



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



**HENIFICACIÓN DE ALFALFA/DACTILO (*Medicago sativa* L. –
Dactylis glomerata L.) POR SECADORES SOLARES EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA INIA-ILLPA-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. NILDA LADY FLORES FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A DÍOS

Por darme la fortaleza para poder ser perseverante y por estar acompañándome en cada paso que doy y así poder alcanzar mis metas trazadas.

A MIS AMADOS PADRES:

GREGORIO FLORES SÁNCHEZ y VICTORIA FLORES RAMOS, por su apoyo, comprensión, amor, paciencia y por sus sacrificios desplegados en mi formación profesional, que me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A MIS QUERIDOS HERMANOS:

Yanet, Rony y Víctor, por el apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional y en todo momento.

Nilda Lady



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes me cobijaron en sus ambientes y a su plana docente, quienes con sus conocimientos y experiencias contribuyeron en mi formación profesional.

Agradezco a mi director de tesis al D.Sc. Ali William Canaza Cayo, por su comprensión, orientación, su tiempo y la asesoría brindada permitiendo un buen aprovechamiento en el trabajo realizado y que estas tesis llegara a buen término. Igualmente, al Ing. Julio Choque Lázaro por compartir sus valiosos consejos, conocimiento y orientación en la ejecución de esta investigación.

Agradezco al Dr. Gregorio F. Argote Quispe y Ing. Edgar Coila Quipe y a los integrantes del área de pastos y forrajes de la Estación Experimental Agraria INIA Illpa – Puno, agradecerles por la oportunidad que me brindaron por permitirme en el desarrollo del proyecto 153-PI del Programa Nacional de Innovación Agraria, para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Gracias por la ayuda y confianza depositada en mí.

A los miembros del jurado, D.Sc. Luis Alfredo Palao Iturregui, D.Sc. Javier Mamani Paredes, M.Sc. Jesús Sánchez Mendoza por sus, correcciones, sugerencias, comprensión en todo momento y colaboración acertada en este trabajo de investigación.

Al Ing. Vilck Modesto Checalla Mamani, por compartir sus conocimientos en la parte de estadística experimental de la tesis.

A mis amigos (as) y primos. Por su apoyo incondicional y mostrándome siempre el camino de la perseverancia.

Por último, gracias a todas las personas que me han animado en este largo camino, soportando y comprendiendo con paciencia, la dedicación que requiere la realización de una tesis.

Nilda Lady



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL USO DE SECADORES SOLARES 17

2.2. SECADORES SOLARES 20

2.3. SECADORES SOLARES PARA LA HENIFICACIÓN DE FORRAJES 21

2.3.1. Factores que rigen el proceso de secado..... 23

2.3.1.1. Contenido de humedad..... 23

2.3.1.2. Temperatura máxima..... 23

2.4. CLASIFICACIÓN DE SECADORES SOLARES 25

2.4.1. Secador solar indirecto 26

2.4.2. Secador solar directo 26

2.4.3. Secador solar mixto 26

2.4.4. Por la circulación del aire 27

2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO 27



2.5.1. Alfalfa.....	28
2.5.2. Dactilo o pasto ovillo.....	30
2.6. CONSERVACIÓN DE FORRAJE EN LAS ZONAS ALTO ANDINAS .	31
2.7. ASOCIACIONES FORRAJERAS	32
2.8. CONSERVACIÓN DE FORRAJE EN FORMA DE HENO.....	33
2.9. CALIDAD DE FORRAJE	33
2.10. HENIFICADO EN HILERAS.....	34
2.11. FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE HENIFICADO	37
2.12. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLEPTICAS DEL HENO..	38
2.13. CALIDAD NUTRICIONAL DE HENO	39
2.14. ESTIMACIÓN ECONÓMICA	41
2.14.1. Costos de producción o total	41
2.14.2. Ingresos.....	42
2.14.3. Rentabilidad.....	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	44
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	44
3.3. DATOS METEOROLÓGICOS	44
3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	49
3.5. MATERIALES Y EQUIPO.....	50
3.6. FACTORES EN ESTUDIO	51
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	52
3.8. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	53
3.8.1. Corte de forraje de alfalfa-dactilo para su henificación	53
3.8.2. Henificación tradicional en hileras	53
3.8.3. Henificación de forraje en secadores solares.....	54



3.9. VARIABLES DE RESPUESTA.....	54
3.10. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	55
3.10.1. Control de temperatura y humedad relativa	55
3.10.2. Evaluación físico organoléptica del heno.....	55
3.10.3. Determinación de contenido humedad y materia seca del heno.....	57
3.10.4. Análisis nutricional de heno de alfalfa asociado con dactilo.....	59
3.10.5. Costos de producción y rentabilidad	59
3.10.5.1. Determinación de costos.....	59
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO ORGANOLÉPTICAS DEL HENO POR TIPO Y TIEMPO DE HENIFICACIÓN.....	61
4.1.1. Temperatura promedio dentro y fuera de los secadores solares.....	61
4.1.2. Características físicas organolépticas del heno de alfalfa-dactilo	63
4.1.2.1. Color.....	64
4.1.2.2. Olor.....	65
4.1.2.3. Presencia y proporción de hojas	67
4.2. VALOR NUTRICIONAL DEL HENO DE ALFALFA-DACTILO POR TIPO Y TIEMPO DE HENIFICACIÓN	69
4.2.1. Contenido de humedad del heno	69
4.2.2. Contenido de materia seca del heno	73
4.2.3. Proteína total.....	75
4.2.4. Fibra detergente neutra	80
4.2.5. Ceniza	85
4.2.6. Energía metabolizable	87
4.3. RENTABILIDAD ECONOMICA, BENEFICIO/COSTO POR TIPOS DE HENIFICACIÓN.....	90



4.3.1. Costos de producción de tres tipos de secado para su henificación	90
V. CONCLUSIONES.....	93
VI. RECOMENDACIONES.....	94
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS.....	100

Área : Ciencias agrícolas

Tema : Manejo de pastizales y cultivos forrajeros

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de febrero de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secador solar túnel	23
Figura 2. Clasificación de los secadores solares	25
Figura 3. Secador solar directo	26
Figura 4. Secador solar mixto.....	27
Figura 5. Fenología de la alfalfa	29
Figura 6. Calidad de forraje en relación con los estados de madurez	34
Figura 7. Empacadora manual semi mecánica	36
Figura 8. Localización del área de estudio	44
Figura 9. Climadiagrama campaña agrícola 2018 – 2019.....	46
Figura 10. Climadiagrama promedio de 20 años.....	48
Figura 11. Evaluación organoléptica para parámetro hojas.....	68
Figura 12. Contenido de humedad del heno en tres tipos de secado	71
Figura 13. Interacción entre tipo y tiempo para proteína total de heno	78
Figura 14. Interacción entre el tipo sobre tiempo para FDN del heno	83
Figura 15 A1. Análisis químico de heno obtenido en secador solar media agua	118
Figura 16 A2. Análisis químico de heno obtenido en secador solar tipo túnel	119
Figura 17 A3. Análisis químico de heno obtenido en secado en hileras	120
Figura 18 A4. Secador solar media agua y secador solar tipo túnel.....	121
Figura 19 A5. Colocación de forraje en modulo secador solar tipo túnel	121
Figura 20 A6. Corte de alfalfa- dactilo.....	121
Figura 21 A7. Colocación de forraje alfalfa-dáctilo en el secador solar	122
Figura 22 A8. Vista panorámica de forraje en secador tipo tunel	122
Figura 23 A9. Registro de T°C y HR% dentro del secadores	122
Figura 24 A10. Recojo y pesado de forraje secado de los secadores solares	123
Figura 25 A11. Henificado tradicional en hileras en campo	123
Figura 26 A12. Forraje secado en el módulo secador solar.....	123
Figura 27 A13. Muestras en estufa eléctrica a 60 °C por 48 horas	124
Figura 28 A14. Pesado de muestra sacado de estufa	124
Figura 29 A15. Evaluación organoléptica con integrantes del INIA.....	124
Figura 30 A16. Empacado con empacadora semi mecanizada.....	125
Figura 31 A17. Pacas obtenidas de henificado en secadores solares	125
Figura 32 A18. Molienda de muestras para análisis nutricional	125



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Capacidad del aire de absorber agua a diferentes T°C y HR %	24
Tabla 2.	Especies de leguminosas y gramíneas	33
Tabla 3.	Efecto de la etapa de corte en el cultivo de alfalfa	35
Tabla 4.	Composición bromatológica de hojas y tallos de alfalfa	40
Tabla 5.	Composición química nutricional de heno	40
Tabla 6.	Análisis químico de pasto natural y heno de alfalfa	41
Tabla 7.	Datos meteorológicos, temperaturas, precipitación pluvial 2018– 2019.....	45
Tabla 8.	Datos meteorológicos, T°C y pp. promedio de 20 años.	47
Tabla 9.	Escala de indicadores para la evaluación organoléptica del heno	57
Tabla 10.	Análisis de varianza para el promedio de temperatura.....	61
Tabla 11.	Prueba de comparación de tukey sobre temperatura	62
Tabla 12.	Evaluación de las características organolépticas de la calidad del heno	64
Tabla 13.	Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para color	65
Tabla 14.	Prueba de tukey para factor tipo de henificación sobre color de heno	65
Tabla 15.	Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para olor.....	66
Tabla 16.	Prueba de tukey para factor tipo de henificación sobre el olor de heno	66
Tabla 17.	Análisis de varianza para evaluación organoléptica presencia de hojas.....	67
Tabla 18.	Prueba de tukey para presencia de hojas de heno	68
Tabla 19.	Análisis de varianza para porcentaje de humedad de heno	69
Tabla 20.	Prueba de tukey para tipo de henificación contenido de humedad.....	70
Tabla 21.	Prueba de tukey para contenido de humedad del heno	72
Tabla 22.	Análisis de varianza de materia seca de heno.....	73
Tabla 23.	Prueba de tukey para tipo de henificación sobre materia seca del heno	74
Tabla 24.	Prueba de tukey para factor tiempo sobre materia seca del heno	75
Tabla 25.	Análisis de varianza para de proteína total de heno.....	76
Tabla 26.	Análisis de varianza de efectos simples de proteína total de heno	77
Tabla 27.	Prueba de medias de DLS de los efectos simples para proteína total	78
Tabla 28.	Análisis de varianza para porcentaje de FDN del heno	81
Tabla 29.	Análisis de varianza de efectos simples, para FDN del heno	81
Tabla 30.	Prueba de medias de DLS de los efectos simples para FDN.....	82
Tabla 31.	Análisis de varianza para contenido de ceniza de heno de alfalfa-dactilo....	86
Tabla 32.	Prueba de tukey para contenido ceniza en el heno	86



