de lactación, en seis variedades de avena en Centro América.

Tabla 9. Efecto del bloque y los niveles de fertilizante para características productivas de la avena forrajera.

Factor	Bloque	Tratamiento	CV transformada %	CV real %	R ²	Media general
Altura de planta	ns	**	3.26	10.37	0.95	1.5
Diámetro de tallo	ns	*	11.1	16.72	0.76	0.65
Largo de hoja	-	**	-	13.67	-	38.98
Ancho de hoja	ns	**	8.31	31.85	0.96	1.56
Área foliar	ns	**	10.75	41.83	0.96	53.33
Numero conteo de tallos	-	ns	-	13.86	-	235.17
Rendimiento de materia verde	ns	**	2.78	37.67	1	44130.56

ns: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo; R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación; -:sin valor

Con respecto al clima, no se observó variaciones o anomalías en las precipitaciones acumuladas (Figura 3) ni cambios considerables de temperaturas (Figura 4) según los reportes del SENAMHI (2021).

4.1.1 Altura de planta

Hubo diferencia estadísticamente significativa para altura de planta ($p \leq 0.01$). En la Figura 6, se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para altura de planta de avena forrajera de la variedad Tayko según el nivel de fertilización, en donde se observa que los tratamientos T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N), tuvieron promedios superiores de 1.50, 1.63 y 1.61 metros de altura respectivamente, siendo estadísticamente diferentes con el tratamiento T0 (Testigo) cuyo promedio fue de 1.27 metros. Se asume que, al aplicar N en el cultivo de avena, este influye directamente sobre su crecimiento, debido a que el nitrógeno es un elemento fundamental para el desarrollo de la planta.

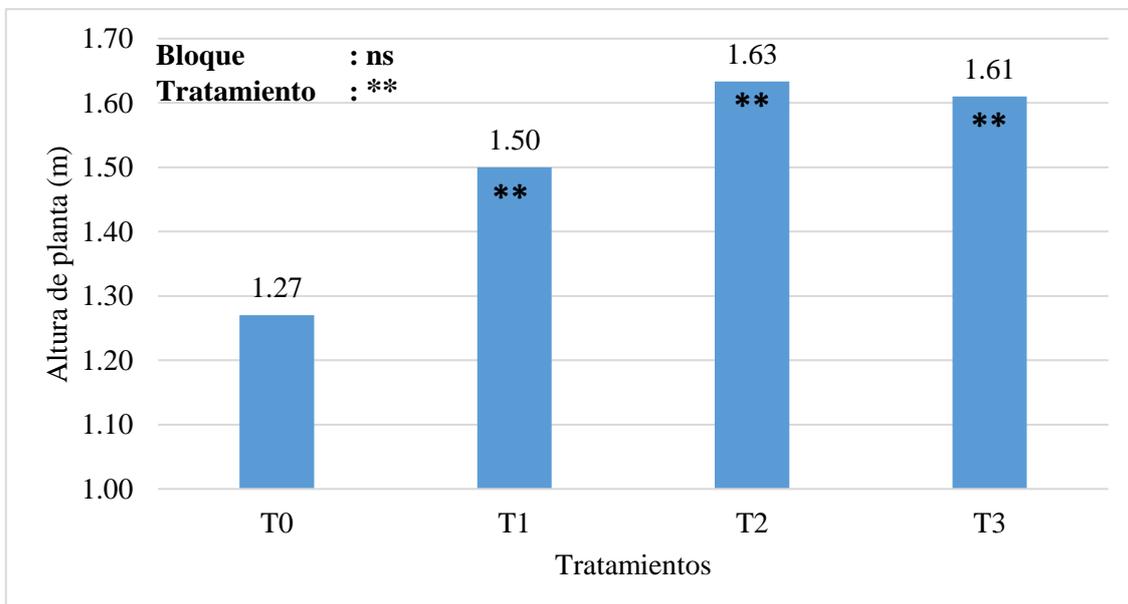


Figura 6. Efecto del nivel de fertilización sobre altura de planta.

Los resultados para la dosis 0 kg/ha de N son superiores a los reportados por Flores (2019), quien indica promedios de 74 y 59 cm en avena de la variedad INIA-902 fertilizada con estiércol de lombriz y guano de islas. Además, indica que la variación entre



los resultados es posible atribuirla a los efectos ambientales y genéticos propios de la variedad.

Las alturas de planta para los niveles de fertilización de 50 kg/ha y 100 kg/ha de N son similares a los encontrados por Argote y Halanoca (2007), quienes reportan 1.30, 1.40, 1.58, 1.40, 1.60, 1.40, 1.30 y 1.50 cm de altura de planta a la floración en diferentes variedades de avena forrajera, INIA-902 Africana, INIA Santa Ana, Negra local, Mantaro 15, Tayko, Cayuse, Vilcanota 1, INIA 2000 respectivamente, con una fertilización de 70 kg/ha de nitrógeno, cultivadas en el anexo Illpa del INIA, cuyos suelos son similares al nuestro; en condiciones de valle interandino Montoya (2017), en su investigación reporta alturas de 1.36, 1.32, 1.39 y 1.42 m/planta en las variedades INIA-901, Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente, variedades de avena forrajera propias de la zona central del Perú.

Los valores encontrados en este trabajo son superiores al reporte por Flores *et al.* (2014), en avena forrajera cosechada a los 140 días, que varían entre 73 a 88 cm de altura, en relación a 4 niveles de aplicación de nitrógeno; para este carácter, no se encontró diferencia significativa para las dosis de nitrógeno, experimento realizado en Durango en condiciones de suelo limo – arcilloso. Sánchez *et al.* (2014), reporta alturas de 96.4 a 121.1 cm en variedades de avenas de Centro América; también Campuzano *et al.* (2020), reportan alturas de 108 y 143 cm en variedades alto andinas colombianas. En fertilización con silicio en avena Borda *et al.* (2007), reporta alturas de 70.25 a 115.50 cm en Colombia.

4.1.2 Diámetro de tallo

Hubo diferencia estadística significativa para el diámetro de tallo ($p \leq 0.01$). En la Figura 7 se muestra la prueba de comparación múltiples de Dunnett para el diámetro de tallo de avena forrajera de la variedad Tayko según el nivel de fertilización, en donde se observa que el tratamiento T2 (100 kg/ha de N) con 0.75 cm de diámetro de tallo es diferente ($p \leq 0.05$) a los tratamientos T1 (50 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) los que tuvieron promedios de 0.69 cm y 0.65 cm de diámetro respectivamente, siendo estos dos últimos tratamiento similares al tratamiento T0 (Testigo) cuyo promedio fue de 0.51 cm, asumiéndose que la aplicación de N influye y mejora el diámetro de tallo del cultivo de avena.

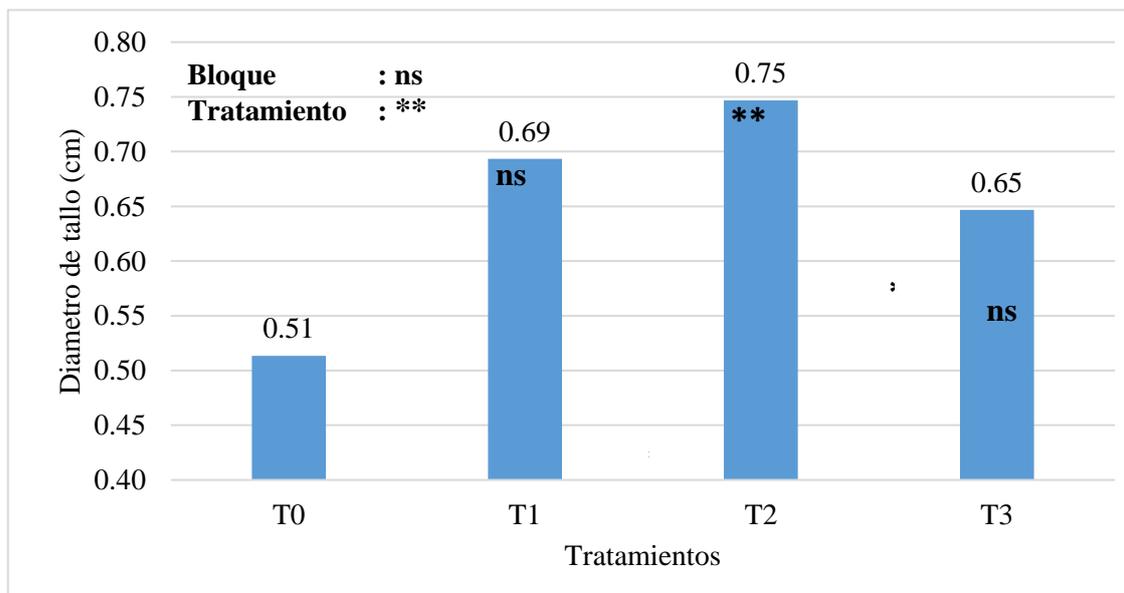


Figura 7. Efecto del nivel de fertilización sobre el diámetro de tallo.

Los resultados encontrados para el nivel de fertilización de 0 kg/ha de N con 0.51 cm de diámetro de tallo son superiores al reporte de Montoya (2017), quien encontró diámetros de 5.12, 4.52, 4.31 y 6.04 mm en las variedades INIA 901, Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente. Las diferencias entre trabajos pueden ser atribuidas al diferente comportamiento de las variedades de avena y al ámbito de investigación, entre otros.

En avenas forrajeras colombianas Borda *et al.* (2007), encuentran en sus investigaciones 4.0 a 5.1 mm de diámetro de tallo, evaluado en la pre-siembra.

4.1.3 Longitud de hoja

Hubo diferencia estadística significativa para la longitud de hojas ($p \leq 0.01$). En la Figura 8, se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para longitud de hojas de avena forrajera. Según el nivel de fertilización, se observa que los tratamientos T3 (150 kg/ha de N) con 44.15 cm, T2 (100 kg/ha de N) con 42.04 cm y T1 (50 kg/ha de N) con 38.15 cm son superiores al T0 (Testigo) con 31.57 cm.

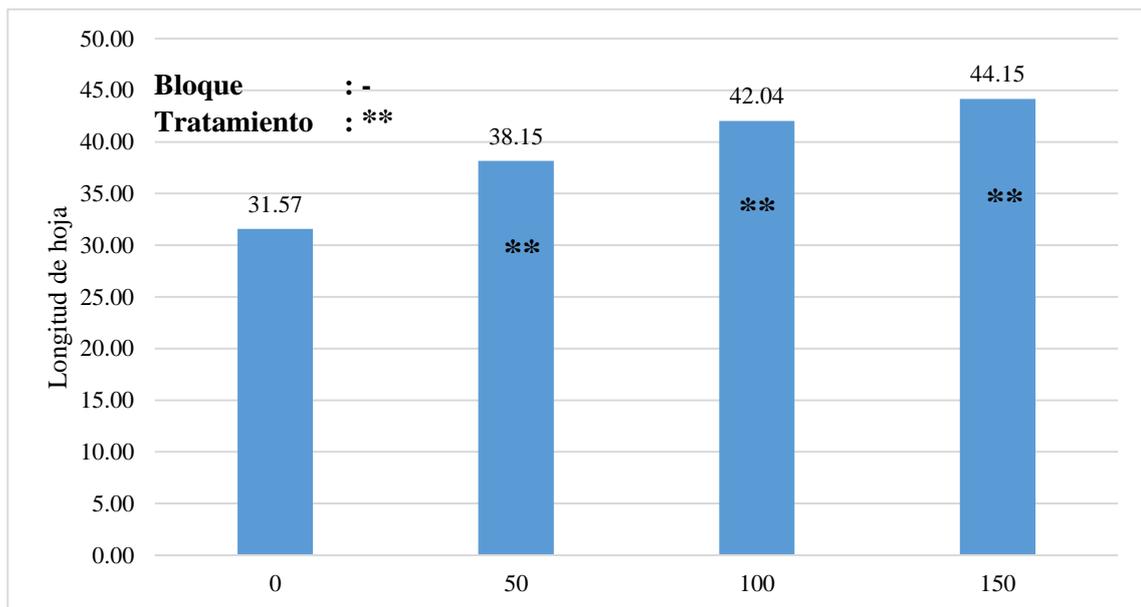


Figura 8. Efecto del nivel de fertilización sobre la longitud de la hoja.

Los resultados del tratamiento de 50 kg/ha de N y el testigo son similares al reporte de Argote y Halanoca (2007). con longitudes de 43.27, 40.19, 37.10, 37.32, 33.53, 33.61, 36.29 y 37.73 cm en las variedades INIA – 902 Africana, Vilcanota 1, Tayko, Cayuse, Negra nativa, Mantaro 15, INIA 2000 y INIA Santa Ana con una fertilización de 70 kg/ha de nitrógeno.