Tabla 33. Análisis de varianza para energía metabolizable Mcal/kg MS	88
Tabla 34. Prueba de tukey para energía metabolizable Mcal/kg MS.	88
Tabla 35. Análisis económico de producción de heno de alfalfa/dactilo	91
Tabla 36. Temperatura de los tipos y tiempo de henificación	100
Tabla 37. Contenido de humedad de heno alfalfa- dactilo	101
Tabla 38. Resumen del contenido de proteína total de heno de alfalfa – dactilo	102
Tabla 39. Resumen del contenido de fibra detergente neutro	103
Tabla 40. Resumen de energía metabolizable de heno de alfalfa -dáctilo	104
Tabla 41. Resumen del contenido de ceniza de heno de alfalfa- dáctilo	105
Tabla 42. Correlaciones de Pearson entre las características.....	106
Tabla 43. Análisis de varianza para promedio de humedad relativa	107
Tabla 44. Análisis de varianza para consistencia de tallos	107
Tabla 45. Ficha de evaluación organoléptica para heno de alfalfa dáctilo	108
Tabla 46. Parámetros de evaluación organoléptica para color	109
Tabla 47. Parámetros de evaluación organoléptica para olor	109
Tabla 48. Parámetros de evaluación organoléptica para hojas	110
Tabla 49. Parámetro de evaluación organoléptica para tallos.....	110
Tabla 50. Costo de producción de henificado en secador solar media agua.....	111
Tabla 51. Análisis económico para henificado secador media agua	112
Tabla 52. Costo de producción de henificado en secador solar tipo túnel.....	113
Tabla 53. Análisis económico para henificado en secador solar tipo túnel	114
Tabla 54. Costo de producción de henificado tradicional en campo hileras	115
Tabla 55. Análisis económico para henificado tradicional en hileras	116
Tabla 56. Análisis económico de producción de heno de alfalfa/dactilo	116



LISTA DE ACRÓNIMOS

INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria
°C	: Grados Centígrados
kg	: Kilogramo.
C.V.	: Coeficiente de variación
C.M.	: Cuadrados medios
F.V.	: Fuente de variabilidad
Fc	: F calculada
Ft	: F tabular
S.C.	: Suma de cuadrados
DLC	: Diferencia limite significativa
H	: Humedad.
T	: Temperatura
PMH	: Peso de la muestra húmeda.
PMS	: Peso de la muestra desecada.
PT	: Proteína total
FDN	: Fibra detergente Neutro
EM	: Energía metabolizable
%	: Porcentaje
*	: Es significativo
**	: Es altamente significativo
NS	: No significativo
H	: Tipo de henificación
T	: Tiempo de henificación
H1	: Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)
H2	: Henificado en secador tipo media agua
H3	: Henificación en secador solar tipo túnel



RESUMEN

El trabajo de investigación, se realizó en la Estación Experimental Agraria Illpa – Puno, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, con el objetivo principal de evaluar el efecto de tres tipos y tres tiempos de henificación de heno de alfalfa - dactilo sobre la calidad física, valor nutricional y los costos de henificación durante la época lluviosa, en el marco de alto porcentaje de pequeños agricultores y ganaderos en la región de Puno, se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3, siendo el primer factor, tipos de henificación “henificado en secador solar tipo media agua (H2), secador solar tipo túnel (H3) y henificado tradicional en hileras (H1)” y el segundo factor tiempo de henificación “2, 3 y 4 días de secado”, haciendo un total de 9 tratamientos y tres repeticiones. Los resultados en este trabajo demuestran los siguientes, se registró una temperatura promedio más alta dentro del secador tipo túnel con 26°C y una temperatura promedio registrada fuera de los secadores con 16.68°C., en la calidad organoléptica se obtuvo de calidad buena a excelente por presentar henos de color verde intenso, olor agradable y hojas enteras obtenidas en los secadores solares H2 y H3, con tiempo de henificación de 2,3 y 4 días, y en henificado tradicional H1, de calidad de bueno a regular, con henos de color verde pálido, olor poco agradable y pocas hojas. En la composición nutricional, el heno con menor contenido de humedad fue obtenida en el secador tipo túnel con 21.14±1.57 %, y con mayor humedad fue en el henificado tradicional en campo con 47.77±3.40 %. El contenido de proteína total más alto fue en el tipo de henificación en secador solar tipo túnel con 3 días de secado con 22.63±0.18 %, y el valor más bajo fue en henificado en hileras con 14.11±0.26 %. Para FDN el valor más alto fue en henificado tradicional con 4 días de secado con 39.03±0.43 % y el valor más bajo fue en el henificado en secador solar (H2) con 4 días de secado con 26.93±0.00 %. El contenido de energía metabolizable más alto fue en el henificado en hileras con 2.50±0.02 Mcal/kg MS, y con menor contenido fue en “henificado en secador media agua” con 2.42 ±0.002 Mcal/kg. La mejor rentabilidad obtenida en el tipo de henificado en secador tipo túnel con 80.10 %, seguido por el secador media agua con 67.50 %, con una relación de beneficio/costo de S/. 1.80 y S/. 1.68., de igual manera se registró para el henificado tradicional con 31.70 % con un beneficio/costo de S/. 1.32.

Palabras Clave: Alfalfa, dactilo, henificación, secadores solares.



ABSTRACT

The research work was carried out at the Estación Experimental Agraria Illpa – Puno, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, with the main objective of evaluating the effect of three types and three times of haymaking of alfalfa-dactyl hay on physical quality, nutritional value and haymaking costs during the rainy season, in the context of a high percentage of small farmers and ranchers in the Puno region, a completely randomized design with a 3x3 factorial arrangement was used, the first factor being types of haymaking. "Tendering in a medium-water type solar dryer (H2), tunnel-type solar dryer (H3) and traditional row tedding (H1)" and the second factor time of tedding "2, 3 and 4 days of drying", making a total of 9 treatments and three repetitions. The results in this work show the following, a higher average temperature was recorded inside the tunnel dryer with 26°C and an average temperature recorded outside the dryers with 16.68°C. In the organoleptic quality, good quality was obtained. excellent for presenting hay with an intense green color, a pleasant smell and whole leaves obtained in solar dryers H2 and H3, with haymaking times of 2, 3 and 4 days, and in traditional haymaking H1, of good to fair quality, with hays pale green, unpleasant smell and few leaves. In the nutritional composition, the hay with the lowest moisture content was obtained in the tunnel-type dryer with 21.14±1.57 %, and with the highest moisture it was in the traditional field haymaking with 47.77±3.40 %. The highest total protein content was in the type of haymaking in a tunnel solar dryer with 3 days of drying with 22.63±0.18 %, and the lowest value was in haymaking in rows with 14.11±0.26 %. For NDF, the highest value was in traditional haymaking with 4 days of drying with 39.03±0.43 and the lowest value was in haymaking in solar dryer (H2) with 4 days of drying with 26.93±0.00%. The highest metabolizable energy content was in the row haymaking with 2.50 ± 0.02 Mcal/kg DM, and with the lowest content was in "medium water dryer hay" with 2.42 ± 0.002 Mcal/kg. The best profitability obtained in the type of haying in the tunnel type dryer with 80.10%, followed by the medium water dryer with 67.50 %, with a benefit/cost ratio of S/. 1.80 and S/. 1.68., in the same way, it was registered for traditional haymaking with 31.70 % with a benefit/cost of S/. 1.32.

Keywords: Alfalfa, dactyl, haymaking, solar dryers.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el altiplano de Puno, la baja producción ganadera se atribuye a la insuficiente disponibilidad de pastos cultivados, una de las alternativas para mejorar la alimentación y productividad del ganado de las familias campesinas es mejorar el piso forrajero y manejo que influyen en el crecimiento y calidad de pastos cultivados; actualmente la alimentación básica en los sistemas de producción ganadera está constituida básicamente por sistemas de pastoreo, ya que representan una práctica económica con baja utilización de mano de obra. Sin embargo, la dependencia del pastoreo tiene como desventajas los efectos de las variaciones climáticas, de tal manera que, durante la época seca se presentan considerables reducciones en la disponibilidad y calidad nutricional del forraje. Por otra parte, durante la época de lluvia se presentan excedentes de forraje que no son conservados ni conservados adecuadamente tal por ello se ofrecen en avanzado estado de madurez, lo que afecta su calidad nutricional (Sanchez, 2004).

En tal sentido se recurre a buscar alternativas forrajeras para ofrecer al ganado debido a que la escasez de forraje durante el invierno y las sequías en las zonas altas de la región, presentan un problema para los agricultores y ganaderos. Una de las alternativas es la conservación de forrajes, en particular el uso de sistemas de secadores solares, se presenta como una de las tecnologías utilizadas con más frecuencia en la agroindustria y consiste en la eliminación de gran parte del agua del producto procesado. La evaporación del agua en estos sistemas se hace a través de una corriente de aire caliente, la cual transmite el calor latente de evaporación al producto.

La tecnología de los secadores solares constituye una alternativa para la conservación de forraje excedente de la época de precipitaciones pluviales para ser



aprovechados durante la época de estiaje o invierno en la región de Puno. Entre los sistemas de secado, se tiene el módulo de secador solar tipo media y módulo de secado solar tipo túnel, que han sido construidos para el secado de forraje para su henificación y conservación de forraje de alfalfa asociado con dátilo durante las altas precipitaciones pluviales que se presentan en nuestra región de Puno (enero-abril), en la actualidad, gracias a la tecnología del plástico se han desarrollado algunos dispositivos solares para el secado de bajo costo, las aplicaciones de este sistema de secado de forrajes para la disponibilidad alimenticia del ganado son muy limitados.

La presente investigación se realizó con la finalidad de aprovechar el forraje excedente de épocas de precipitación pluvial, ya que es muy desfavorable, no permite un adecuado proceso de henificación de forraje y la consecuente conservación de deficiente reservado para la época de estiaje. Con un henificado en menor tiempo posible, conservando su alto valor nutritivo con el uso de los secadores solares. Se utilizó forraje de alfalfa asociado con dátilo para su henificación y así mejorar la alimentación del ganado en épocas de sequía y escasez de alimento. Por lo expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de tres tipos y tres tiempos de henificación de heno de alfalfa-dactilo sobre la calidad física, valor nutricional y los costos de henificación durante la época lluviosa en la Estación Experimental Agraria INIA - Illpa.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la temperatura, humedad relativa y las características físico organolépticas del heno de alfalfa - dactilo bajo tres tipos y tres tiempos de henificación.



- Determinar el contenido de humedad, materia seca, proteína total, fibra detergente neutra, ceniza y energía metabolizable de heno de alfalfa - dactilo bajo tres tipos y tres tiempos de henificación.
- Estimar la rentabilidad económica, relación beneficio/costo de tres tipos y tres tiempos de henificación de alfalfa - dactilo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL USO DE SECADORES SOLARES

Chang (2011), señala en su investigación de deshidratación de forraje de alfalfa en secador solar tipo invernadero, alcanza en su interior niveles de temperatura y humedad relativa mayores que los conseguidos fuera de él, favoreciendo el proceso de deshidratación de la alfalfa. En cuanto a la temperatura ambiente, se registró diferencia de hasta 3°C entre la temperatura registrada dentro y fuera del secador solar tipo invernadero, debido a que el secador solar tipo invernadero maximiza el calor captado de los rayos solares sobre las muestras, proporcionando condiciones que favorecen el proceso de deshidratación de las mismas, leve incremento en el porcentaje de proteína de 25.7 % en promedio de las muestras el cual se debe a la concentración del producto lo cual es un indicativo el uso de secadores solares tipo invernadero no afecta la calidad de la alfalfa durante el proceso de deshidratación, así, los secadores solares son una alternativa de bajo costo, para la producción de un heno que supera la calidad de lo producido.

Quintanar y Roa (2017), indican que utilizaron un secador solar tipo invernadero cuyas medidas son 2.4 m de ancho y 5.6 m de largo. Para el secado del grano de café que fue puesto en charolas y malla sombreadora de 80 %, con dimensiones de 0.3×0.85 m, las cuales sirvieron como camas de secado. Los resultados obtenidos con respecto al proceso tradicional de secado del grano de café es 9-12 días aproximadamente mientras que utilizando un secador solar fue de 44 horas de sol acumuladas (5 días promedio). La temperatura máxima promedio que se alcanzó al interior del secador fue 46 °C, con una humedad relativa de 60 % en promedio. Estos resultados muestran que mediante el uso del secador solar se reduce hasta en 40- 60 % el tiempo de secado respecto al secado



tradicional. Para determinar el costo de secado, que está en función del tiempo y de los insumos, los gastos para realizar el proceso de secado de una carga de café lavado hacen a un total de \$3 200.00, (costo total del secado más el costo del café sin secar) y un costo de instalación de un secador solar de \$25 000.00, los valores presentes de los flujos son positivos. El periodo de recuperación de la inversión en el secador solar.

Jahn *et al.* (2003), indican que evaluaron el efecto de diferentes niveles de radiación solar, con malla sombreadora de 50 y 80 % y un control con radiación completa (sin malla), con tres anchos de hilerado (1,8; 1,2 y 0,9 m) sobre la velocidad de secado de alfalfa. Los resultados indican que la radiación solar y el ancho de hilerado afectaron significativamente ($P \leq 0,05$) el porcentaje de MS de la alfalfa. A mayor ancho de hilerado la velocidad de secado fue mayor y ésta disminuyó a medida que se incrementó el nivel de sombreamiento.

Montoya y Orozco (2005), evaluaron dos métodos de secado: secado solar tipo invernadero y secado en cámara convencional para guada rolliza. Los resultados indican que para el caso del secador se ha logrado secar hasta el 8% el tiempo de secado fue de 16 días. Para el caso del secado en cámara convencional de guada rolliza con tabiques, el 2do lote fue bueno, se obtuvieron los resultados fueron: rajaduras fuertes el 7 %, rajaduras leves en las puntas fue del 25 %, de un lote de 132 Guadas. El tiempo de duración del secado convencional; acorde con el programa de secado, fue de 12 días y 8 horas, tiempo que sería mejor si las guadas rollizas no tuvieran tabiques.

Chaverri y Moya (2008), indican que construyeron y probaron secador solar de tipo directo con ventanas en la parte alta que se pueden abrir y cerrar para eliminar el aire caliente cargado por la humedad de las plantas. La superficie externa del secador estuvo compuesta por plástico (polietileno) transparentes, estructura interna de madera y un



pasillo central sobre el cual se puso una tarima de madera, mencionan que, durante la primera noche del proceso de secado, la humedad relativa interna aumento, ya que las ventanas del secador permanecen cerradas y la temperatura interna del secador permite que el proceso de extracción de humedad de las plantas continúe y en las etapas siguientes en las que el proceso de secado es más lento y requiere mantener la humedad baja y la temperatura alta, el secador presenta una respuesta adecuada a las fluctuaciones de la radiación solar, típicas de los días nublados, que, aunque podrían retrasar el proceso de secado, no lo detienen. El estudio demuestra que las características termodinámicas del diseño del secador le permiten mantener un régimen para realizar el proceso de secado. Por un lado, es posible elevar la temperatura interna en el secador y mantenerla por sobre el valor de la ambiental.

Sancho *et al.* (2007), evaluaron la henificación, en un secador solar, de *Arachis sp.* cosechado a 180 días; la temperatura promedio dentro del secador fue $13,4 \pm 7,7^{\circ}\text{C}$ mayor que la externa y la humedad relativa $17,4 \pm 12,75\%$ menor que la externa, donde los resultados señalan que el contenido de proteína ($15,67 \pm 0,68\%$ MS), no fue alterado por los tratamientos ni por sus interacciones de rebrote. la capacidad que presenta esta variedad de maní forrajero para mantener la calidad nutricional durante el proceso de henificación, es muy similar a la de variedades ya identificadas y evaluadas tanto en Costa Rica como en otros países. Uno de los factores que afectó, en gran parte, la calidad del material henificado, fue la manipulación del material durante los volteos debido a que propicia la caída de las hojas cuando estas se han secado. Por otro lado, los volteos favorecen la uniformidad de la deshidratación, principalmente en camas de mayor espesor, lo que permite obtener un material de mejor calidad.

Passamai *et al.* (2004), en la construcción de un secador tipo invernadero, construido con placas de policarbonato alveolar transparente y estructura de madera de



pino dado que el costo del tomate fresco es bajo, del orden de 2 a 3 \$/cajón, con un peso aproximado por cajón de entre 15 y 20 kg, se estima un precio inicial de 20x2.5 o sea 50 \$, El precio de venta al público del tomate seco es de 50 \$/kg con una producción media de 24 kg, una de ellas, el momento más oportuno para el inicio del proceso, es de fundamental importancia, pues no debe comenzarse el mismo sin garantizar la disminución del peso durante el primer día en el orden del 60-70 %, pues sólo así se estará en condiciones de impedir la producción de hongos en la superficie del producto, debido a la baja actividad acuosa que se logra.

Belizario (2016), menciona en el análisis químico de forraje de alfalfa que determino, contenido de proteína total (18.44 %), (18.32 %), mientras que y fibra detergente neutro (FDN), de (45.87 %), (45.64%), (44.16 %)

2.2. SECADORES SOLARES

Gutierrez (2002), menciona que los secadores solares son dispositivos que permiten deshidratar productos, son múltiples los requerimientos del secado de productos agropecuarios, no gastan energía, esto es muy bueno para el medio ambiente, además, no produce olores al deshidratar el producto, es muy práctico y el periodo de secado es más breve, debido al elevado consumo energético requerido en la evaporación del agua dentro del producto, se plantea que el secado térmico solar como una alternativa renovable, no contaminante y económica (Bayona, 2011).

La energía solar ha sido aprovechada desde tiempos remotos de una manera totalmente empírica, utilizándola tanto de forma indirecta: viento, ríos, leña, como directa con la exposición de elementos a la radiación solar para secar, desde frutas, verduras, semillas, carne, sal, ropa, así como el calentador de agua. Los rayos luminosos del sol son transformados en calor a través del efecto invernadero en un llamado colector solar, que



tiene los siguientes elementos: Una cobertura transparente (vidrio o plástico), que deja pasar la radiación luminosa y que evita el escape del aire caliente para un mayor rendimiento, algunos modelos de secaderos solares de gran capacidad disponen de un sistema de calefacción combinado. Esto hace referencia a que se usa combustible o energía eléctrica como fuente de energía auxiliar para los periodos con deficiencia de radiación solar, para los días nublados y para seguir trabajando en horas de la noche (Bayona, 2011).

Novoa y Horn (2010), mencionan con el secado de diversos productos agrícolas y alimenticios como método de conservación tiene gran demanda, sin embargo, el secado tradicional presenta una serie de inconvenientes, y el uso de secadores solares tecnificados puede reducirlos. En particular el aminorar mermas y aumentar la calidad del producto, los autores hacen hincapié en el tema, mencionando que el uso de secadores solares, es todavía muy limitado.

Los secadores solares en la región de Puno más esta direccionado al secado de café, en las zonas de cafetaleras, que se encuentran en las provincias de Sandía y Carabaya, y en algunas ocasiones se emplea para secado de cacao.

2.3. SECADORES SOLARES PARA LA HENIFICACIÓN DE FORRAJES

Es necesario considerar las tecnologías actuales para la conservación de forrajes, de tal modo que permitan mejorar la calidad del producto que se va a conservar, para asegurar alimentos con altos contenidos nutricionales, especialmente por los problemas que se presentan en la henificación, las inclemencias climáticas presentes en la región altiplánica. Debido al elevado consumo energético requerido en la evaporación del agua líquida del forraje, se plantea el secado térmico solar como una alternativa renovable, no contaminante y económica (Roa, 2011).



Los secadores solares que permiten deshidratar, los casos más evidentes son la deshidratación de forrajes, se aprovecha la energía solar para calentar el aire, provocando por convección, una corriente de aire cálido, caliente y seco, que pasa entre los productos a secar colocados en su camino, ubicados en el interior de los secadores solares. De esta forma la humedad contenida en los forrajes, alimentos se evaporan a la superficie de los mismos, arrastrando la humedad al exterior por los extractores eólicos (Maocho, 2009).

El secado consiste en retirar por la evaporación, el agua del forraje y traspasarla al aire circundante, la rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con que este circula alrededor del producto, su grado de sequedad) y de las características del producto (su composición, contenido de humedad, el tamaño de las partículas). El aire puede absorber vapor de agua, la cantidad de vapor de agua presente en el aire se llama humedad. Un aire absolutamente seco, sin vapor de agua en su interior, contiene una humedad relativa de 0 %, mientras que uno saturado de agua tiene una humedad relativa de 100 %, la cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende en gran medida, de su temperatura (Roa, 2011).

El secado de diversos productos agrícolas y alimenticios con el uso de secadores solares tecnificados aumenta la calidad del producto. Los autores hacen hincapié en el tema, mencionando que el uso de secadores solares, es todavía muy limitado (Novoa y Horn, 2010).

- **secador solar de tipo túnel**

Es un secador solar directo de una estructura metálica o madera construida con otros materiales disponibles una cubierta plástica transparente, un piso de malla plástica y compuertas enrollables de plástico transparente, dispone de una superficie de $20m^2$

, adecuada el secado de forraje u otros alimentos, logra alcanzar temperaturas máximas de hasta 50°C (Besora, 2017).



Figura 1. Secador solar túnel (Besora, 2017)

2.3.1. Factores que rigen el proceso de secado.

2.3.1.1. Contenido de humedad.

Vázquez *et al.* (1997), afirman que el porcentaje de contenido de humedad (agua) sobre el producto que se está secando, se diferencia entre el contenido de humedad inicial al comenzar el secado y el contenido de humedad final de conservación. Ambos parámetros dependen de la estructura interna del material, el contenido de humedad final del producto, no es cero sino el valor máximo que permite su conservación. Secar más allá significa pérdida económica.

2.3.1.2. Temperatura máxima.

El valor más alto de temperatura que puede soportar un producto, sin pérdidas significativas en sus principios activos o componentes nutricionales característicos, recibe el nombre de temperatura máxima, cada producto soporta una temperatura máxima que depende del uso, del tipo de producto, de la humedad y del grado de madurez, también depende del tiempo durante el cual el producto está sometido a esa temperatura (Vázquez *et al.*, 1997).

Gutierrez (2002), manifiesta que a mayor temperatura más capacidad de aire y cuanto mayor sea el flujo de aire, más rápidamente se eliminará el agua del producto que se está secando. Así mismo, se muestra la cantidad de agua que, en teoría, puede absorber el aire, en condiciones normales, el aire puede retirar un 30 a 50% de esta cantidad teórica, esta capacidad se conoce como “factor de arrastre” y se convierte en una guía para quienes diseñan equipos de secado, las características del producto, el tamaño de las partículas también influye en el nivel de secado.

Tabla 1. Capacidad del aire de absorber agua a diferentes T °C y HR %

Temperatura °C	HR %	Gramos de agua que pueden ser retirados por kg de aire seco
29	90	0.6
30	50	7.0
40	28	14.5
50	15	24.0

Fuente: (Gutierrez,2002)

HR: Humedad relativa.