También los tratamientos 0 kg/ha y 50 kg/ha de N, son similares a avenas forrajeras de centro américa (López, 2016). Además, este autor reporta longitudes de hoja de 36.25 y 37.25 cm para efectos de vermicompost químico y lixiviado respectivamente.

Ballesteros *et al.* (2017), menciona que los cereales de grano pequeño absorben hasta 90% del nitrógeno antes de la etapa de hoja bandera, indicando que cuando se aplica la totalidad de nitrógeno en la etapa de macollamiento en triticale para forraje, no se justifican posteriores fraccionamientos del fertilizante.

4.1.4 Ancho de hoja

Hubo diferencia estadística significativa para el ancho de hoja ($p \leq 0.01$). En la Figura 9, se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para ancho de hoja de avena según los niveles de fertilización, donde se observa que los tratamientos T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) con un ancho de hoja de 1.83 cm y 2.16 cm respectivamente son superiores a los tratamientos T0 (Testigo) y T1 (50 kg/ha de N) con valores de 0.95 y 1.30 cm, respectivamente. Se asume que, a mayor fertilización nitrogenada mayor es el desarrollo del ancho de hoja de la planta, debido a que el nitrógeno influye directamente sobre el crecimiento foliar.

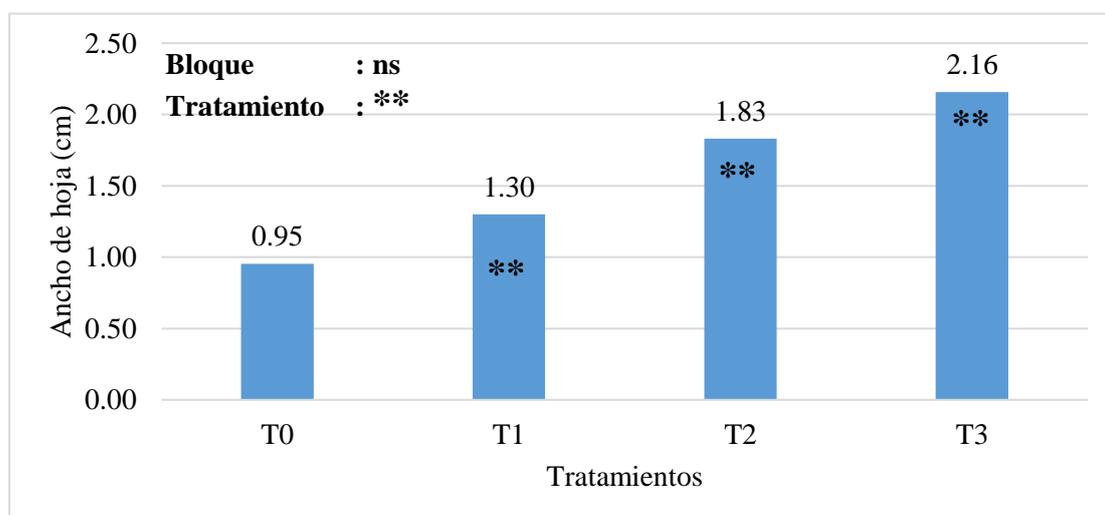


Figura 9. Efecto del nivel de fertilización sobre ancho de hoja.

Los tratamientos de 100 y 150 kg/ha de N con medias de 1.83 y 2.16 cm respectivamente, son similares a los reportados por Argote y Halanoca (2007), quienes encontraron valores de 2.47, 2.27, 2.19, 2.15, 2.27, 1.89, 2.16 y 2.10 cm para las variedades de INIA – 902 Africana, Vilcanota 1, Tayko, Cayuse, Negra nativa, Mantaro 15, INIA 2000 y INIA Santa Ana respectivamente, con un nivel de fertilización de 70 kg/ha de nitrógeno.

4.1.5 Área foliar

Hubo diferencia estadísticamente significativa para el área foliar de la hoja ($p \leq 0.01$). En la Figura 10, se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para el área foliar de avena forrajera de la variedad Tayko, los tratamientos T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) con 65.26 cm² y 80.13 cm² respectivamente, son superiores al T0 (Testigo) con 25.66 cm² y el T1 (50 kg/ha de N) con un área foliar de 42.29 cm² se ubica en una posición intermedia. Por los resultados de investigaciones se asume que a mayor nivel de fertilización nitrogenada aumenta el área foliar de la planta, e influye directamente en el crecimiento foliar.

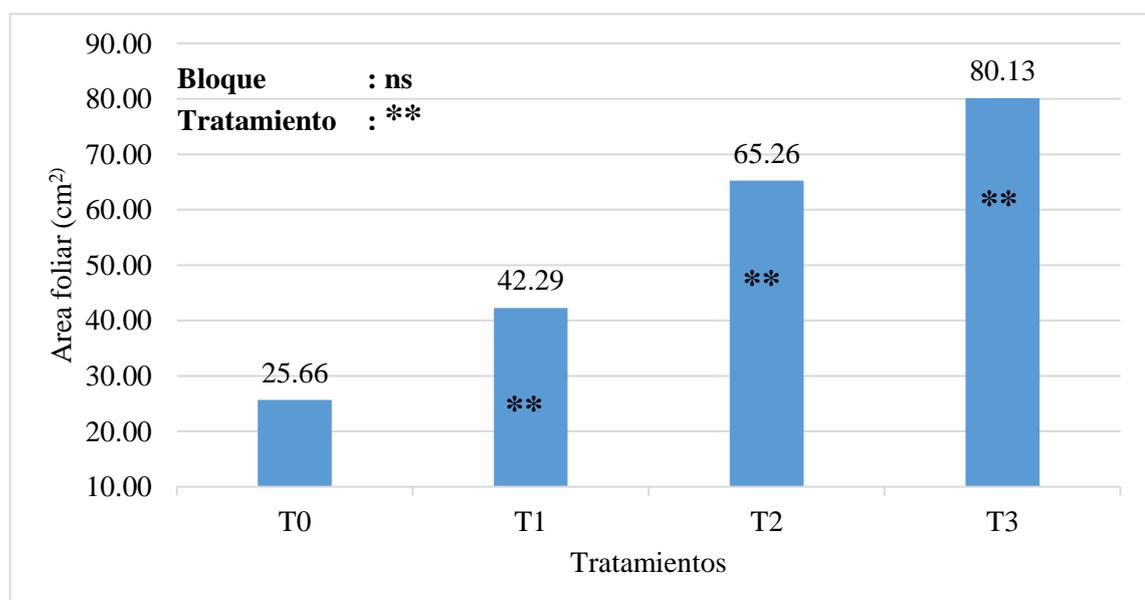


Figura 10. Efecto del nivel de fertilización sobre sobre el área foliar.



Los resultados encontrados en el tratamiento 0kg/ha N con 25.66 cm²/hoja son superiores a los reportados por Flores (2019), quien obtuvo valores 17 y 14 cm²/hoja en avena de la variedad africana INIA-902, solo con la aplicación de guano de isla y estiércol de lombriz.

El resultado encontrado en el tratamiento 50 kg/ha de N (42.29 cm²/hoja) es superior al reportado por Flores (2019), quien describe valores de 28 y 27 cm²/hoja para aplicación de Nitrógeno al 50% más guano de isla y Nitrógeno al 50% más estiércol de lombriz respectivamente en avena de la variedad Africana INIA-902.

Montoya (2017), reporta valores de 90.1, 71.8, 95.9 y 105.7 cm²/hoja en las variedades de avena INIA 901, Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente e indica que la diferencia de estos resultados puede ser debido a los efectos de ambiente y genéticos.

Altamirano *et al.* (2019), reportan valores 144.13 y 230.05 cm²/hoja para asociaciones de avena de las variedades Mantaro 15 más Vicia y Centenario más Vicia respectivamente, en el centro del Perú. Los autores afirman que estas variaciones son debidas a la asociación de la avena con leguminosas. Además, se observa una diferencia entre los valores encontrados en el presente trabajo y los reportados por el autor,

Final mente Flores *et al.* (2020), en Centro América reportan valores de 45.08 y 52.51 cm²/hoja para 50 % y 100 % de aplicación de fertilizante nitrogenado en avena forrajera.

4.1.6 Número de tallos por planta

No hubo diferencia estadística para el número de tallos por planta ($p \geq 0.05$). En la Figura 11, se muestra los promedios para el número de tallos por planta de avena forrajera de la variedad Tayko según los niveles de fertilización nitrogenada, se observa que el

tratamiento T3 (150 kg/ha de N) con 268.44 números de tallos por planta, el T2 (100 kg/ha de N) con 256.78 número de tallos por planta, el T1 (50kg/ha de N) con 210.55 tallos por planta y el T0 (Testigo) con 204.89 tallos por planta no fueron diferentes.

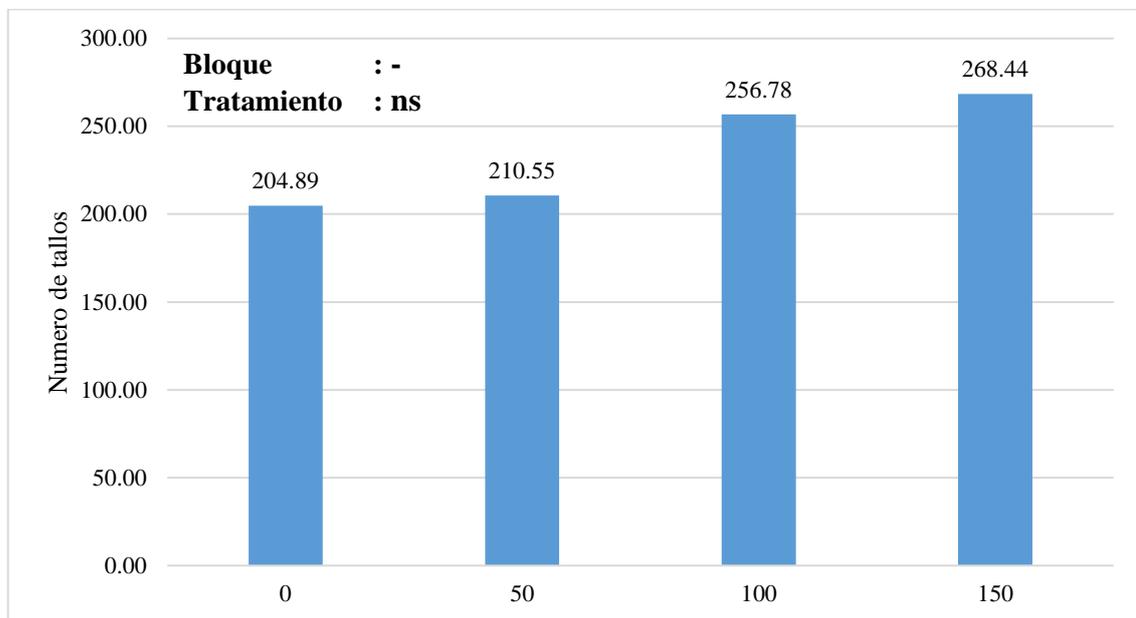


Figura 11. Efecto del nivel de fertilización sobre número de tallos.

Según el reporte de Mancipe *et al.* (2021), la relación de tallos por planta es de 93.2 tallos en el cultivo de cebada, mientras que en cultivo de trigo la relación es de 39.6 tallos por planta, en accesiones de trigo y cebada en Colombia.

4.1.7 Rendimiento de materia verde

Hubo diferencia estadística significativa para el rendimiento de materia verde. En la Figura 12, se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para el rendimiento de materia verde de avena forrajera de la variedad Tayko, en donde se observa que los tratamientos T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) con 59611.11 kg/ha y 58333.33 kg/ha respectivamente son similares entre ellos y superiores al tratamiento T0 (Testigo) cuyo promedio de 21411.11 kg/ha es menor en comparación a los otros tratamientos y el tratamientos T1 (50 kg/ha de N) tiene un rendimiento de materia verde de 37166.67 kg/ha, de lo cual se asume que a mayor fertilización

nitrogenada, mayor es el rendimiento de materia verde en el cultivo de avena e influye directamente en el crecimiento foliar del cultivo.

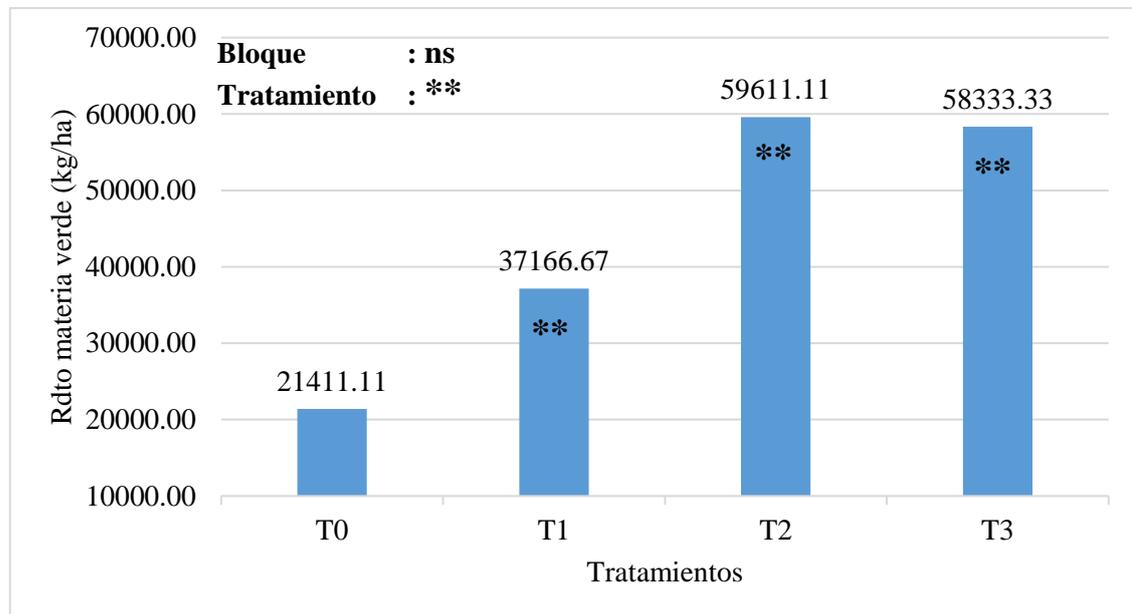


Figura 12. Efecto del nivel de fertilización sobre altura de planta.

Los resultados en rendimiento de materia verde son similares a lo reportado por Mamani y Cotacallapa (2018), de 17.67 hasta 28.00 t/ha, debido a la fertilización complementaria. También los rendimientos encontrados por el T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) son superiores a lo reportado por Flores (2009), con valores de 8 250 a 27 250 kg/ha en la variedad de avena INIA-902.

Argote y Halanoca (2007), reportan valores de 82.00, 72.22, 84.33, 67.55, 89.11, 80.00, 80.66, 79.89 kg/ha en variedades INIA-902 Africana, INIA Santa Ana, Vilcanota 1, Negra local, Cayuse, Mantaro 15 mejorado, Tayko y INIA 2000 respectivamente. Los resultados obtenidos son inferiores a lo encontrados en el presente trabajo, resaltando que el autor solo fertilizó con 70 kg/ha de nitrógeno.

Los valores encontrados para los tratamientos 100 kg/ha y 150 kg/ha de N son similares a los reportados por Altamirano *et al.* (2019), cuyos promedios son de 57.809



± 1.215 y 63.342 ± 2.669 t/ha para las asociaciones de avena forrajera Mantaro 15 + vicia y Centenario + vicia respectivamente en la sierra central del Perú.

Por otro lado, López (2016), reporta valores de 73.875 y 91.025 t/ha para el rendimiento de materia verde en variedades de avena con aplicación de fertilizante químico y lixiviado respectivamente en condiciones de Centro América.

4.2 HENO DE AVENA Y SU VALOR NUTRITIVO

En la Tabla 10, se muestran los resultados de los análisis de varianza para el valor nutritivo de la avena forrajera, donde se aprecia que para el factor bloque, la materia seca, humedad, proteína y FDN no son significativos, el extracto etéreo y fibra cruda son altamente significativos ($p \leq 0.01$) y la proteína, ceniza, ENL y materia orgánica son significativos ($p \leq 0.05$). Para el factor tratamiento, la materia seca, humedad, proteína, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, FDN, ENL y materia orgánica, no fueron significativos. El coeficiente de variación de los datos transformados para la materia seca es de 1.41%, para la humedad 3.16%, para la proteína 3.42%, para la ceniza 1.88%, para el extracto etéreo 8.59%, para la fibra cruda 4.08%, para la FDN 2.25%, para el ENL 2.71% y para la materia orgánica 1.29%.

En la investigación de Mancipe *et al.* (2021), se reporta variaciones estadísticas significativas en el contenido de proteína cruda, fibra detergente neutra y en las accesiones del cultivo de trigo forrajero cosechado en estado de vaina engrosada. Por otro lado, en el cultivo de cebada se reportan variaciones estadísticas significativas en el contenido de cenizas y fibra detergente neutra, todas estas diferencias se presentaron en accesiones colombianas.

Tabla 10. Efecto del bloque y nivel de fertilización para valores nutritivos de heno de avena.

Factor	Bloque	Tratamiento	CV trans (%)	CV real (%)	R ²	Media General
Rendimiento de materia seca (kg/ha)	*	**	-	5.02	0.99	10751.27
Porcentaje materia seca, %	ns	ns	1.41	2.03	0.62	24.2
Porcentaje humedad, %	*	ns	1.29	2.41	0.72	75.9
Porcentaje proteína, %	*	ns	3.42	9.43	0.74	11.45
Porcentaje ceniza %	*	ns	1.88	6.28	0.82	7.34
Extracto etéreo	**	ns	8.59	15.71	0.84	4.56
Fibra cruda	**	ns	4.08	11.69	0.93	28.09
Porcentaje FDN(%)	ns	ns	2.25	4.33	0.64	51.09
Energía neta de Lactación	*	ns	2.71	3.94	0.74	0.55
Porcentaje materia orgánica %	ns	ns	3.16	6.36	0.55	24.2

ns: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, R²: Coeficiente de Determinación; CV: Coeficiente de variación.

4.2.1 Rendimiento de materia seca

Hubo diferencias estadísticamente significativas para el rendimiento de materia seca ($p \leq 0.01$). En la Figura 13 se muestra la prueba de comparación múltiple de Dunnett para el rendimiento de materia seca (kg/ha) en avena forrajera de la variedad Tayko, donde se observa que el tratamiento T0 (Testigo) con 5161.16 kg/ha es menor a los tratamientos T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150kg/ha de N) con promedios de 8510.53, 14541.26 y 14792.12 kg/ha respectivamente. Es posible observar que la fertilización nitrogenada de la avena forrajera influye directamente sobre la producción de materia seca.

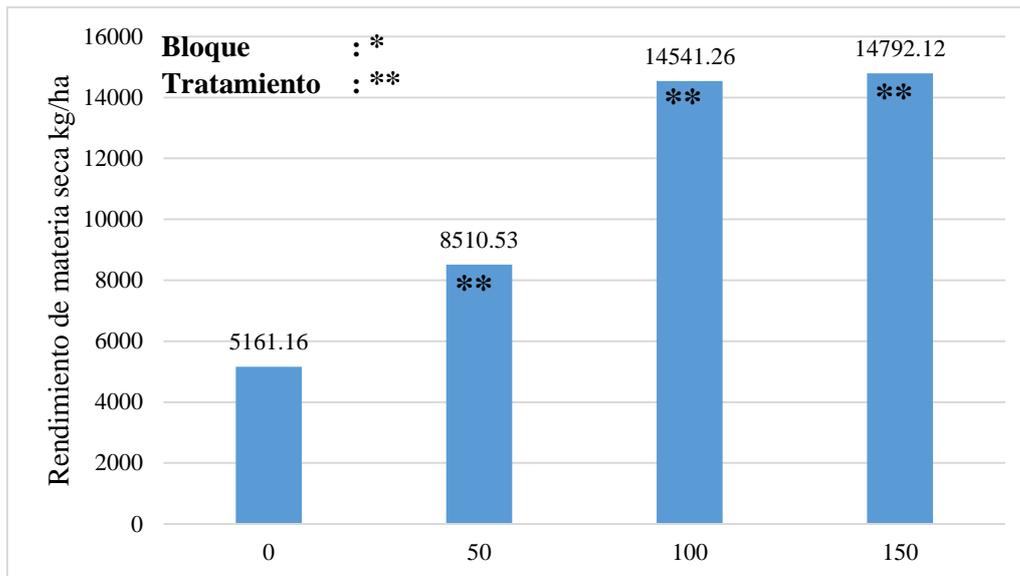


Figura 13. Efecto del nivel de fertilización sobre el rendimiento de materia seca.

Flores (2019), reporta valores de 6481.81, 6988.23, 8290.06, 8595.04 y 10600.9 kg/ha de materia seca de avena forrajera Africana, INIA – 902, evaluando diferentes niveles de aplicación de estiércol de lombriz. Argote y Halanoca (2007), reportan valores de 17.65, 24.68, 20.99, 23.40, 20.14, 29.68, 19.71 y 26.86 t/ha en las variedades INIA – 902, INIA Santa Ana, Negra local, Mantaro 15, Tayko, Cayuse, Vilcanota 1, INIA 2000 respectivamente, utilizando una fertilización de 70 kg /ha de N.

Según el reporte de Mamani y Cotacallapa (2018), en la región Puno, en la campaña 2016 – 2017 el rendimiento de materia seca fue de 6.42 t/ha, agrupando todas las unidades de producción. Fontanetto *et al.* (2008), reportan rendimientos de 2485 kg/ha MS para avena forrajera sin aplicación de nitrógeno, 3395 kg/ha de MS para la aplicación de 25 kg/ha de urea y 5205 kg/ha de MS con un nivel de fertilización de 50 kg/ha de urea en avena forrajera en la Patagonia de Argentina.

En cebada forrajera Mancipe *et al.* (2021), observa rendimientos entre 5 a 10 t/ha de MS y para trigo forrajero reporta de 2 a 19 t/ha, de MS; todos los resultados fueron encontrados en accesiones colombianas.

4.2.2 Porcentaje de materia seca

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de MS ($p \geq 0.05$); en la Figura 15, se muestra los promedios de porcentaje de materia seca de avena forrajera de la variedad Tayko. Se observa que los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) tuvieron promedios de 24.12, 22.92, 24.39 y 25.38 % respectivamente, por lo cual se puede afirmar que las aplicaciones de nitrógeno no influyeron directamente sobre el contenido de materia seca.

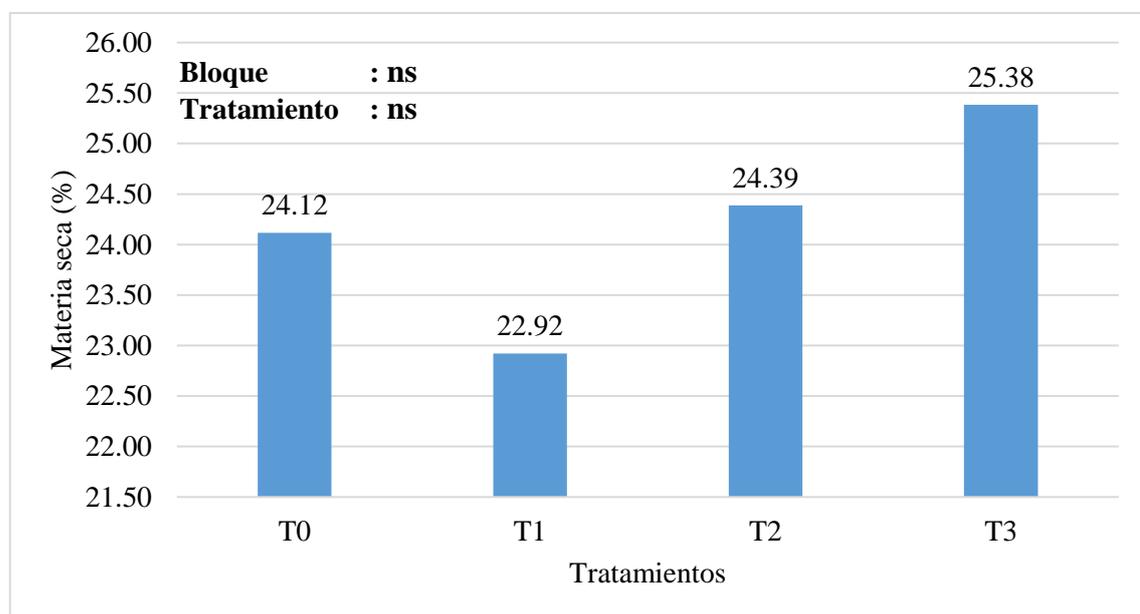


Figura 14. Efecto del nivel de fertilización sobre el porcentaje de materia seca.

Flores (2019), reporta valores de 32.1 a 39.4 % de MS para la variedad de avena Africana INIA – 902 con fraccionamiento de la fertilización y el uso de estiércol de lombriz y guano de islas. El mismo autor indica que las variaciones se ven en el momento de evaluación, teniendo en cuenta la fenología y maduración del cultivo. Flores *et al.* (2020), reporta valores de MS que varían entre 31.0 a 35.7 %, por su parte Quintanilla (2016), observa menores valores de 20.61, 19.19 y 19.04 % de MS en variedades de avena forrajera con asociaciones de Vicia en condiciones del centro del Perú. Este autor no encontró diferencias significativas en el contenido de materia seca en relación al

requerimiento de nitrógeno del cultivo de avena forrajera fertilizada con estiércol de lombriz y guano de islas.