Uno de los parámetros importantes que caracterizan el comportamiento del secador es la relación entre la humedad relativa interna y externa, la humedad relativa interna tiene un comportamiento que depende de la etapa en la que se encuentra el proceso de secado, en las primeras etapas del proceso de secado la humedad relativa interna se incrementa, debido a que el producto libera la mayor cantidad de vapor de agua (Chaverri y Moya, 2008).

Existe diferencia entre el porcentaje de humedad relativa del aire registrada en cada uno de los ambientes, durante la salida y puesta del sol, los porcentajes de humedad fueron mayores, esto debido a que a medida que la temperatura del aire es mayor su humedad relativa decae y por tanto puede absorber más humedad, dando como resultado que al calentarse el aire alrededor del producto, se incremente la velocidad de deshidratación del mismo (Gutierrez, 2002).

2.4. CLASIFICACIÓN DE SECADORES SOLARES

Gutierrez (2002), señala que se aprovecha la energía solar para calentar aire, provocando por convección, una corriente de aire cálido caliente y seco, que pasa entre los productos a secar colocados en su camino. Actualmente, la tecnología del plástico permite construir secadores solares de gran tonelaje y de muy bajo costo, existiendo en la práctica varios modelos diferentes, de acuerdo al producto y el clima de la zona. Existen gran variedad de secadores que emplean energía solar, los secadores solares se pueden clasificar en directos, indirectos o mixtos.

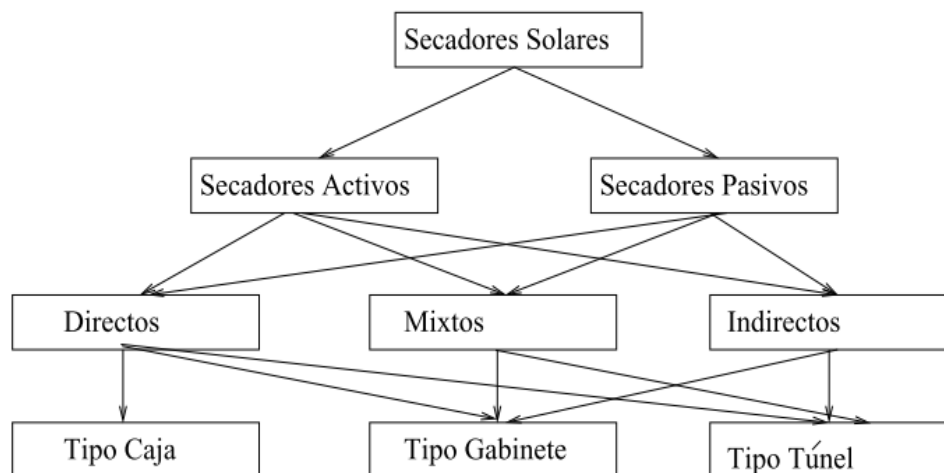


Figura 2. Clasificación de los secadores solares (Bayona, 2011).

Roa (2011), indican que los solares también pueden ser pasivos o activos, los secadores activos impulsan el aire de secado a través del colector y del secador mediante un ventilador que permite realizar el proceso de secado por medio de la convección forzada del aire sobre el producto, la circulación del aire en el interior de la cámara de secado es muy importante ya que si el flujo de aire no es el adecuado puede afectar considerablemente en la calidad de secado, la temperatura y la corriente de aire disminuye conforme avanza la deshidratación.

2.4.1. Secador solar indirecto

Los secadores indirectos protegen la sección de secado de la radiación solar directa, pero poseen un colector solar que aumenta la temperatura del aire de secado, el aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado (Bayona, 2011).

2.4.2. Secador solar directo

En los secadores directos el producto se encuentra en exposición directa a la radiación solar, lo cual puede ser problemático al no poder controlar las condiciones de radiación e incurrir en una sobreexposición o insuficiencia en el secado (Bayona, 2011). Los dos elementos pueden juntarse, en cuyo caso la cámara que contiene el producto también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar (Sánchez y Morales, 2015).

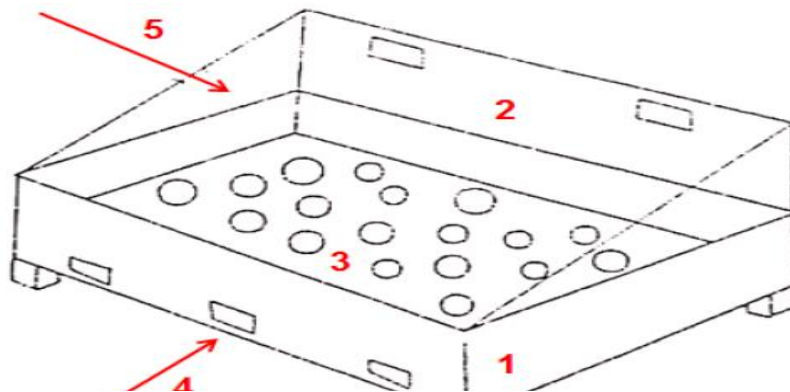


Figura 3. Secador solar directo

Nota: 1. Gabinete, 2. Cubierta transparente, 3. Producto, 4. Circulación de aire, 5. Radiación solar. Fuente: (Sánchez y Morales, 2015).

2.4.3. Secador solar mixto

Los secadores solares mixtos es cuando el producto se encuentra expuesto a la radiación y también conectado a un colector solar, puede darse el caso en que la colección

de radiación se realice tanto en un colector solar previo a la cámara como en la misma cámara.

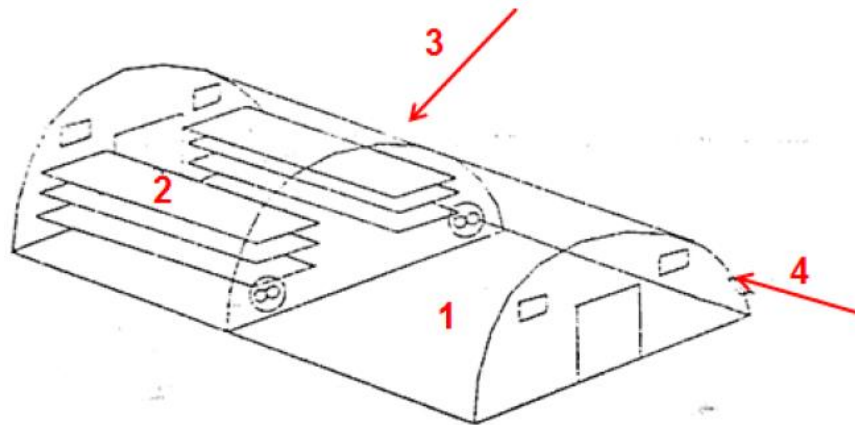


Figura 4. Secador solar mixto

Nota: 1. Colector, 2. Cámara de secado, 3. Radiación solar, 4. Circulación de aire. Fuente: (Sanchez y Morales, 2015).

2.4.4. Por la circulación del aire

El aire circula dentro del secador con el fin de eliminar la humedad evaporada del forraje, esta circulación se logra por diversos métodos:

- **Circulación forzada:** El aire es movido por un ventilador que consume energía mecánica o eléctrica
- **Circulación por convección natural:** El aire es movido por las diferencias de temperatura entre las distintas partes del equipo sin energía externa.

2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

Se describen sus características morfológicas de las especies alfalfa y dactilo.



2.5.1. Alfalfa

a) Posición taxonómica

Según Solano (2006), la ubicación taxonómica de la alfalfa es como sigue:

Reino	:	Vegetal
Sub Reino	:	Phanerogamae
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Sub clase	:	Archyclamydeae
Orden	:	Rosales
Familia	:	Fabaceae
Sub Familia	:	Papilionoideae
Tribu	:	Trifoleae
Género	:	Medicago
Especie	:	<i>Medicago sativa</i> L.

b) Fenología del cultivo de alfalfa

Yzarra (2012), da a conocer las siguientes fases fenológicas del cultivo de alfalfa, la cual consta de cuatro fases principales, las cuales son:

- **Emergencia:** Fecha en que aparecen los cotiledones por encima de la superficie del suelo. Esta fase se observa solo durante el primer año de la plantación.
- **Botón floral:** Aparecen los primeros botones florales.
- **Floración:** Aparece la primera flor, cuando las condiciones ambientales lo permiten, las flores se abren y se hacen visibles, es la expresión del estado reproductivo de la planta.

- **Maduración:** En la alfalfa para uso forrajero se registra la fecha de corte; si el propósito es la producción de semilla, la madurez fisiológica se manifiesta por el oscurecimiento de las vainas, las características se describen a continuación, las cuales son:

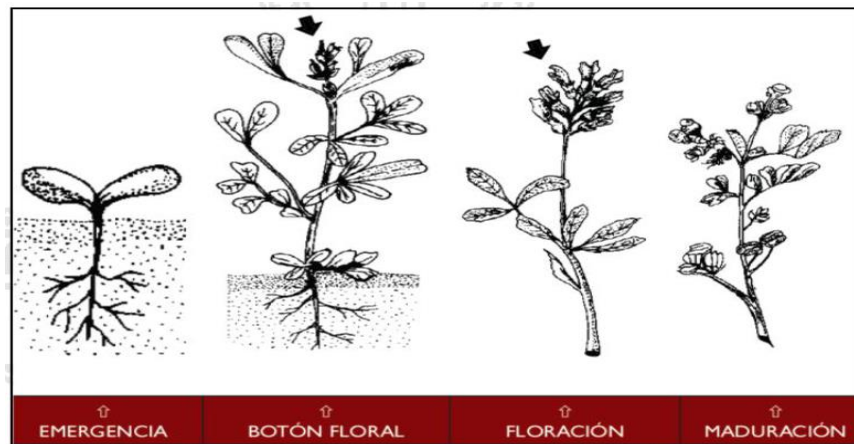


Figura 5. Fenología de la alfalfa (Yzarra, 2012).

c) Semilla y variedades de alfalfa

Argote (2004), indica que las variedades de alfalfa recomendadas para condiciones de Puno son:

- **Joya:** Variedad adaptada a las condiciones del altiplano de Puno con hojas de 3 foliolos, crece bien desde octubre a abril y es mejor aprovechada en el pastoreo
- **WL 320, WL 325, WL 350:** Estas variedades presentan buen rebrote con alta producción de forraje, son las sucesoras de la variedad “ranger” la variedad W 350, se adapta al pastoreo y puede permanecer en el terreno desde 8 hasta 15 años, por lo que es más económica en comparación con otros forrajes.
- **Rebound:** Es una variedad tolerante al frío, a las heladas y tiene buena recuperación después del pastoreo o corte.

Caritas del Perú (2011), indica que una característica importante al elegir la variedad de alfalfa es el grado de dormancia, para las condiciones del altiplano se



recomienda el uso de las variedades sintéticas y dormantes (W 350 y W 450), por las características climáticas (heladas, granizadas, época de estiaje).

2.5.2. Dactilo o pasto ovillo

Miranda y Cahuana (2003), definen como una planta forrajera perenne, de crecimiento alto y matajoso, moderadamente tolerantes a las heladas y resistentes a la sequía, se adapta bien hasta los 4200 msnm, siendo ideal para su siembra asociada con leguminosas en suelos de poca fertilidad. Son poco palatables cuando no están asociados con leguminosas (Principe, 2008).