Montoya (2016), reporta valores de 21.6, 23.6 y 22.0 % de MS en las variedades de avena INIA 901 – Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente, en donde el autor no encuentra variación significativa para variedades.

4.2.3 Porcentaje de humedad

No hubo diferencias estadísticas significativas para el porcentaje de humedad ($p \geq 0.05$). En la Figura 14, se muestra los promedios según el nivel de fertilización de N para el porcentaje humedad de avena forrajera en la variedad Tayko, donde los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) tuvieron promedios de 75.88%, 77.08%, 76.03% y 74.62% respectivamente. Se observa que las aplicaciones de nitrógeno no influyen directamente sobre el porcentaje de humedad.

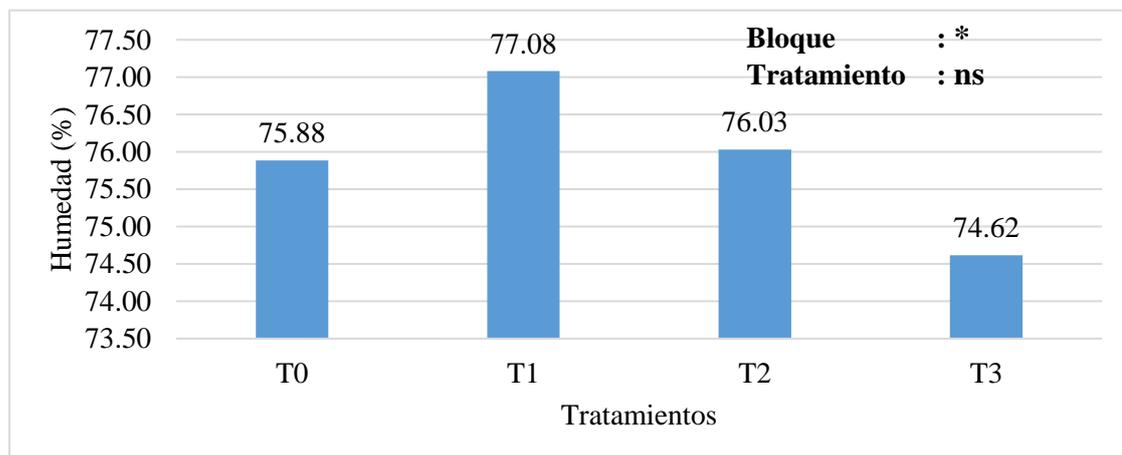


Figura 15. Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de humedad.

4.2.4 Porcentaje de proteína

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de proteína ($p \geq 0.05$). En la Figura 16, se muestra los promedios según el nivel de fertilización para el porcentaje de proteínas de avena forrajera de la variedad Tayko, donde los tratamientos

T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) tuvieron promedios de 11.08, 11.15, 11.81 y 11.74 % respectivamente. En este experimento, La aplicación de nitrógeno no influyó directamente sobre el carácter nutricional (Tabla 12).

El contenido de proteína encontrado es ligeramente superior a lo reportado por Flores (2019), quien reporta valores entre 6.76 a 10.75 % de proteína. El mismo autor indica que las diferencias son notorias entre las variedades y también entre aplicaciones de abonos.

Montoya (2016), reporta valores de 11.0, 9.6, 11.4, 7.2 % de proteína para variedades forrajeras INIA 901 – Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente, también Altamirano *et al.* (2019), reporta valores de 7.9 y 6.5 % de proteína en variedades Mantaro 15 asociado con vicia y Centenario asociado con Vicia respectivamente.

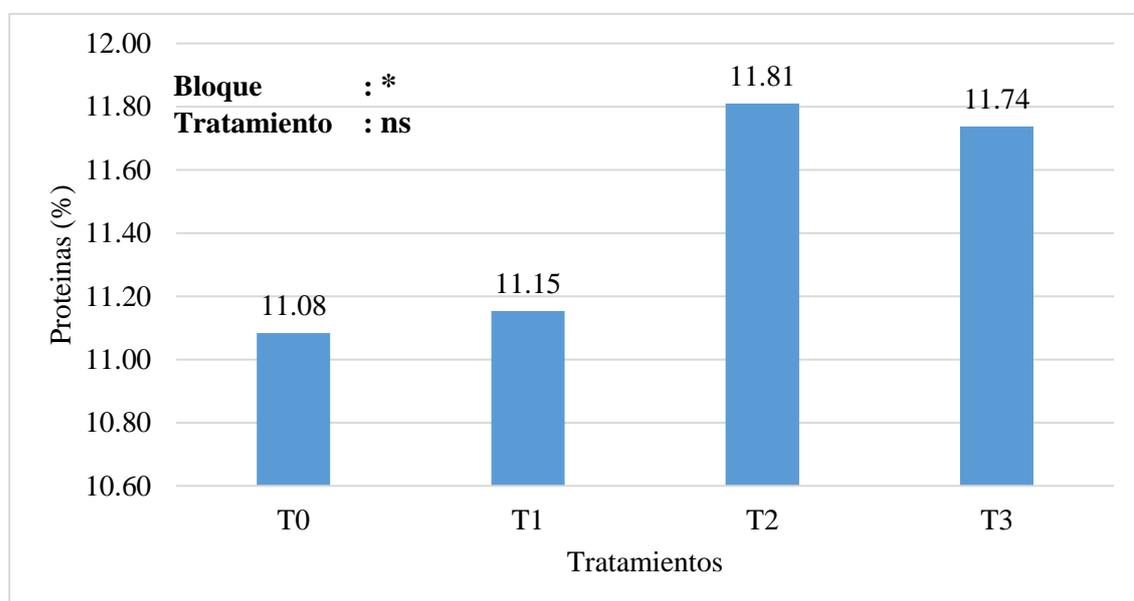


Figura 16. Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de proteína.

Sánchez *et al.* (2014), también reporta valores de 11.3 a 13.2% de proteína en variedades de avena en centro América. Los resultados encontrados en el presente trabajo están en consonancia con los resultados anteriores.

En el cultivo de trigo en Colombia Mancipe *et al.* (2021), reporta valores de 7.7 a 10.5 % de proteína cruda. También en cebada reporta valores de 11.5 a 14.9% de proteína en estado lechoso-pastoso.

Los cultivos forrajeros destinados a la alimentación de rumiantes requieren la evaluación nutricional en los diferentes estados fisiológicos del cultivo, especialmente en el de vaina engrosada y granos lechoso-pastoso mencionado por (Campuzano *et al.*, 2020).

4.2.5 Porcentaje de ceniza

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de ceniza ($p \geq 0.05$). En la Figura 17, se muestra los promedios del porcentaje de ceniza de avena forrajera de la variedad Tayko, se observan los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) con promedios de 7.57%, 7.43%, 7.29% y 7.07% respectivamente. De los resultados encontrados se puede deducir que la aplicación de nitrógeno no influye sobre el porcentaje de ceniza.

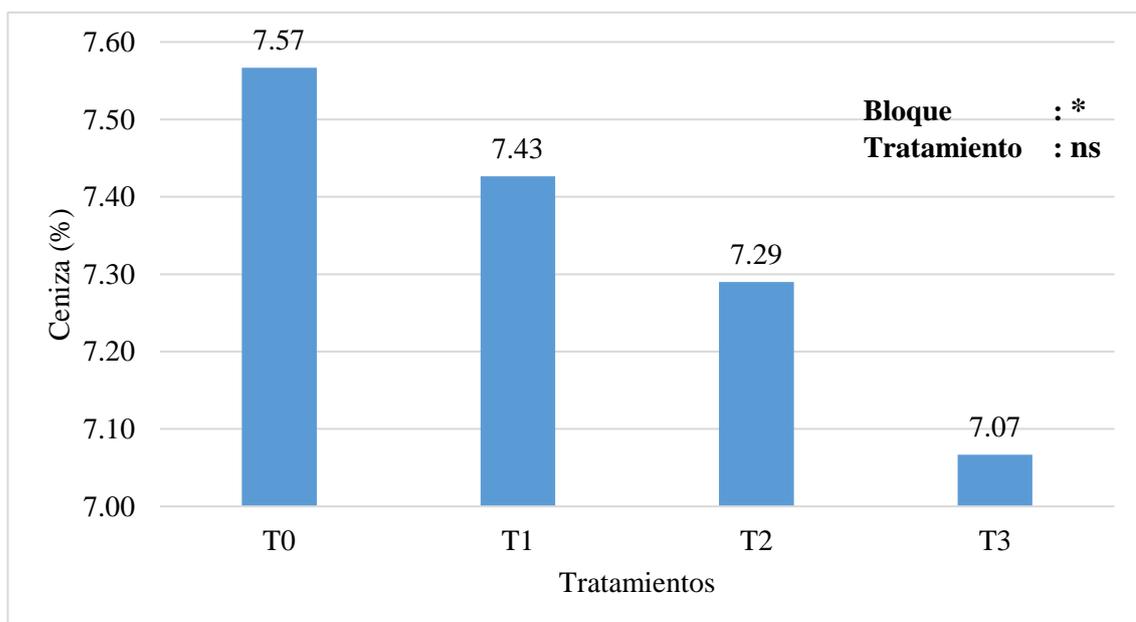


Figura 17. Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de cenizas.

Nuestros resultados son similares al reportado por Altamirano *et al.* (2019), quienes encontraron valor de 6.2 y 5.5 % de cenizas en variedades Mantaro 15 asociado con Vicia y Centenario asociado con Vicia respectivamente, quienes evaluaron el desarrollo de avena forrajera en condiciones de valle interandino.

Mancipe *et al.* (2021), reportan valores de 8.7 a 11.6 % de contenido de cenizas en accesiones de Trigo Colombianas, en fase de grano pastoso, también en cebada reportan valores 7.7 a 11.8 % de cenizas en estado de grano lechoso a pastoso. El porcentaje de ceniza de estas dos especies, mostro un comportamiento similar.

4.2.6 Extracto etéreo

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de extracto etéreo ($p \geq 0.05$). En la Figura 18, se observa los promedios según el nivel de fertilización para el porcentaje de extracto etéreo de avena forrajera de la variedad Tayko. Los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50kg/ha de N), T2 (100kg/ha de N) y T3 (150kg/ha de N) tuvieron valores de 4.90, 4.79, 4.42 y 4.13 respectivamente. De los resultados obtenidos, es posible deducir que las dosis de aplicación de N no influyeron sobre el porcentaje de extracto etéreo.

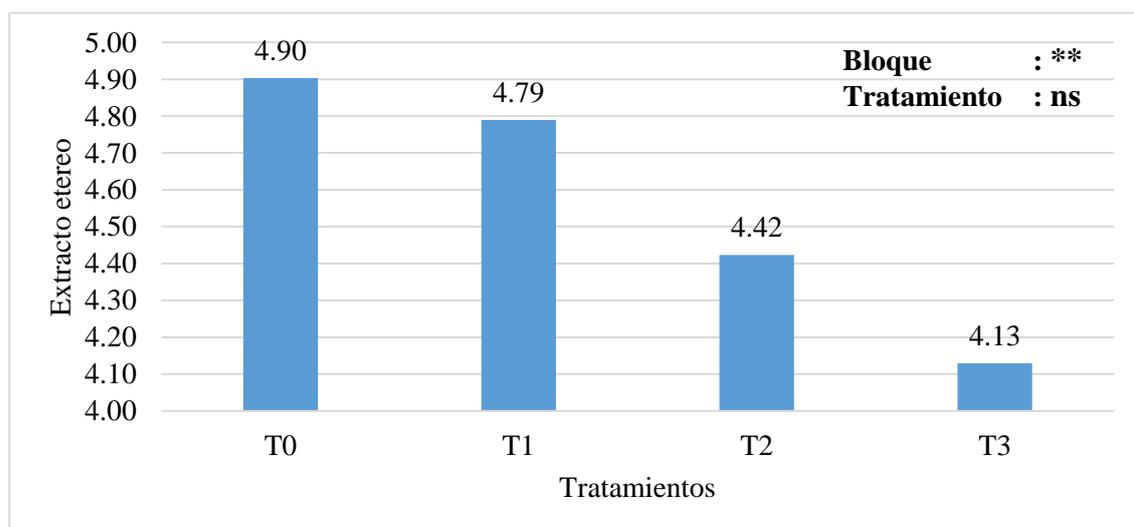


Figura 18. Efecto del nivel de fertilización sobre el extracto etéreo.

Los resultados de esta investigación son inferiores al reportado por Quintanilla (2016), quien observó valores de 5.54, 4.34 y 5.65 % en diferentes variedades de avena forrajera. En su investigación, el autor no encontró diferencias significativas entre variedades.

4.2.7 Fibra cruda

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de fibra cruda ($p \geq 0.05$). En la Figura 19, se muestra los promedios del porcentaje de fibra cruda de avena forrajera de la variedad Tayko, según los niveles de fertilización se observa que los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50kg/ha de N), T2 (100kg/ha de N) y T3 (150kg/ha de N) tuvieron valores de 29.43, 28.94, 27.75 y 26.24 respectivamente. Basado en los resultados, es posible afirmar que la aplicación de N no influyó sobre el porcentaje de fibra cruda.

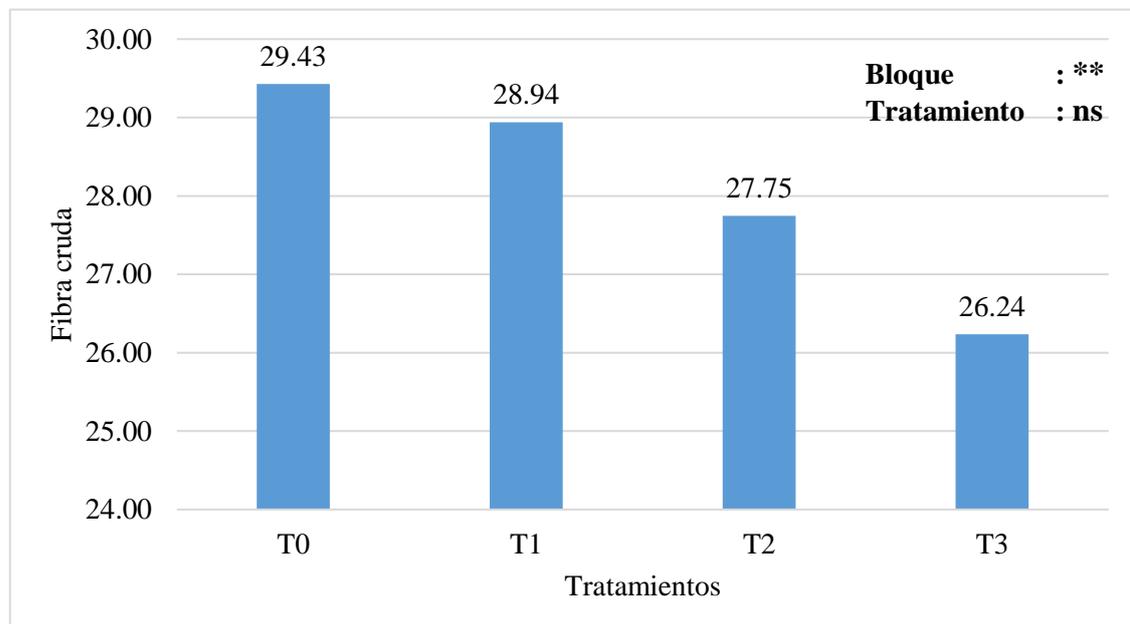


Figura 19. Efecto del nivel de fertilización sobre fibra cruda.

4.2.8 Fibra detergente neutra (FDN)

No hubo diferencia estadística significativa para el porcentaje de fibra detergente neutra en base seca ($p \geq 0.05$). En la Figura 20, se muestra los promedios del porcentaje de

fibra detergente neutra en avena forrajera de la variedad Tayko según los niveles de fertilización, los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) tuvieron valores de 51.52, 52.02, 50.99 y 49.84% respectivamente. En este experimento los niveles de N aplicado no influyeron significativa sobre el porcentaje de FDN.

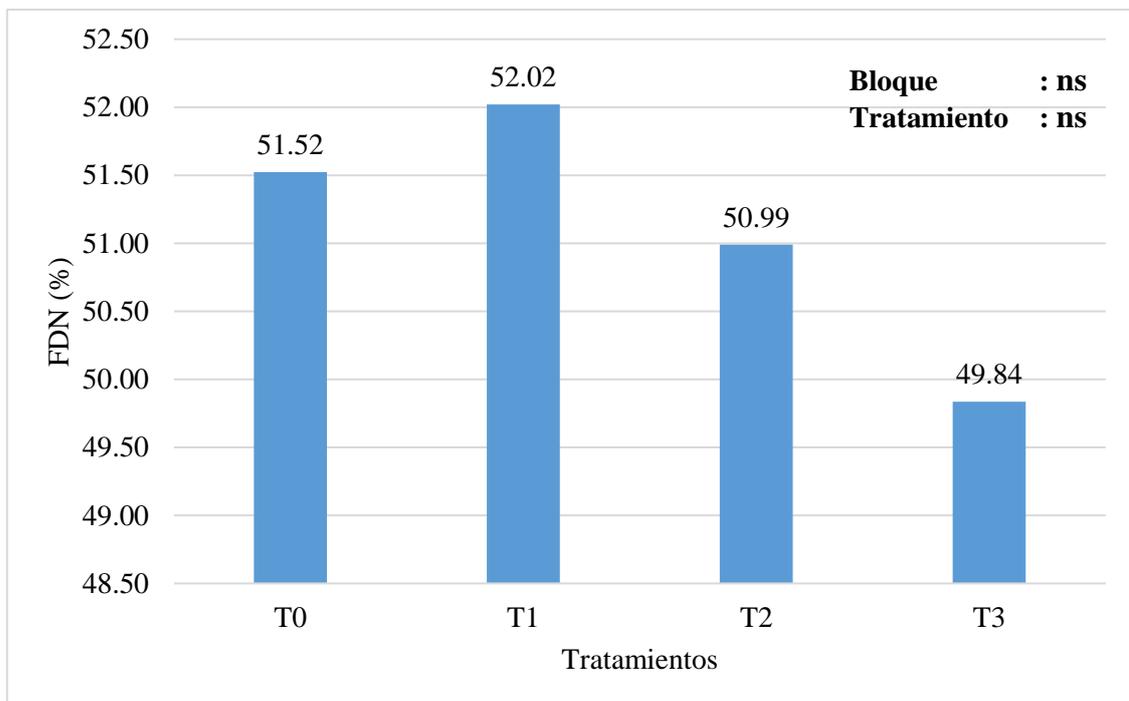


Figura 20. Efecto del nivel de fertilización sobre FDN.

Los resultados de esta investigación son superiores a los reportados por Flores (2019), quien encontró valores de 50.93 a 58.45 % para fibra detergente neutra en la variedad de avena africana INIA-902 con diferentes niveles de fertilización y abonos. Montoya (2017), también obtuvo valores similares de 63.0, 60.4, 61.6 y 62.3 para las variedades INIA 901 – Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente, cosechadas en inicio de floración. También Altamirano (2019), encontró valores similares de 56.6 % y 50.1 % para asociaciones de avena forrajera Mantaro 15 asociado con vicia y Centenario asociado con vicia.

Sánchez *et al.*, (2014), reporta valores de 51.3 a 61.1 % en variedades de avena de Centro América, comparando estas investigaciones se resaltar que existe una mínima variación del carácter.

Mancipe *et al.* (2021), reportan valores desde 44.0 hasta 53.1 % en el contenido de fibra detergente neutra en el cultivo de cebada forrajera en estado de vaina engrosada y reportan valores 47.6 hasta 59.2 % de fibra detergente neutra en el cultivo de trigo forrajero en estado de vaina engrosada. Todos estos resultados fueron encontrados en accesiones colombianas.

4.2.9 Energía neta de lactación en Mcal/ lb MS (ENL)

No hubo diferencia estadística significativa para la energía neta de lactación ($p \geq 0.05$). En la Figura 21, se muestra los promedios de energía neta de lactación Mcal/lb en avena forrajera de la variedad Tayko, según los niveles de fertilización, se observa los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) con 0.540, 0.537, 0.550 y 0.557 Mcal/lb MS respectivamente. Se deduce que las aplicaciones de N no influyeron sobre la energía neta de lactación.

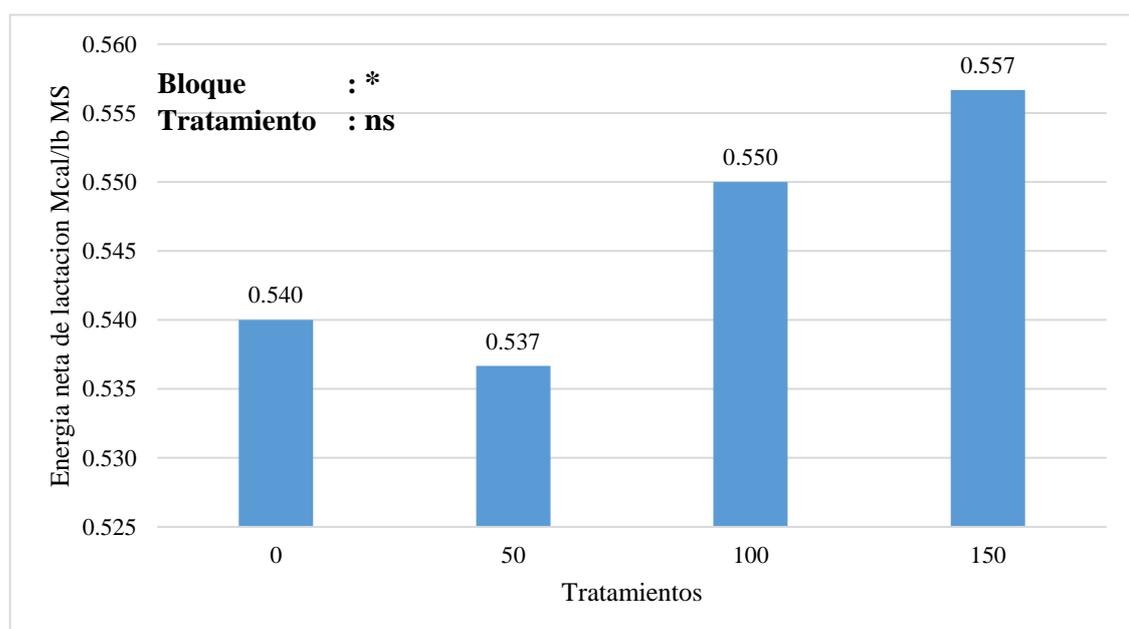


Figura 21. Efecto del nivel de fertilización sobre ENL.



Los resultados de esta investigación son inferiores a los encontrados por Montoya (2017), quien reporta valores de 1.03, 1.03, 1.05 y 1.00 Mcal/lb para las variedades INIA 901 – Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente, en fase de inicio de floración; en fase de grano pastoso reporta valores de 0.92, 0.88, 0.88 y 0.79 Mcal/lb para las variedades INIA 901 – Mantaro 15, INIA Santa Ana, INIA 2000 y Centenario respectivamente. Este mismo autor observa una reducción en la energía neta de lactación de la fase de inicio de floración a la fase de grano pastoso.

Sánchez *et al.*, (2014), observan valores de 1.17 a 1.38 Mcal/kg en diferentes variedades de avena forrajera en centro América. Estos valores son similares a los encontrados en este trabajo.

En el cultivo de cebada Mancipe *et al.* (2021), observan valores de 1.38 a 1.50 Mcal/kg en accesiones colombianas de cebada forrajera. También en el cultivo de trigo forrajero reportan valores de 1.37 a 1.48 Mcal/kg.

4.2.10 Materia orgánica

No hubo diferencia estadística significativa para el contenido de materia orgánica ($p \geq 0.05$). En la Figura 22, se muestra los promedios del porcentaje de materia orgánica de avena forrajera de la variedad Tayko, según el nivel de fertilización, en donde se observa que los tratamientos T0 (Testigo), T1 (50 kg/ha de N), T2 (100 kg/ha de N) y T3 (150 kg/ha de N) tuvieron valores de 68.32, 69.65, 68.74 y 67.55% respectivamente. De lo anterior podemos deducir que la aplicación de N no influye sobre el porcentaje de la materia orgánica.