Choque (2005), menciona que alcanzan de 60 a 120 cm de alto según variedad, con sistema radical fibroso y bien desarrollado, hojas color verde azulado, forma matas densas muy macolladoras, su inflorescencia es una panoja laxa.

a) Posición taxonómica

Según Solano (2006), ubicación taxonómica de dactilo es como sigue

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Sub Familia	:	Poaideae
Tribu	:	Poeae
Género	:	Dactylis
Especie	:	<i>Dactylis glomerata</i> L.



b) Semilla y variedades de alfalfa

Argote (2004), indica que la alfalfa se recomienda sembrar asociado con variedades de dáctilo o pasto ovilla como:

- **Currie:** Tiene buenas características para el establecimiento de la plántula, buena tolerancia a la sequía del altiplano, se asocia muy bien con la alfalfa.
- **Potomac:** Es muy precoz, sigue siendo la mejor variedad para cultivos asociados simples o múltiples, de buen rebrote, tolerante a las heladas y sequías, resiste al pisoteo y pastoreo del ganado.
- **Apanui:** Presenta una abundante masa vegetal después de los 6 a 8 meses de establecido, tolerante a las sequías y heladas del altiplano., el forraje puede ser aprovechado al pastoreo directo o al corte para su conservación en forma de heno.

2.6. CONSERVACIÓN DE FORRAJE EN LAS ZONAS ALTO ANDINAS

Actualmente en las zonas alto andinas de Puno la ganadería se caracteriza por la alimentación que está basada en el pastoreo de gramíneas y leguminosas solas o asociadas, con periodos de alta producción forrajera alternados con periodos de baja producción, sea por causa del frío y/o de la sequía, lo que limita el suministro de alimentos proteicos en adecuada cantidad y a bajo costo, el desarrollo de la ganadería intensiva y las necesidades de brindar alimentación al ganado surge la necesidad de la explotación máxima y eficiente de los recursos naturales de los pastos y forrajes.

El problema que se presentan es el bajo aprovechamiento y desconocimiento de métodos de conservar forraje con buena calidad física y alto contenido nutricional, excedente de la época lluviosa para la época de estiaje donde se presenta la escasez de



forraje, durante las etapas en que no hay forrajes verdes surge la necesidad de alimentar al ganado con el forraje excedente de primavera y/o otoño.

Argote (2004), manifiesta que la mayor extensión territorial de departamento de Puno, es apropiada para la actividad ganadera, por lo que es necesario estudiar el aspecto de la producción forrajera, pues no se concibe una explotación ganadera adecuada y racional sin antes haber solucionado el aspecto de déficit alimenticio.

2.7. ASOCIACIONES FORRAJERAS

Choque (2005), señala que la elección de dos o más especies de leguminosas y de gramíneas para integrarlas en una mezcla forrajera, requiere conocer sus características de adaptación a las condiciones del medio ambiente físico, también indica que el objetivo de la asociación de leguminosa con gramíneas forrajeras, es elevar el rendimiento, mejorar la calidad del forraje y hacerlas más palatables y digeribles para el animal teniendo, una producción superior.

Argote (2004), indica que la asociación de alfalfa con dactilo, permiten balancear la dieta alimenticia de los animales, suministrándoles fibra, carbohidratos y proteína en la dieta de los animales, evitando problemas de timpanismo. Es común realizar asociaciones de alfalfa con cebada o avena, dactilo, rye grass, bromus, vicia, phalaris. y trébol.

Miranda y Cahuana (2003), manifiestan que existen dos clases de pastos cultivados: leguminosas y gramíneas, que proporcionan fuentes nutritivas de proteína y carbohidratos; asociados balancean la dieta de los animales, entre estos grupos de especies se presentan pastos de vida productiva anual, bianual y perenne, tales como:

Tabla 2. Especies de leguminosas y gramíneas

LEGUMINOSAS		GRAMINEAS	
ESPECIE	VIDA	ESPECIE	VIDA
Alfalfa	Perenne	Dactilo	Perenne
Trébol blanco	Perenne	Rey grass ingles	Perenne
Trébol rojo	Bianual	Rey grass italiano	Bianual
Vicia	Anual	Festuca alta	Perenne
		Avena	Anual

Fuente: Miranda y Cahuana (2003).

2.8. CONSERVACIÓN DE FORRAJE EN FORMA DE HENO

Alimento del ganado que se obtiene desecando los pastos y forrajes verdes al medio ambiente por acción de los rayos solares y el viento, es decir eliminar el agua contenido en los forrajes frescos hasta un 20 % para inhibir la actividad de las enzimas vegetales y microbianas (McDonald *et al.*,2010).

La henificación es una técnica de conservación de forrajes manteniendo el mayor contenido de nutrientes (proteína, energía, minerales), para posteriormente utilizarlo en la alimentación del ganado durante la época de estiaje y así mitigar la escasez de alimentos (Nestares, 2014).

2.9. CALIDAD DE FORRAJE

Los cortes que se realizan o pastoreos en momentos inadecuados, afecta la producción y la persistencia de la planta. La calidad del forraje se determina en relación con los estados de crecimiento que se muestra en las figuras 6, a medida que la planta avanza hacia la madurez, aumenta la producción de forraje y disminuye el porcentaje de contenido nutrientes y aumentando los componentes que reducen la calidad del forraje,

como fibra, un forraje de alta calidad está directamente relacionado con un alto contenido de hojas y bajo porcentaje de tallos (Romero, 1995).

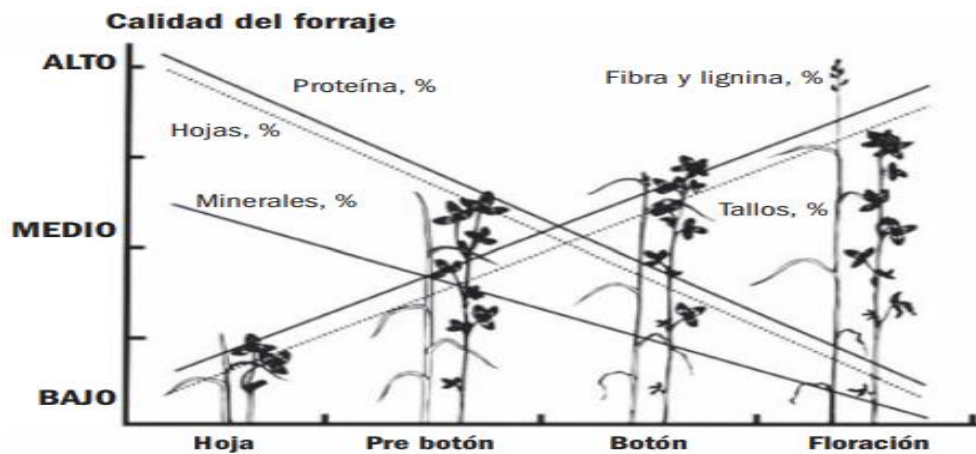


Figura 6. Calidad de forraje en relación con los estados de madurez (Blazer,1986).

Monica y Rebuffo (2005), señala que a medida que la planta se aproxima a la floración plena, cuando las reservas de la raíz están en un nivel alto, el rendimiento de forraje continúa aumentando, pero su calidad disminuye.

2.10. HENIFICADO EN HILERAS

a) Momento óptimo de corte de forraje

Cattani (2021), manifiesta que el momento adecuado de corte corresponde con dos estados específicos de crecimiento: el rebrote basal o el inicio de la floración, cuando la planta se aproxima a floración plena, en el que alcanza su nivel más alto, el almacenamiento de reservas en la corona declina al utilizar la planta energía para la maduración de semilla o generar nuevos tallos (Mónica y Rebuffo, 2005).

Tabla 3. Efecto de la etapa de corte en el cultivo de alfalfa

Estado de madurez	de Hojas (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	Rendimiento ton MS/ha
Botón	>40	>19	<30	<40	1.8
Inicio de floración	30-40	16-19	30-35	40-45	2.2
50% de floración	20-29	13-15	36-40	46 50	2.2
100% de floración	< 30	< 13	>40	>50	2.1

Fuente:(Espinoza y Ramos, 2001)

Romero (1995), indica cuando el corte se retrasa, baja la calidad nutritiva del forraje, aumentando el contenido de fibra, los cortes muy frecuentes reducen el tamaño y vigor de la corona, la altura de corte puede afectar el rendimiento. Altos rendimientos generalmente están asociados con cortes realizados 6 a 10 cm del nivel suelo, la época de corte generalmente es durante los meses de marzo - abril - mayo (Miranda y Terrones, 2002).

b) Secado y volteado del forraje

Pantaleón (2016), menciona que se debe secar el forraje en un corto tiempo manteniendo la mayor cantidad de hojas posible, estar expuesta a los rayos solares hasta que contenga una humedad del heno de 20%, esto se produce por una rápida evaporación en la que pierde el 80% de su contenido de agua por acción del secado al sol y bajo sombra, sin que se reduzcan sus cualidades nutricionales, el tiempo promedio para un buen secado es de 4 a 6 días y bajo sombra de 14 a 18 días; depende de las condiciones climáticas de la época y el grado de madurez del cultivo.

c) Recolección y empacado

Miranda y Terrones (2002) amanieffestan que se realizan en el mismo campo. El forraje está listo para empacar cuando al coger un manajo de forraje y retorcerlo con las

manos, estas no se rompen ni segregan jugos, mencionan que existen diversas formas de realizar el empacado ya sea mecánica o semi mecánica, con una empacadora, se pueden obtener pacas con pesos entre los 25 a 30 kg con un tamaño de 70 cm (Nestares, 2014).

- **Empacadora semi mecánica**

Nestares (2014), señala que en extensiones de mayor cantidad de forraje a henificar un empacadora manual, facilita el uso y manejo; evita, en gran parte, la pérdida de nutrientes sobre todo por las lluvias, cada paca en promedio pesa 16 a 20 kg.



Figura 7. Empacadora manual semi mecánica

d) **Transporte y almacenado en henil**

El forraje acumulado ya sea en forma suelta o en forma de pacas, se transporta en una movilidad, hacia los almacenes o heniles (Miranda y Terrones, 2002).

El heno en forma de pacas ocupa menos espacio y son fáciles de almacenar, la finalidad del almacenaje es conservar la calidad, evitar el contacto con los animales hasta la época de estiaje, debe ser almacenado bajo condiciones de mínima humedad y con ventilación suficiente, para que posteriormente sea utilizado como alimento para el ganado (Miranda y Terrones, 2002).



2.11. FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE HENIFICADO

Pezo Quevedo *et al.* (2012), mencionan que los factores que afectan son:

- **Condiciones climáticas:** El periodo de henificación depende de la duración de las condiciones climáticas (temperatura, humedad del suelo y del aire, velocidad del viento y radiación solar) (Florez, 1987), indica que, si la humedad relativa es muy alta, el proceso de secado tiende a demorar más.

El principal problema para una buena henificación es la precipitación pluvial que cae sobre el heno, disminuyendo su valor nutritivo del forraje ya que la alfalfa es susceptible al lavado de nutrientes solubles (Fedna, 2016).

Cifuentes (1998), menciona que pérdidas de MS de 15 a 25 % para heno hecho bajo buenas condiciones de secado, y 35 a 100 % para heno dañado por la lluvia.

- **Operación de volteo, secado y enfardado:** Debe evitarse la sobreexposición al sol durante el secado, pues ello resultará en la pérdida de nutrientes, mayormente pigmentos como es el caso del caroteno o provitamina A.