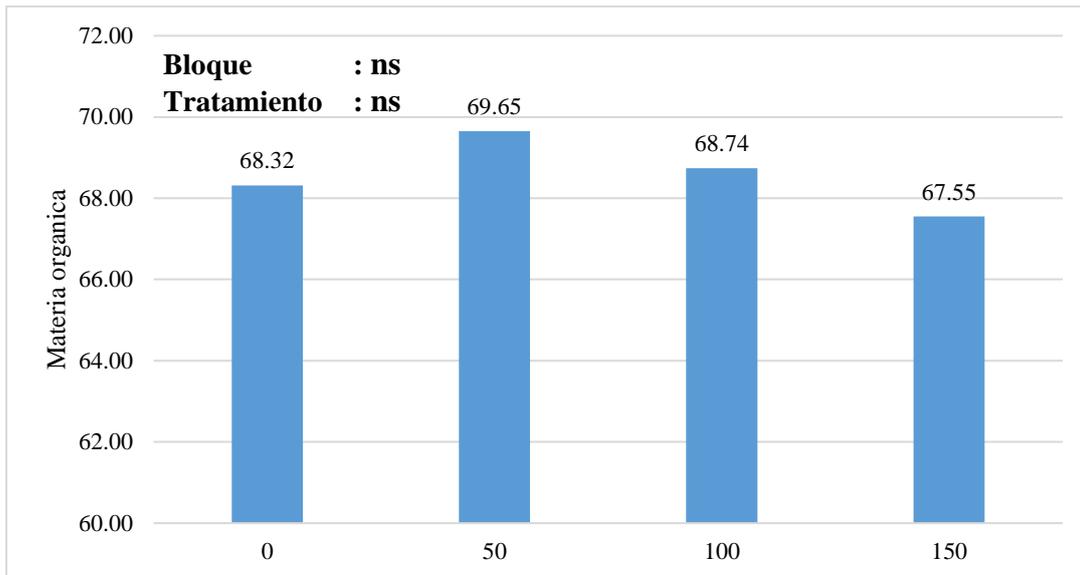


Figura 22. Efecto del nivel de fertilización sobre el contenido de materia orgánica.

Sánchez *et al.* (2014) reporta valores de 88.7 a 91.4 % de materia orgánica en variedades de avena forrajera en centro América. Estos valores fueron superiores al encontrado en el presente experimento.

4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los resultados de la evaluación de los costos de producción de forraje para avena forrajera se muestran en la Tabla 11. En esta tabla se aprecia el nivel de uso de fertilizante nitrogenado, en donde la productividad aumenta considerablemente al incrementar los niveles de aplicación, desde el testigo con una producción mínima de 286.91 pacas/ha, con una fertilización de 50 kg/ha de N hasta una producción de 473.26 pacas/ha, alcanzada con una fertilización de 100 kg/ha de N. de acuerdo a los resultados observados, el nivel de fertilización de 100 kg/ha alcanzó los mayores rendimientos incrementando los ingresos por la venta de forraje.

Tabla 11. Costos en la producción de avena.

Descripción	N 0 kg/ha	N 50 kg/ha	N 100 kg/ha	N 150 kg/ha
Costo total	3323.25	3449.25	3722.25	3927.00
Producción total MS, %	24.12	22.92	24.39	25.38
Producción total rendimiento MV, kg/ha	21411.11	37166.67	59611.11	58333.33
Rendimiento de materia seca, kg/ha	5161.16	8510.53	14541.26	14792.12
Peso de paca en materia verde, kg	74.63	78.53	73.80	70.92
Producción, número de pacas	286.91	473.26	807.73	822.50
Costo unitario, S/.	11.58	7.29	4.61	4.77
Precio unitario de venta, S/.	12.00	12.00	12.00	12.00
Ingreso total S/.	3442.91	5679.07	9692.77	9870.00
Ingreso neto, S/.	119.66	2229.82	5970.52	5943.00
Rentabilidad, %	3.60	64.65	160.40	151.34
Costo Beneficio, S/.	1.04	1.65	2.60	2.51
Contenido de proteína, %	11.08	11.15	11.81	11.74

FUENTE: Elaboración propia.

Comparando la rentabilidad reportada por (Flores, 2019) que fue de 144.95%, en la cual podemos saber que la variedad Tayko se obtiene mayores resultados en rendimiento y rentabilidad.

Según Quispe (2021), la rentabilidad fue de 157.90 % usando la misma variedad de avena Tayko, con la diferencia de que el método de conservación del forraje fue en ensilado, en similares condiciones de suelo.

Zea (2017), reporta rentabilidades similares con valores de 173.11 y 161.98 % en variedades de avena forrajera Africana y Vilcanota respectivamente utilizando maquinaria agrícola para la cosecha.

En la Figura 23, se observa la dispersión de la relación Beneficio/Costo según los rendimientos de materia seca (kg/ha) para cada tratamiento, donde los mejores veneficios se obtienen con la fertilización de 100 y 150 kg/ha de N. En los tratamientos de 100 y 150 kg/ha de N los rendimientos son similares. Un mayor nivel de fertilización (150 kg/ha de N) incrementa los costos de producción con poco aumento en la producción de forraje, por lo que sería mucho más recomendable la utilización de 100 kg/ha de N.

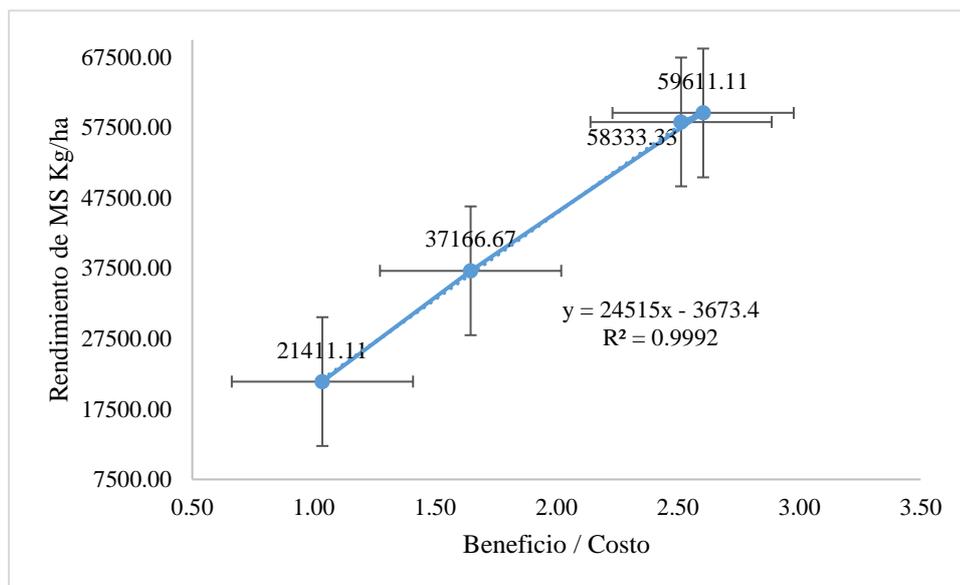


Figura 23. Beneficio/Costo y su relación con el rendimiento de MS kg/ha.

La mayor rentabilidad se obtiene con la aplicación de 100 kg/ha de N con una rentabilidad de 160.40% y para 150 kg/ha de N fue de 151.34%, ambos con una relación costo/beneficio de 2.60 y 2.51 S/ respectivamente; siendo muy superiores a la rentabilidad reportada por (Flores, 2019), de 144.95%. El análisis de costos reportado por Flores (2019), señala que en cultivo de avena forrajera sin fertilizar se obtiene rentabilidades negativas. Estos resultados son discrepantes con los encontrados en la presente investigación, pues la rentabilidad sin la aplicación de nitrógeno es de 3.60 % en el presente trabajo. También Quispe (2021) y Zea (2017), reportan rentabilidades similares con 157.90 % en la variedad Tayko, 173.11 y 161.98 % en las variedades de avena forrajera Africana y Vilcanota respectivamente.



V. CONCLUSIONES

1. Las características productivas evaluadas como altura de planta, diámetro de tallo, longitud de tallo, área foliar y rendimiento de materia verde, en avena forrajera de la variedad Tayko mejoran significativamente con la fertilización nitrogenada, el nivel de fertilización nitrogenada más adecuada para la producción de avena forrajera fue en el tratamiento T2 (100 kg/ha) de N.
2. La calidad nutritiva del heno de avena, MS de 24.20%, humedad 75.90%, proteína 11.45%, ceniza 7.34%, extracto etéreo 4.56%, fibra cruda 28.09%, FDN 51.09%, ENL 0.55% y MO 24.20%, no presento diferencias entre tratamientos.
3. El mayor costo de producción fue encontrado en el tratamiento T3 de 150 kg/ha de N debido a la mayor inclusión de N y la rentabilidad fue mayor en el tratamiento T2 de 100kg/ha de N debido a un mayor rendimiento de materia seca.



VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar la investigación en producción de forraje para heno para la elaboración de ensilado agregando caracteres agronómicos que estén relacionados con la producción y la calidad para una buena alimentación agropecuaria.
2. Según la fertilización utilizada se recomienda no fertilizar en exceso puesto que esta no hace efectos sobre la calidad alimenticia,
3. Se recomienda experimentos en avena forrajera que permitan la obtención del nivel óptimo de la aplicación de nitrógeno, para poder optimizar la rentabilidad y el beneficio/costo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, V. y Aliaga, C. (2001). Costos para la gestión modelos en Excel. Lima, Perú: Ediciones CITEC.
- Altamirano M., Gómez C., Echevarría M., Osorio C., Chipana O. y Ruiz W. (2019) Rendimiento y valor nutricional de avena asociada con vicia en condiciones alto andinas de Junín, Perú, Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible, (8) 53-64.
- Andrade, E. (2002). Preparación y evaluación de proyectos. Tercera edición. Editorial Ciudad satélite, Santa Rosa, Callao, Lima, Perú.
- Arbulú, P. (2000), Manual de Economía Agrícola; Primera Edición. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Agronomía, Lambayeque.
- Argote G. y Ruiz J. (2011). Guía – Taller “Manejo y Conservación de la Avena Forrajera”. Universidad Nacional Agraria La Molina Oficina Académica de Extensión y Proyección Social, AGROBANCO, 35 P.
- Argote, G. y Halanoca, M. (2007). Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno. Sitio argentino de Producción Animal. 5 pp. Recuperado de: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/45-ARGOTE-GramineasForrajeras.pdf
- Argote, G. y Ruiz, J. (2011). Manejo y conservación de avena forrajera. Guía técnica. Curso-taller. Jornada de capacitación UNAL-Agro banco. Ayaviri, Yunguyo, Mañazo, Puno – Perú.



- Back, A. y Mendiola, C. (2004). *Ecología del Perú*. 2da Ed. Editorial Bruño. Lima-Perú. 495 p.
- Ballesteros E., Morales E., Mora O., Cuevas E., Estrada G. y Gutiérrez F. (2015) Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(4) 721-733.
- Benito, V. B. (2013). Producción de dos variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con labranza mínima y convencional en el CIP. Illpa-UNA. Tesis de Ingeniería agronómica. Universidad Nacional del Altiplano, Puno- Perú.
- Beratto, E. (2002). Avena, Calidad del Grano, Comercialización Agroindustria y Exportación. Boletín divulgativo N° 87. Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile. 40 p
- Bernal, C. (2010). La Urea: Características ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada. INIA. Intihuas, Chile.
- Borda O., Barón F. y Gómez M. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agronomía Colombiana* 25(2), 273-279.
- Bravo, M. (2002). *Los costos en síntesis*. Lima, Perú.: Editorial San Marcos.
- Campuzano L., Castro E., Castillo J., Torres D., Cuesta P., Portillo P., Nieto D. y Yepes D. (2018). Avena Forrajera Alto and: nueva variedad de avena forrajera para el trópico alto colombiano, 20 p.
- Cantarella, R. H.; Otto, J.; Aijânio, R. S. y Brito, G. S. (2018). Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor. *J. Adv. Res.* 13(1):19-27.



- Carbajo H. Avena: su evolución, estado actual y perspectivas. Diserción del académico correspondiente Ing. Agr. Héctor L. Carbajo. Recuperado de: <https://1library.co/document/oz1g563z-avena-su-evolucion-estado-actual-y-perspectivas.html>
- Chalupa, W., Galligan, D. T. y Ferguson, J. D. (1996). Animal nutrition in the XXI century. *Animal Feed Sc. and Tech.* 58:1-18.
- Cherney, J. H., y Cherney, D. J. R. (2005). Agronomic response of cool season grasses to low-intensity harvest management and low potassium fertility. *Agron. J.* 97:1216–1221.
- Choque J, (2005). Producción y Manejo de Especies Forrajeras. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad De Ciencias Agrarias Edit. Universitario UNA-Puno-Perú.
- Cogliatti, D., Iglesias, M. y Cataldi, F. (2010). Estimación del área de las hojas en plantas de trigo bajo diferentes tipos de estrés abiótico. *Agriscientia*, pág.43-53.
- Cotacallapa H., (2000). Gestión empresarial básica con aplicación en microempresa. Editorial Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- De La Cruz, J. (2016). Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (*Zea Mays L.*) en La localidad de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- De la Rosa, Martínez A. y Argamenteria A. (2002). Determinación De Materia Seca En Pastos Y Forrajes A Partir De La Temperatura De Secado Para Análisis. *Pastos*, 32 (1), 91- 104.



- DRA (2020). Dirección Regional de Agricultura Puno, estadísticas agrarias, disponible en: <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/estadistica-agricola/>.
- Elizondo, S. J. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana* 17(1):69-77.
- Escobar, P., Etcheverría, P., Vial, M. y Daza, J. (2020). Concepto de materia seca y su uso: guía práctica. Instituto De Investigaciones Agropecuarias - Informativo N° 119.
- Falquenbaum, H. y Mouat, P. (2014). Biología de cultivos anuales. Morfología y estados de desarrollo en cereales, leguminosas, papa y remolacha. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ferri, M., Sáenz, A. y Jouve, V. (2015). Glosario Términos de Uso Frecuente en Producción y Utilización de Pasturas. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam Vol 25(1):* 41-61.
- Flores D. (2019) Producción De Avena Forrajera (Avena Sativa L.) Con Fertilización Fraccionada De Nitrógeno Y Abonos Orgánicos En el CIP Camacani - Unapuno, Tesis (Pregrado), Universidad Nacional Del Altiplano - Facultad De Ciencias Agrarias - Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica 115 p.
- Flores D., Aparicio Y., Castro R., Gómez A., Carrillo J. y Castañeda, E. (2020). Inoculation of forage oats with arbuscular mycorrhizal fungi. *Rev Mex Cienc Agríc* 24, 191-199.



- Flores, E., Moreno, H., Figueroa, U. y Potisek M. (2014). Disponibilidad de Nitrógeno y Desarrollo de Avena Forrajera (*Avena Sativa* L.) Con Aplicación de Biosólidos. *Terra Latinoamericana* 32: 99-105
- Fontanetto, H., Keller, O., García, F. y Ciampitti, I. (2008). Fertilización nitrogenada en avena *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 38: 25-26, disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F5322BC9A2200D108525799500775AB1/\\$FILE/6.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F5322BC9A2200D108525799500775AB1/$FILE/6.pdf)
- Galloway, J.N., Dentener, F.J. y Capone, D.G. (2004). Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future. *Biogeochemistry* 70, 153–226 <https://doi.org/10.1007/s10533-004-0370-0>
- Grant, R. (1991). Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/EVALUATING_FIBROUS_FEED_FOR_DAIRY_CATTLE.html
- Guerrero J. (2012). Guía técnica, análisis de suelos y fertilización en el cultivo de caña de azúcar, 32 p, disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/012-a-cana-de-azucar.pdf>
- Harris, B. (1993). Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources: In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HIGH-FIBER_ALTERNATIVE_FEEDSTUFFS.html
- Heredia, J. (2010). Costos y gestión tributaria. Ministerio de Agricultura. Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural. Agrorural. Lima, Perú



- INIA (2010), revista sobre programa de investigación pastos y forrajes de la E.E.A. Andenes – Cusco. Pág. 10.
- INIA, (2002). Producción de semillas de avena en el altiplano. Instituto Nacional de Innovación Agraria. INIA. Estación Experimental Illpa. Unidad de validación y transferencia de tecnología. Boletín técnico. Puno, Perú.
- INIA, (2007). Avena Forrajera INIA 903 – Tayko Andenes. Instituto de nacional de innovación agraria, Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco. pp 2. Disponible de: https://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/avena/INIA_903.pdf
- ITW. (2018). Determinación de nitrógeno por el método Kjelahl. Pan Reac Applichem ITW Reagents. 12 p.
- Khazada, A.; Ali, M.; Hussain, B.; Rajput, A.; Hussain, F. and Ali, U. (2016). Evaluating right timing splitting nitrogen application rates for enhanced growth and yield of sunflower. Euro Academ. Res. 4(7):5986-6007.
- Leyva-Mir Santo, G., Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H.E. y Huerta Espino, J. (2004). Pérdidas ocasionadas por Puccinia graminis f. sp. Avenae Ericks. y Henn., causante de la roya del tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. Rev. Mex. Fitopatol. 22: 166–171
- López, A. (2016). Respuesta Del Cultivo De Avena Forrajera A La Aplicación De Lixiviados De Lombricomposta tesis (pregrado), Universidad Nacional Autónoma De México - Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán, 63 p.



- Maddonni, A. G.; Vilariño, P. y García, S. I. (2004). Dinámica de los nutrientes en el sistema suelo-planta. *In*: Satorre, H. E.; Benech, A. R. L.; De la Fuente, E. B.; Slafer, G. A; Miralles, D. J.; Otegui, M. E, and Savín, R. (Eds.). Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 406-477 pp.
- Mamani, J. y Cotacallapa F, (2018). Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 385-400.
<https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.415>
- Mancipe E., Vásquez J., Castillo J., Ortiz R., Avellaneda Y. y Vargas J. (2021) Productividad y valor nutricional de forraje de cebada y trigo del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, Volumen 32(1):271-292.
- Maria, C., Sáenz, A. y Jouve, V. (2014). Glosario: Términos De Uso Frecuente En Producción Y Utilización De Pasturas. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNL Pam*, 25(1): 41-61.
- MINAGRI (2019) Ministerio de Agricultura y Riego Boletín, Estadístico Mensual “El Agro En Cifras, disponible en:
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/536471/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-dic19-130220.pdf>
- Miranda F. y Terrones (2002). Conservación de pastos y forrajes en el altiplano. Instituto nacional de investigación agraria, Dirección general de investigación agraria, programa nacional de pastos y forrajes. 26 p.
- Miranda, F. y Ccana, E. (2014). Manejo de praderas Altoandinas y cosecha de agua, Colección Tecnologías Transformando Vidas.



- Montoya K. (2017). Características Agronómicas y valor nutricional de 7 Cultivos forrajeros bajo secano en la Sierra Central. Tesis (Pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad De Zootecnia, 99 p.
- Morales, J., Rubi, M., Lopez, J., Martinez, A. y Morales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (8): 1875 - 1886 p.
- Mujica, S. A., y Ponce, R. (2005). Costos de Producción. Puno, Perú.: Folleto de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA.
- Navarro, J. (2017). Relación costo beneficio, de ABC Finanzas.com. disponible en: <https://www.abcfinanzas.com/administracion-financiera/relacion-costo-beneficio>
- Nestares A. (2014). Técnicas de Conservación de Forrajes Para La Alimentación Animal, Ministerio De Agricultura y Riego - instituto Nacional de Innovación Agraria: Estación Experimental Agraria Santa Ana – Huancayo Programa Nacional de Innovación Agraria en Pastos y Forrajes.
- Noli, C. y Ricapa, F. (2009). Caracterización agronómica en avena forrajera en líneas promisorias para la producción de semilla en la sierra central del Perú. En: XXXII REUNION CIENTIFICA ANUAL DE LA ASOCIACION PERUANA DE PRODUCCION ANIMAL: Libro de resúmenes y programa oficial. Tumbes, Perú. Universidad Nacional de Tumbes.
- Nolí, E., Asto, R. y Canto, A. (2004). Evaluación de Variedades de Avena Forrajera Tolerantes a Sequías y Heladas para Producción de Forraje Verde. Estación Experimental Santa Ana del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). Huancayo-Perú 9pp.



- NRC (National Research Council). (2001). Nutrient's requirements in dairy cattle. 7th ed. rev. The National Academies Press, WA, USA.
- Nuño, P. (2017). Costes fijos. Recuperado el 18 de septiembre de 2019, de Endrende Pyme.net. Disponible en: <https://www.emprendepyme.net/costes-fijos.html>
- Ordoñez, J y Bojorquez, C. (2011). Manejo del establecimiento de pasturas para zonas alto andinas del Perú. Primera edición. Editorial Concytec. Perú.
- Pagliaricci, H., Ohanian, A., Pereyra T. y González, S. (2002). Utilización De Pasturas: Especies Forrajeras Cultivadas De Mayor Difusión En La Región Central Del País. *Sitio argentino de Producción Animal* 28 p. disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/08-utilizacion_de_pasturas.pdf
- Pezo, D., Villeda, R. y Nájera, K. (2012). ¿Cómo preparar henos de buena calidad en forma artesanal? Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- Quintanilla A. (2016). “Efecto de Tres Variedades de Avena Forrajera Asociadas con Vicia Sativa Sobre Parámetros Productivos y Químicos en dos Tipos de Siembra”. Universidad Nacional De Huancavelica, Facultad De Ciencias De Ingeniería, Escuela Profesional De Zootecnia. Tesis (pregrado), Huancavelica – Perú. 61p.
- Quintero, E. (2012). Rendimiento agrícola. Disponible en: https://www.ecured.cu/Rendimiento_agr%C3%ADcola
- Quispe C. (2021). Comparativo Físico, Químico Y Rentabilidad De Dos Formas De Conservación De Forraje De Avena Variedad Tayko En El Ce Illpa, Tesis



(pregrado), Universidad Nacional Del Altiplano De Puno - Facultad De Ciencias Agrarias - Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica. 118 p.

Riquelme, M. (2019). Costos Variables – Definición Y Ejemplos. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de Web y Empresas. Disponible en: <https://www.webyempresas.com/costos-variables/>

Rodríguez C, B. y Porras M, M. (1996). Botánica Sistemática (*compilación*). 56230, México: Universidad Autónoma De Chapingo.

Rodríguez, N. y R. Campill (2006). Fertilización de avena en la región centro sur y sur de Chile. p. 109-126. In Edmundo Beratto M. (ed.) Cultivo de la avena en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.

Rojas, G. (2009). Análisis de la rentabilidad costos de producción de los cultivos andinos. Tesis UNA Puno, Perú.

Ruiz y Tapia. (1987). “Producción y manejo de forrajes en los andes del Perú”.

Sánchez R., Gutiérrez H., Serna A., Gutiérrez R. y Espinoza A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Rev Mex cienc Pecu, 5(2):131-142.

Sánchez, C. (2003). Abonos orgánicos y lombricultura. Ediciones Ripalpm. Colección Granja y negocio. Lima, Perú.

Sánchez, J., (2009). Folleto de Producción de cultivos de granos UNA – Puno, Perú.

SENAMHI (2021). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Estaciones región Puno.



- Silveira E. y Franco R. (2006) Conservación de forrajes: primera parte. Revista electrónica de veterinaria. 7(11).
- Tafernerri, J. V., Dall'agnol, M. y Montardo, D. P. (2012). Agronomic evaluation of white oats strains in two geographical regions of the state of. Rio Grande do Sol. Revista Brasileira de Zootecnia. Journal of Animal Science. 41(1), 41-51
- Trenkel, M. E. (2010). Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers. An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. International Fertilizer Industry Association. Paris, France 133 p.
- Villanueva, N. (2006). Producción de avena (avena sativa) con diferentes dosis de composta y yeso. Tesis (pregrado). Universidad autónoma agraria Antonio narro – unidad laguna, división de carreras agronómicas. Cuahuila – México.
Recuperado de:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42856/NOE%20VILLANUEVA%20ROCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yzarra, W. y López, M. (2011). Manual de Observaciones Fenológicas. SENAMHI. MINAM. Lima, Perú. 98pp. Recuperado de:
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file>
- Zea E. (2017). Evaluación De Sistemas De Corte De Avena Forrajera (Avena Sativa L.) En El C.I.P. Illpa, Puno, Tesis (pregrado), Universidad Nacional Del Altiplano -Facultad De Ciencias Agrarias - Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica, 50 p.

ANEXOS

ANEXO 01. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Labranza de las parcelas destinadas al experimento.



Fotografía 2. Siembra de avena semi-mecanizada.



Fotografía 3. Evaluación de altura de planta.



Fotografía 4. Evaluación de ancho de hoja.



Fotografía 5. Muestreo de forraje de avena por el método de cuadrante.



Fotografía 6. Procedimiento de corte de muestra de avena para envío a laboratorio.



Fotografía 7. Evaluación de altura de planta en etapa final.