Callejo y Diaz (2004), mencionan en las operaciones de siega, hilerado, volteado y empacado del forraje, las partes más frágiles y las más secas de la planta son las hojas, principalmente, se desprenden, ocasionando pérdidas mecánicas

- **Almacenamiento:** Para evitar las pérdidas durante el almacenamiento se debe asegurar que el forraje haya sido enfardado con un contenido de humedad adecuada, las pacas se deben apilar en un lugar bien ventilado y protegido de la lluvia.



2.12. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLEPTICAS DEL HENO

Romero y Inta (1995), mencionan que la evaluación se realiza a través de los sentidos de la vista, olfato y tacto, si bien este método es válido como una primera apreciación, nos brinda adecuada información acerca del potencial nutritivo del forraje.

Choque (2005), indica que las evaluaciones organolépticas o sensoriales de los forrajes de inspecciones visuales, olfativas y táctiles (textura) que se realizan a campo. Se muestran los siguientes parámetros, que se debe tomar en cuenta en una evaluación organoléptica los cuales son:

- **Color del heno**

El heno debe de mantener el color verde intenso que tenía al momento de ser cortado, es un indicador que el heno fue secado rápido y adecuadamente sin daños de lluvias o por exceso de temperatura, signos de un heno de calidad que contiene alto contenido de caroteno y vitamina B., los colores indeseables son el amarillo claro producido por el exceso de días al medio ambiente en el secado, el color castaño es debido a la presencia de lluvias durante el secado (Pantaleón y Gonzales, 2016).

- **Olor del heno**

El olor indica si las condiciones de procesamiento y almacenamiento fueron adecuadas o no, si presenta un olor agradable y es apetecible y palatable para el ganado. Que va desde del suave perfume agradable, inodoro, desagradable, fuerte olor fétido.

- **Presencia de hojas**

A mayor proporción de hojas, indicador de mejor calidad del heno, contiene la mayor cantidad de nutrientes ya que las dos terceras partes de las proteínas se encuentra en las hojas, contienen aproximadamente el 70 % de la proteína, el 90 % del caroteno y



más del 65 % de la energía digestible presente en la planta de alfalfa (Pantaleón y Gonzales, 2016)

- **Consistencia de tallos**

Se puede analizar con el tacto la calidad de tallos que va desde tallos blandos flexibles que indican una buena calidad del heno, que el secado ha sido rápido y habrá menos pérdida de hojas en el momento de manipular el heno y tallos rígidos, duros, indica henos de no muy buena calidad, que tuvieron una sobre exposición a la radiación solar (choque, 2005).

De igual manera Pantaleon y Gonzales (2016), afirman que los tallos largos, duros y leñosos significan que son henos de baja calidad; los de buena calidad presentan tallos finos y flexibles. Evitar en lo posible la presencia de malas hierbas que alteran el sabor y la palatabilidad baja su valor nutritivo.

2.13. CALIDAD NUTRICIONAL DE HENO

Los métodos de laboratorio se basan en reacciones químicas y procesos de secado e incinerado que permiten estimar el contenido de los componentes químicos del forraje. Existen numerosos parámetros para caracterizar la calidad del heno, los principales, desde el punto de vista práctico, son: Proteína total, fibra detergente neutro, ceniza digestibilidad de la materia seca, contenido de humedad (Juan *et al.*, 1995).

a) Contenido de humedad y materia seca del heno

Cañas (1998), menciona que la humedad indica el contenido de agua del forraje, se mide como la pérdida de peso que sufre después de someterlo a algunas técnicas de secado. El residuo después de extraer el agua es la materia seca lo cual es un factor

decisivo para determinar el grado de conservabilidad de un alimento a mayor humedad hay mayor propensión a ser contaminados por hongos y bacterias.

b) Proteína total

Cañas (1998), menciona que, la determinación de proteína total de un alimento se basa en la medición de contenidos de nitrógeno de la muestra, aspecto que se basa, de que este elemento en una proteína es poco variable y alrededor del 16%., en general se utiliza 6.25.

c) Fibra detergente neutra (FDN)

Suaña (2017), indica que es, un procedimiento más reciente la determinación de fibra detergente neutra en el laboratorio, incluye celulosa, hemicelulosa y lignina. También Cañas (1998), indica que, la FDN se correlaciona negativamente con el consumo de materia seca, cuando aumenta la FDN el consumo del forraje disminuye, con este valor se puede predecir mejor el consumo de materia seca y por tanto formular raciones mejores.

Tabla 4. Composición bromatológica de hojas y tallos de alfalfa

CONTENIDO (%)	HOJAS	TALLOS
Proteína bruta	24	10.7
Grasa bruta	3.1	1.3
Fibra bruta	16.4	44.4
Cenizas	10.7	6.3

Fuente: (Chang, 2011).

Tabla 5. Composición química nutricional de heno

COMPOSICIÓN (%)	HENO DE ALFALFA
Materia seca	91,8
Ceniza	7,1
Proteína	20,9
Fibra cruda	19.4

Fuente: (Astrulla, 2003).

Los resultados de la composición química reportados por Astrulla (2003), indica que la materia seca para el heno de alfalfa de 91.8 %, también menciona para vacunos de leche (90-93 % de MS), la proteína de heno de alfalfa se encuentra en los rangos normales de 15-23 % es probable a que se deba que la alfalfa fue cortada en el momento oportuno ya que contaba con un alto porcentaje de hojas, según la información del autor tenían un 10 % de floración, cuánto más madura este la planta baja su contenido de la proteína se incrementa su nivel de fibra.

Tabla 6. Análisis químico de pasto natural y heno de alfalfa

	Pasto natural	Heno de alfalfa
Materia seca (%)	91.38	89.23
Proteína cruda (%)	8.19	17.90
Grasa (%)	1.82	1.95
Fibra cruda (%)	31.36	27.80
Ceniza (%)	3.49	8.12

Fuente: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (Robles, 2018).

2.14. ESTIMACIÓN ECONÓMICA

2.14.1. Costos de producción o total

Juan *et al.* (1995), mencionan que el costo de la alimentación del ganado representa el egreso más significativo en la mayoría de las producciones de pequeños ganaderos, por lo que es fundamental producir y conservar forrajes de alta calidad para aumentar la productividad y la eficiencia del sistema.

Mujica y Ponce (2005), indican que, son todos los gastos que se efectúan 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 de heno dentro de la campaña agrícola, que varían según la cantidad que va a producir a más producción más costos variables dentro de estos tenemos: Gastos por mano de obra, máquinas e insumos.

- **Costos indirectos**

Llamados también costos fijos, son gastos que se efectúan y permanecen inalterables en la elaboración de la investigación, ante cualquier volumen de producción y que no intervienen directamente, dentro de estas consideramos: Gastos administrativos, depreciaciones, imprevistos y gastos financieros.

2.14.2. 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.

$$\text{Ingreso total (VBP)} = \text{Rendimiento total} \times \text{Precio de venta}$$

- **Ingreso neto:** Es el valor que se obtiene de las diferencias entre el ingreso total y costo total.

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso total (VBP)} - \text{Costo total}$$

2.14.3. Rentabilidad

Bravo (2002), indica que, la rentabilidad nos permite conocer en qué medida los costos establecidos permiten conseguir un beneficio, el estudio de la rentabilidad es el



índice que permite tomar decisiones finales para solucionar las ventas o la producción. En cualquier empresa que su actividad sea producción, comercialización e industrialización, de productos que produce, compra lo necesario para comparar de una parte el beneficio neto y de otra los capitales utilizados, lo que se conseguirá por el estudio de rentabilidad con la finalidad de obtener que proporción de utilidades le corresponde a cada rol de capital aprobado, 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. La rentabilidad sobre los ingresos, mide la efectividad de la gerencia de ventas y es expresada en porcentaje.

$$\text{Rentabilidad sobre los ingresos} = \text{Utilidad neta} / \text{Costo total} \times 100$$

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

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Anexo Illpa - Puno, ubicado en el distrito de Paucarcolla, provincia y departamento de Puno en el Km. 22 carretera Puno - Juliaca con Latitud Sur de $15^{\circ}40'37''$, Longitud Oeste de $70^{\circ}04'38''$ a una Altitud de 3,818 m.s.n.m. con una temperatura de $-0.48 - 16.91^{\circ}\text{C}$ y con una precipitación pluvial de 616 mm/año.



Figura 8. Localización del área de estudio

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizó, durante la época de lluvias y heladas dentro de las cuales se consideraron entre los meses de febrero a setiembre del 2019.

3.3. DATOS METEOROLÓGICOS

El registro de la temperatura ambiental y precipitación se aprecia en (Tabla 7), del periodo experimental, fueron obtenidos de la Estación Meteorológica INIA – Illpa, Puno,

cuya representación gráfica se observa en la figura 9. La información meteorológica correspondiente al periodo experimental.

Tabla 7. Datos meteorológicos, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial de la campaña agrícola 2018– 2019

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación acumulada (mm)
	Máxima	Mínima	Media	
Julio	18.24	-9.7	4.3	6.7
Agosto	16.78	-10.45	3.2	10
Setiembre	17.5	1.5	9.5	43
Octubre	18.2	3.5	10.85	57
Noviembre	18.9	2.8	10.85	64
Diciembre	19.2	2.2	10.59	128.8
Enero	16.73	4.03	10.4	174
Febrero	16.86	4.33	10.6	149
Marzo	17.7	3.99	10.8	131
Abril	5.99	0.73	3.4	59
Mayo	19.01	-2.57	8.2	13.4
Junio	17.85	-6.14	5.9	8.3
Promedio	16.91	-0.48	8.22	70.35
Total				844.2

Fuente: SENAMHI (2019).

El comportamiento de la temperatura ambiental y la precipitación pluvial durante el desarrollo del trabajo de investigación fue como se aprecia en la tabla 7 y en la figura 9 según los cuales entre diciembre y agosto del 2019, se registró el promedio de temperaturas mínimas se da en los meses de julio y agosto; siendo el más bajo (-10.45° C) mientras que las temperaturas máximas extremas se registraron de 19.2 y 19.01°C correspondientes a los meses mayo a diciembre del 2019, respectivamente. También se llegó a registrar temperaturas medias más altas en octubre y noviembre del 2019 con 10.85 °C. mientras las mayores precipitaciones fueron en los meses de diciembre con 128.8 mm, enero con 174 mm, febrero con 149 mm, marzo con 131 mm, y en abril 59 mm, y en adelante fueron disminuyendo las precipitaciones pluviales. Es decir, a inicios

de la instalación del proyecto y durante la ejecución se presentaron altas precipitaciones pluviales, también se registra con una menor precipitación en el mes de julio con 6.7 mm.

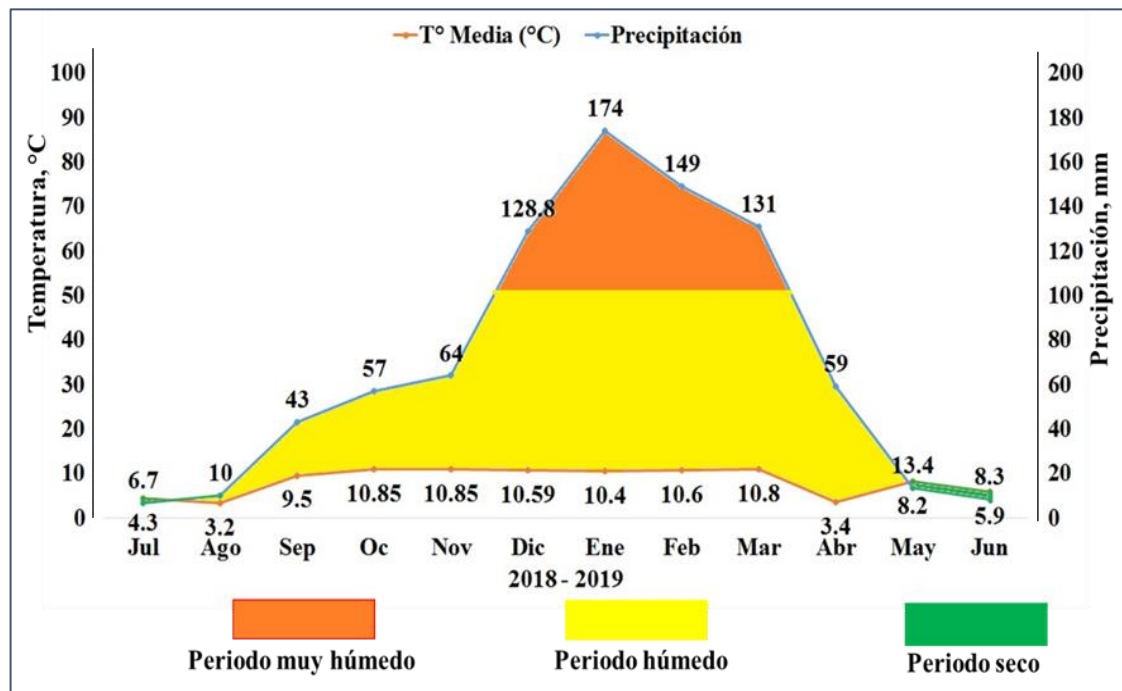


Figura 9. Climadiagrama campaña agrícola 2018 – 2019.

En la Figura 9, se muestra que los periodos húmedos son menores a 100 mm, iniciando en el mes de agosto en adelante, se eleva a mediados del mes de noviembre con un periodo muy húmedo mayores a 100 mm, donde a inicios del mes de diciembre hasta enero alcanzaron las mayores precipitaciones con 128.8 mm a 174 mm respectivamente y fueron disminuyendo de febrero a marzo 149 mm y 131mm. Con temperaturas de 3.2 °C a 10.85 °C respectivamente. En el mes de mayo 2019 hasta agosto se observa que descendiendo gradualmente el periodo seco.

Los datos climáticos de los últimos 20 años fueron obtenidos del Boletín Regional SENAMHI Puno (2019), mostrando la siguiente información (Tabla 8 y Figura 10): respecto a la temperatura, la mayor temperatura máxima se registró en el mes de noviembre con 18 °C, la menor temperatura mínima se dio en el mes de junio con -2.30 °C, mientras que la mayor temperatura media se registró en el mes de diciembre con 11.50



°C. Para la precipitación el mes más lluvioso fue enero con 172.70 mm y el mes con menor precipitación fue agosto con 4.5 mm, el promedio mensual de precipitación de 20 años fue 71.14 mm y la precipitación total fue de 853.70 mm.

Tabla 8. Datos meteorológicos, temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación pluvial, promedio de 20 años.

Meses	T° Maxima (C)	T° Minima (°C)	T° Media (°C)	Precipitación pluvial (mm)
Julio	16.2	-2.26	6.97	5.7
Agosto	16.5	-2.2	7.15	4.5
Setiembre	17	4.1	10.55	23
Octubre	17.3	4	10.65	30
Noviembre	18	4.9	11.45	44.1
Diciembre	17.3	5.7	11.5	93.8
Enero	16.1	5.9	11	172.7
Febrero	15.7	6	10.85	162.2
Marzo	15.7	5.6	10.65	130.4
Abril	16.7	5.3	11	92
Mayo	16.7	-0.5	8.1	89.7
Junio	16.3	-2.3	7	5.6
Promedio	16.63	2.85	9.74	71.14
Total				853.7

Fuente: SENAMHI (2019).

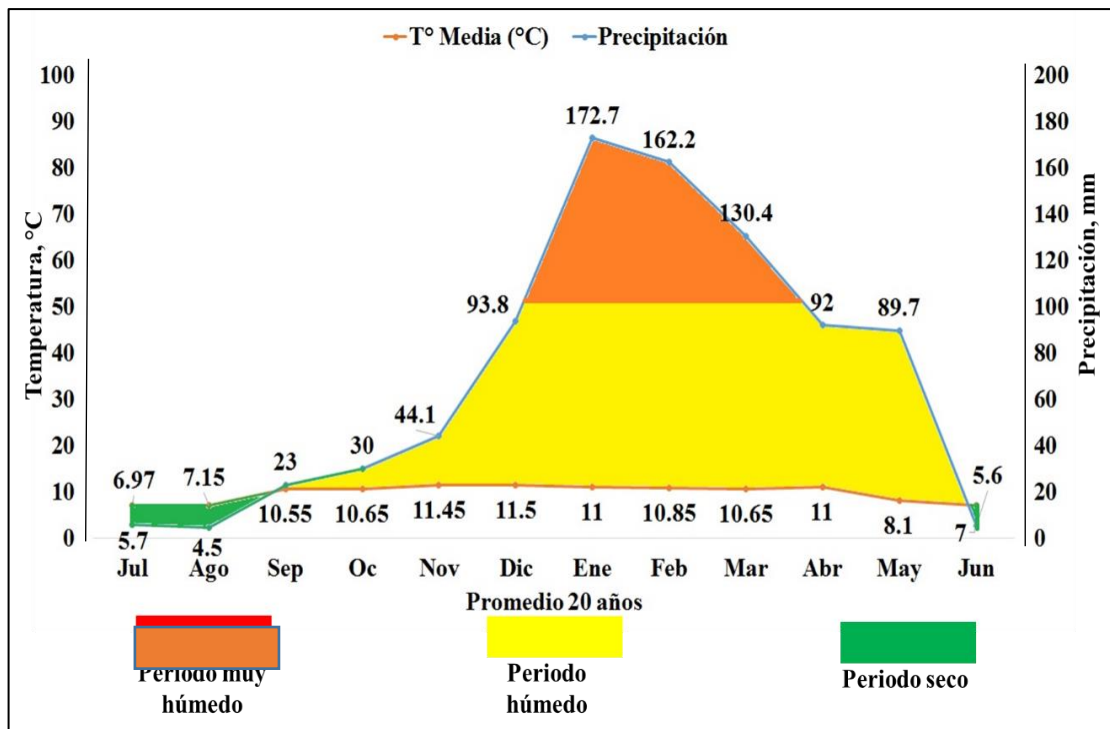


Figura 10. Climadiagrama promedio de 20 años.

Al comparar los datos de temperatura y precipitación de la campaña agrícola con el promedio de los últimos 20 años, se observa diferencias apreciables mayormente en la precipitación pluvial y ligeros cambios en la temperatura, esto es justificable debido al efecto de cambio climático que viene alterando el normal comportamiento del clima.

Se muestra que los periodos húmedos son menores a 100 mm iniciando a mediados del mes de setiembre manteniéndose así hasta el mes mayo y empezó a descender hasta finales de junio, con un periodo muy húmedo mayores a 90 mm, donde empieza a incrementar desde el mes de diciembre hasta mes de enero donde alcanza la mayor precipitación con 172.7 mm, y en los siguientes meses tiende a disminuir desde el mes de febrero con 162.2 mm y marzo con 130.4mm, respectivamente. Con temperaturas de 6.97 °C a 11.5 °C respectivamente. En el mes de junio hasta agosto se observa descendiendo gradualmente el periodo seco.



3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

a) Forraje de alfalfa asociado con dactilo

En la presente investigación se utilizó forraje procedente de las áreas de cultivo de la Estación Experimental Agraria, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Anexo Illpa – Puno, en donde se eligió áreas de pastura de alfalfa W-350 asociado con dactilo, con 4 años de establecimiento. El corte de las plantas se realizó antes de la floración a una altura de 6 a 7cm, utilizando moto guadaña para el corte.

b) Módulos de secadores solares

Se realizaron la instalación de dos secadores solares, dicho diseño dirigido al pequeño y mediano productor de ganado de la región altiplánica de Puno., se determinó que los dos módulos secadores solares sean totalmente desmontables, transportables y de fácil almacenamiento cuando este no esté en uso, también fueron determinados por dimensiones de los pasadizos, estantes y separación de pared-estante, las alturas se determinaron por las alturas de los estantes. Fueron construidos por los integrantes del programa nacional de innovación agraria proyecto 153-PI.

- Secador solar tipo media agua

El diseño realizado con estructuras metálicas de acero y cubierto por los lados con manta agro film y techo de calamina transparente ondulado de policarbonato, con un movimiento de aire con extractores eólicos de 6 pulgadas de diámetro.

Dimensiones del módulo sacador solar tipo media agua

- Ancho: 4.0 metros
- Largo: 9.00 metros
- Altura posterior: 2.15 metros



- Altura frontal: 1.65 metros
- **Secador solar tipo túnel**

El módulo secador solar tipo túnel de techo parabólico, cubierto en su totalidad con manta agro film, con estructuras metálicas y con movimiento de aire con extractores eólicos de 6 pulgadas de diámetro.

Dimensiones del módulo sacador solar tipo túnel

- Ancho:4.00 metros
- Largo: 9.00 metros
- Altura máxima: 2.3 metros

3.5. MATERIALES Y EQUIPO

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos, que a continuación se detallan:

a) Materiales utilizados en los secadores solares

- Materiales para el recubrimiento de los módulos secadores solares:
 - Manta agro film de tratamiento térmico.
 - Calamina transparente corrugada de policarbonato
 - Manta agro film de tratamiento térmico de 250 micras
- Materiales para la estantería y repisas para los secadores solares:
 - Material acero
 - Malla de nylon N°8

b) Materiales de campo y laboratorio

- Herramientas de campo:
 - Moto guadaña
 - Mantas



- Rastrillo
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Marcadores (Plumones indeleble punta fina negro).
- Balanza
- Etiquetas hechas de papel reciclado
- Para la evaluación de humedad relativa y temperatura:
 - Termómetro
 - Higrómetro
- Materiales y equipos de laboratorio:
 - Balanza digital
 - Bandejas
 - Bolsas de papel
 - Estufa

3.6. FACTORES EN ESTUDIO

a) Tipos de henificación en secadores solares (H)

H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)

H2= Henificación en secador tipo media agua

H3= Henificación en secador tipo túnel.

b) Tiempo de henificación (T)

T1=Secado por 2 días

T2= Secado por 3 días

T3= Secado por 4 días

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para analizar los resultados de los tratamientos en estudio se utilizó el diseño completamente al azar conducido en un arreglo factorial de 3x3, los factores fueron tipos de henificación en secadores solares y tiempo de henificación, los niveles para el primer factor fueron: henificación tradicional, henificación en secador tipo media agua, henificación en secador tipo túnel. Los niveles para el segundo factor fueron: Secado por dos, tres y cuatro días con tres repeticiones cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Efecto de la variable de respuesta

μ = Efecto de la media población

α_i = Efecto del factor del tipo de henificación (α)

β_j = Efecto del factor del tiempo de henificación (β)

$(\alpha*\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores ij tipo se secado y tiempo de henificación.

ϵ_{ijk} = Es el error experimental.

Para el procesamiento de datos, se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS, 1989); el análisis se realizó mediante el procedimiento de análisis de varianza y la comparación de modelos, se llevó a cabo mediante la prueba de tukey.