Tabla 14. Análisis de la varianza para altura de planta.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	0.00481667	0.00240833	1	5.14	10.92	0.4219
Tratamiento	3	0.2482	0.08273333	34.35	4.76	9.78	0.0004
Error	6	0.01445	0.00240833				
Total, corregido	11	0.26746667					

R²:0.95 CV: 3.26 % \bar{x} : 1.50

Tabla 15. Análisis de la varianza para diámetro de tallo.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	0.00905	0.004525	0.87	5.14	10.92	0.4659
Tratamiento	3	0.08973333	0.02991111	5.75	4.76	9.78	0.0338
Error	6	0.03121667	0.00520278				
Total corregido	11	0.13					

R²: 0.76 CV: 11.10 % \bar{x} : 0.65

Tabla 16. Análisis de la varianza para el rendimiento de materia seca kg/ha.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	50906.1	25453.1	0.09	5.14	10.92	0.9175
Tratamiento	3	200888282	66962760.8	229.68	4.76	9.78	<.0001
Error	6	1749312.5	291552.1				
Total corregido	11	202688501					

R²:0.99 CV: 5.02 % \bar{x} : 10751.27

Tabla 17. Análisis de la varianza para el porcentaje de humedad (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F- Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	3.05821072	1.52910536	2.08	5.14	10.92	0.2057
Tratamiento	3	4.09292205	1.36430735	1.86	4.76	9.78	0.2375
Error	6	4.4061715	0.73436192				
Total corregido	11	11.5573043					

$R^2:0.62$

CV: 1.41 %

\bar{x} : 60.61

Tabla 18. Análisis de la varianza para contenido de proteína (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	6.58959341	3.29479671	7.2	5.14	10.92	0.0254
Tratamiento	3	1.04612468	0.34870823	0.76	4.76	9.78	0.555
Error	6	2.74385584	0.45730931				
Total corregido	11	10.3795739					
$R^2:0.72$		CV: 3.42 %	\bar{x} : 19.76				

Tabla 19. Análisis de la varianza para contenido de ceniza (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F- Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	1.85292521	0.9264626	10.6	5.14	10.92	0.0107
Tratamiento	3	0.51061508	0.17020503	1.95	4.76	9.78	0.2234
Error	6	0.52440514	0.08740086				
Total corregido	11	2.88794542					
$R^2:0.82$		CV: 1.88 %	\bar{x} : 15.71				

Tabla 20. Análisis de la varianza para extracto etéreo.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	3.60041667	1.80020833	11.71	5.14	10.92	0.0085
Tratamiento	3	1.12303333	0.37434444	2.44	4.76	9.78	0.1628
Error	6	0.92231667	0.15371944				
Total corregido	11	5.64576667					
$R^2:0.84$		CV: 8.59 %	\bar{x} : 4.56				

Tabla 21. Análisis de la varianza para fibra cruda.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	92.51375	46.256875	35.24	5.14	10.92	0.0005
Tratamiento	3	18.185625	6.061875	4.62	4.76	9.78	0.0531
Error	6	7.87685	1.3128083				
Total corregido	11	118.576225					
$R^2:0.93$		CV: 4.08 %	\bar{x} : 28.09				

Tabla 22. Análisis de la varianza para FDN (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	8.82057807	4.41028904	4.2	5.14	10.92	0.0725
Tratamiento	3	2.6008777	0.86695923	0.82	4.76	9.78	0.5264
Error	6	6.30673249	1.05112208				
Total, corregido	11	17.7281883					
R ² :0.64		CV: 4.08 %	\bar{x} : 45.63				

Tabla 23. Análisis de la varianza para Energía Neta de Lactación.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F- Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	0.00301667	0.00150833	6.87	5.14	10.92	0.0281
Tratamiento	3	0.00075833	0.00025278	1.15	4.76	9.78	0.402
Error	6	0.00131667	0.00021944				
Total, corregido	11	0.00509167					
R ² :0.74		CV: 2.71 %	\bar{x} : 0.55				

Tabla 24. Análisis de la varianza para materia orgánica (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F- Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	5.60799408	2.80399704	5.36	5.14	10.92	0.0462
Tratamiento	3	2.6198919	0.8732973	1.67	4.76	9.78	0.2711
Error	6	3.13695407	0.52282568				
Total, corregido	11	11.3648401					
R ² :0.72		CV: 1.29 %	\bar{x} : 55.90				

Tabla 25. Análisis de la varianza para rendimiento.

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F- Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	13509068	6754534	4.47	5.14	10.92	0.0647
Tratamiento	3	3018106562	1006035521	666.48	4.76	9.78	<.0001
Error	6	9056846	1509474				
Total, corregido	11	3040672476					
R ² :0.99		CV: 2.78 %	\bar{x} : 44130.56				



Tabla 26. Análisis de la varianza para el % de materia seca (transformación $\sqrt{\% \text{ arco seno}}$).

Fuente Variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F-Valor	Ft		Pr > F
					0.05	0.01	
Bloque	2	2.19839203	1.09919601	1.27	5.14	10.92	0.3475
Tratamiento	3	4.13983457	1.37994486	1.59	4.76	9.78	0.2873
Error	6	5.20526198	0.86754366				
Total corregido	11	11.5434886					
	R ² :0.55	CV: 3.16 %	\bar{x} : 29.46				

ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS FERTILIDAD DE SUELOS



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(%)
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO₃): método gaseo-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃-0.5M, pH 8.5, Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COOCH₃) N; pH 7.0.
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺: cambiables; reemplazante con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica. Na⁺, K⁺; Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
11. A⁺-3-hi: método de Yuan. Extracción con KCl, N.
12. Iones solubles: Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA; Na⁺, K⁺ fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, volumetría y colorimetría, SO₄²⁻ turbidimetría con citrato de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcuminina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Clasificación	Nitrogeno %	Materia Orgánica %	Fósforo Disponible ppm P	Potasio Disponible ppm K	Relaciones Cationicas	
							Clasificación	Ca/Mg
Muy ligeramente salino	<2	Bajo	0-0.1	<2.0	<7.0	<100	Normal	0.2-0.3
Ligeramente salino	2 a 4	Medio	0.1-0.2	2 a 4	7.0 a 14	100-240	Deficiente Mg	>0.5
Moderadamente salino	4 a 8	Alto	>0.2	>4.0	>14	>240	Deficiente K	>0.2
Fuertemente salino	>8						Deficiente Mg	>10

Reacción ó pH	pH	Clases Texturales		Distribución de Cationes
		Clasificación	Texturas	
Fuertemente ácido	<5.5	A	Arena	Ca ²⁺ 60-75
Moderadamente ácido	5.6-6.0	AF	Arena franca	Mg ²⁺ 15-20
Ligeramente ácido	6.1-6.5	FA	Franco arenoso	K ⁺ 3 a 7
Neutro	7.0	Fr	Franco	Na ⁺ 15
Ligeramente alcalino	7.1-7.8	FL	Franco limoso	
Moderadamente alcalino	7.9-8.4	L	Limoso	
Fuertemente alcalino	>8.5			

Equivalencias:
 1 ppm = 1 mg/kilogramo.
 1 mililitro (mmho/cm) = 1 decisiemens/metro.
 1 miliequivalente/100g = 1 cmol(+)kilogramo.
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes.
 CE (1 : 2.5) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm.
 I= Trazas. *F= Floculo (excesiva presencia de sales, se sugiere realizar análisis de Salinidad, por extracto de saturación).

ING. JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio de Suelos
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ALPA - PUNO

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

www.inia.gob.pe



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



ANÁLISIS DE FERTILIDAD

Nombre: Franco Dennis Puma Lima.
Fecha de Recepción: 17 de Diciembre del 2019.
Localidad/Sector: CIP Illpa.

Fecha de Certificación: 26 de Diciembre del 2019.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS MECANICO			N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO ₃ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %				Textura	pH			
31505	Lugar Illpa.	25.44	32.56	42.00	Far	0.10	9.60	684.21	7.41	0.192	2.77	0.00

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

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

Nota: Cualquier corrección y/o emendadura anula al presente documento.
Observaciones: (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing. JORGE CANNIUA ROJAS
Jefe Laboratorio Analistas
SALGADO

Los resultados son aplicables a estas muestras.

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

ANEXO 5. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Tabla 27. Costos en la producción de avena con fertilización 0 N kg/ha.

Rubros por actividad	Unidad de medida	Precio Unitario	Cantidad, ha	costo total, ha
1. INSUMOS				
semilla	Kg	2.50	120.00	300.00
urea	Kg	1.80	0.00	0.00
Cohetes (para granizadas)	Und	15.00	0.00	0.00
Alquiler de terreno	ha	1000.00	1.00	1000.00
2. MANO DE OBRA				0.00
siembra	peones	40.00	6.00	240.00
extracción de malezas	peones	40.00	6.00	240.00
aplicación de urea	peones	40.00	2.00	80.00
recojo de pacas	peones	40.00	6.00	240.00
3. MATERIALES				0.00
movilidad	dias	3.00	10.00	30.00
estacas	und	15.00	0.00	0.00
letreros	und	5.00	0.00	0.00
sacos para semilla		2.5	6	15.00
				0.00
4. Maquinaria				0.00
tractor + arado	Hora/maquina	60	4	240.00
tractor + rastra mullido	Hora/maquina	60	3	180.00
tractor + cegadora (paca)	Hora/maquina	60	2	120.00
tractor + empacado	Hora/maquina	60	2	120.00
tapado	Hora/maquina	60	3	180.00
tractor + remolque	Hora/maquina	60	3	180.00
4. OTROS				0.00
COSTOS DIRECTOS		107.30		3165
costos indirectos (5% CD)		5.365		158.25

Tabla 28. Costos en la producción de avena con fertilización 50 N kg/ha.

Rubros por actividad	Unidad de medida	Precio Unitario	Cantidad ha	costo total, ha
1. INSUMOS				
semilla	Kg	2.50	120.0	300.0
urea	Kg	1.80	50.0	90.0
Coetes (para granizadas)	Und	15.00	0.0	0.0
Alquiler de terreno	ha	1000.00	1.0	1000.0
2. MANO DE OBRA				0.0
siembra	peones	40.00	6.00	240.0
extracción de malezas	peones	40.00	6.00	240.0
aplicación de urea	peones	40.00	2.00	80.0
recogo de pacas	peones	40.00	6.00	240.0
3. MATERIALES				0.0
movilidad	dias	3.00	10.0	30.0
estacas	und	15.00	0.0	0.0
letreros	und	5.00	0.0	0.0
sacos para semilla		2.5	6	15.0
				0.0
4. Maquinaria				0.0
tractor + arado	Hora/maquina	60	4	240.0
tractor + rastra mullido	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + cegadora (paca)	Hora/maquina	60	2	120.0
tractor + empacado	Hora/maquina	60	2.5	150.0
tapado	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + remolque	Hora/maquina	60	3	180.0
4. OTROS				0.0
COSTOS DIRECTOS		107.30	224.5	3285
costos indirectos (5% CD)		5.365	11.225	164.25

Tabla 29. Costos en la producción de avena con fertilización 100 N kg/ha.

Rubros por actividad	Unidad de medida	Precio Unitario	Cantidad ha	costo total, ha
1. INSUMOS				
semilla	Kg	2.50	120.0	300.0
urea	Kg	1.80	100.0	180.0
Cohetes (para granizadas)	Und	15.00	0.0	0.0
Alquiler de terreno	ha	1000.00	1.0	1000.0
2. MANO DE OBRA				0.0
siembra	peones	40.00	6.00	240.0
extracción de malezas	peones	40.00	6.00	240.0
aplicación de urea	peones	40.00	2.00	80.0
recojo de pacas	peones	40.00	8.00	320.0
3. MATERIALES				0.0
movilidad	dias	3.00	10.0	30.0
estacas	und	15.00	0.0	0.0
letreros	und	5.00	0.0	0.0
sacos para semilla		2.5	6	15.0
				0.0
4. Maquinaria				0.0
tractor + arado	Hora/maquina	60	4	240.0
tractor + rastra mullido	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + cegadora (paca)	Hora/maquina	60	2	120.0
tractor + empacado	Hora/maquina	60	3	180.0
tapado	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + remolque	Hora/maquina	60	4	240.0
4. OTROS				0.0
COSTOS DIRECTOS		107.30	278	3545
costos indirectos (5% CD)		5.365	13.9	177.25

Tabla 30. Costos en la producción de avena con fertilización 150 N Kg/ha.

Rubros por actividad	Unidad de medida	Precio Unitario	Cantidad ha	costo total, ha
1. INSUMOS				
semilla	Kg	2.50	120.0	300.0
urea	Kg	1.80	150.0	270.0
Cohetes (para granizadas)	Und	15.00	0.0	0.0
Alquiler de terreno	ha	1000.00	1.0	1000.0
2. MANO DE OBRA				0.0
siembra	peones	40.00	6.00	240.0
extracción de malezas	peones	40.00	6.00	240.0
aplicación de urea	peones	40.00	2.00	80.0
recojo de pacas	peones	40.00	8.00	320.0
3. MATERIALES				0.0
movilidad	dias	3.00	10.0	30.0
estacas	und	15.00	7.0	105.0
letreros	und	5.00	0.0	0.0
sacos para semilla		2.5	6	15.0
				0.0
4. Maquinaria				0.0
tractor + arado	Hora/maquina	60	4	240.0
tractor + rastra mullido	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + cegadora (paca)	Hora/maquina	60	2	120.0
tractor + empacado	Hora/maquina	60	3	180.0
tapado	Hora/maquina	60	3	180.0
tractor + remolque	Hora/maquina	60	4	240.0
4. OTROS				0.0
COSTOS DIRECTOS		107.30	335	3740
costos indirectos (5% CD)		5.365	16.75	187