- Análisis de datos

Reyes (2003), indica que los datos evaluados y expresados en porcentajes, deben ser transformados a valores angulares, y es por eso que los datos obtenidos en porcentajes como: contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro FDN, ácido láctico (%), ácido acético (%) y ácido butírico (%), fueron transformados a valores angulares usando la función siguiente:



$$Y = \arcseno \sqrt{\text{porcentaje}}$$

Los datos de porcentaje de humedad relativa (%), contenido de humedad del heno (%), porcentaje de materia seca (%), porcentaje de proteína total (%) FDN (%) fueron transformados a datos angulares arco seno por estar expresados en porcentajes también con dicha transformación se confirió la normalidad y homogeneidad de varianzas recomendado por (Montgomery, 2008), para análisis de varianza paramétrico. Los datos de ceniza (%), energía metabolizable (Mcal/kg MS) y las características organolépticas que no cumplieron los supuestos de la normalidad y homogeneidad de varianzas se analizaron por medio del análisis de varianza no paramétrico con pruebas de Kruskal Wallis.

Se utilizó la comparación múltiple de medias de Tukey al 95% ($P > 0.05$) de confiabilidad, para los efectos de los factores con significancia.

3.8. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.8.1. Corte de forraje de alfalfa - dactilo para su henificación

Se eligió áreas de pastura de alfalfa variedad W-350 asociado con pasto ovillo con 4 años de establecimiento, el corte de las plantas se realizó antes de la floración, aproximadamente a una altura de 5 a 7 cm aplicando moto guadaña en la Estación Experimental Agraria INIA anexo Illpa.

3.8.2. Henificación tradicional en hileras

Se realizó el corte de pastura alfalfa asociado con dactilo y seguidamente dejado en campo en hileras para su secado para 2 días, 3 días y 4 días respectivamente



3.8.3. Henificación de forraje en secadores solares

Luego de haber realizado el corte respectivo del forraje en campo se procedió al traslado hacia donde se encontraba los módulos secadores solares tipo media agua y secador solar tipo túnel, de igual manera se realizó el respectivo pesado de la cantidad de forraje designado para su ingreso a cada uno de módulos secadores solares que fueron distribuidos en tres estantes de tres repisas donde se extendió en cada columna 15 kg haciendo un total de 270 kg el secado de forraje dentro de cada uno de los secadores solares durante 2 días, 3 días y 4 días de secado. En el interior del módulo provocara el efecto invernadero, principal requisito para la deshidratación de materias verdes.

3.9. VARIABLES DE RESPUESTA

- Temperatura dentro y fuera de los secadores solares (°C)
- Humedad relativa dentro y fuera de los secadores (%)
- Características físicas organolépticas del heno
- Contenido de humedad del heno (%)
- Materia seca del heno (%)
- Proteína total del heno (%)
- Fibra detergente neutra del heno (%)
- Energía metabolizable del heno (Mcal/kg MS)
- Contenido de ceniza (%)
- Relación beneficio/costo.



3.10. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

3.10.1. Control de temperatura y humedad relativa

Se realizaron tres mediciones diarias de humedad relativa y temperatura del ambiente tanto dentro como fuera de los secadores solares en los siguientes horarios de: 8:00 a.m., 1:00 p.m. y 4:00 p.m., mediante la utilización de un higrómetro digital y un termómetro.

- Temperatura

La temperatura del ambiente fue determinada utilizando un higrómetro digital, tanto como fuera y dentro de los secadores solares de media agua y tipo túnel. en los siguientes horarios de 8:00 am., 1:00 pm., y 16:00 pm., se realizaron para el factor tiempo dos días, tres días y cuatro días de secado, de acuerdo a lo establecido en el manejo del experimento.

- Humedad relativa

La humedad relativa del ambiente fue determinada utilizando un higrómetro digital, realizando mediciones diarias en horario de: 8:00 am, 13:00 pm y 16:00 pm, que se realizaron para cada factor de estudio para dos días, tres días y cuatro días de secado, dentro y fuera de los secadores solares media agua y tipo túnel

3.10.2. Evaluación físico organoléptica del heno

La evaluación de la calidad organoléptica del heno se efectuó a través de los sentidos de vista, olfato, gusto y tacto (textura) de una muestra representativa, esta apreciación se realizó utilizando fichas de evaluación organoléptica, que se muestra en anexos en la tabla 49, realizada para sus 9 tratamientos evaluando los diferentes



parámetros considerados para la determinación de las características organolépticas como son olor, color, presencia de calidad de hojas y consistencia de tallos, se conformó un panel de 10 evaluadores por tratamiento que al momento del recojo del heno procedente de los tres tipos de secado, del secador solar media agua, secador solar tipo túnel y secado tradicional en campo, haciendo una comparación con los tres tipos de secado en 2 días, 3 días y 4 días de secado, donde emitieron sus criterios respecto a los mismos, los cuales fueron registrados y documentados.

Los criterios de evaluación estuvieron acordes a la metodología planteada por Choque (2005), menciona los parámetros que se consideran para la evaluación de la calidad organoléptica del heno los siguientes:

-Color: Color verde claro brillante (verde intenso) es un indicador que el heno fue secado rápido y adecuadamente sin daño de lluvias o por exceso de temperatura. El color amarillo indica un exceso de exposición al sol durante el secado, color marrón oscuro indica desarrollo fúngico (alta temperatura).

-Olor: El olor indica si las condiciones de procesamiento y almacenamiento fueron adecuadas. En el caso del heno, el gradiente va desde del suave perfume agradable, inodoro, desagradable, fuerte olor fétido.

-Presencia de hojas: Indica que las hojas enteras, representan buen contenido de proteína total, tallos ásperos y pocas hojas, presencia de hongos

-Consistencia de tallos: Se evalúa con el tacto la calidad de los tallos que va desde tallos blandos flexibles, que indican una buena calidad del heno, y tallos rígidos, duros, indica henos de no muy buena calidad, que tuvieron una sobre exposición a la radiación solar, los tallos deben ser flexibles y blandos esto indica que el

secado ha sido rápido y habrá menos pérdida de hojas en el momento de manipular el heno.

-Impurezas: Con esta determinación se puede observar y evaluar, si presentan o no, malezas con tierra, polvo, piedras y clavo contaminado.

- Calidad: Este parámetro determina el estado en que se encuentra el heno que va desde: excelente, buena, regular, malo.

Tabla 9. Escala de indicadores para la evaluación organoléptica del heno

COLOR	OLOR	PRESENCIA DE HOJAS	CONSISTENCIA DE TALLOS	CALIDAD
Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Suave, blando delgado	Excelente
Verde claro	Poco agradable	Pocas hojas y rota	Flexible blando	Bueno
Amarillo pálido	Inodoro, desagradable	Muy pocas hojas	Poco flexible	Regular
Marrón descolorido	Quemado, enmohecido	Pobres en hojas	Rígidos y duros	Mala

Fuente: (Choque, 2005).

3.10.3. Determinación de contenido humedad y materia seca del heno

Se realizó la determinación del contenido de humedad y materia seca; para lo cual se tomaron muestras representativas obtenidas de los tres tipos de henificación, “henificado en secador solar media agua, secador solar tipo túnel y secado tradicional en hileras” donde se tomaron 3 muestras en cada tipo de secado haciendo un total de 9 muestras secas con un peso de 200 gramos, considerando para cada factor de tiempo de henificación que son 2 días, 3 días y 4 días de secado, se realizó el traslado en bolsas de papel y debidamente identificadas respectivamente y fueron llevadas a laboratorio de Pastos y Forrajes, del INIA Illpa.



Procedimiento

- Se realizó el pesado de muestras de forraje secado de 200 gramos con sus respectivas repeticiones.
- Se colocaron las muestras ya pesadas dentro de bolsas de papel previamente codificadas
- Seguidamente se colocaron a estufa eléctrica para desecarlas a una temperatura de 60°C por un tiempo de 48 horas, hasta obtener un peso constante.
- Posterior a esto se realizó el pesado de heno ya desecado en la estufa, para su posterior determinación de humedad y materia seca por diferencia del peso de materia inicial y materia seca obtenida, de acuerdo a las siguientes formulas:

Se determinó el porcentaje de humedad que contiene el forraje secado dentro de los secadores solares tanto en el secado tradicional en hileras en campo.

$$H(\%) = \frac{\text{Peso de muestra Inicial} - \text{peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra inicial}} \times 100$$

Dónde:

% H= Humedad

PMI= Peso de materia inicial

PMS= Peso de materia seca

$$(MS \%) = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra inicial}} \times 100$$

Dónde:

MS %= Materia seca

PMI= Peso de materia inicial

PMS= Peso de materia seca



3.10.4. Análisis nutricional de heno de alfalfa asociado con dactilo

Para cuantificar el valor nutricional del heno obtenido en los secadores solares tanto del campo se procedió de la siguiente manera.

- a) Se utilizó los mismo que fueron tomados las muestras de 200 gramos para laboratorio, para cada tipo de secador y para los diferentes días de secado.
- b) Posteriormente se separó las muestras respectivas con sus respectivas etiquetas colocados para cada muestra en una bolsa de papel.
- c) Posteriormente se realizó la molienda de cada muestra para el análisis químico.
- d) Seguidamente se colocó y se registró en una bolsa de papel cerrándolo lo más hermético posible, para evitar alterar su composición nutricional.
- e) Se envió las muestras al laboratorio de evaluación nutricional de alimentos del departamento académico de nutrición de la facultad de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- f) Los parámetros químicos que fueron determinados en laboratorio fueron: Humedad (%), materia seca (%), proteína total (%), fibra detergente neutra FDN (%), ceniza (%) y energía metabolizable (Mcal/ kg MS).

3.10.5. Costos de producción y rentabilidad

3.10.5.1. Determinación de costos

Se determinaron los costos incurridos en la obtención heno de alfalfa/dactilo y el costo de los secadores solares, se realizó un análisis económico de costos, por la nueva tecnología, esto implicó calcular el costo de inversión al secar forraje de alfalfa/dactilo en épocas de lluvias de forma artesanal y el costo de utilizar los secadores solares.

La determinación de los costos se realizó en base a las labores que se realizaron durante la ejecución del presente trabajo de investigación, en donde se consideraron



costos directos e indirectos. Para la evaluación económica primero se estimaron los costos de producción para los tipos de henificado, (secador tipo túnel, secador tipo media agua y secado tradicional en hileras), cuyos resultados se pueden ver en los anexos de las tablas 50, 52 y 54.

Para el análisis económico se determinó: Costo total, ingreso total, ingreso neto, rentabilidad, y relación C/B (Mujica, 2004)

- Costo total

$$\text{Costo total} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

-Ingreso total (VBP)

$$\text{Ingreso total (VBP)} = \text{Rendimiento total} \times \text{Precio de venta}$$

- Ingreso neto

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso total (VBP)} - \text{Costo total}$$

- Rentabilidad (%)

$$\text{Rentabilidad (\%)} = \text{Ingreso neto} / \text{Costo total} \times 100$$

- Relación C/B

$$\text{Relación C/B} = \text{Ingreso total (VBP)} / \text{Costo total}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO ORGANOLÉPTICAS DEL HENO POR TIPO Y TIEMPO DE HENIFICACIÓN

4.1.1. Temperatura promedio dentro y fuera de los secadores solares

En la Tabla 10, se observa el análisis de varianza para temperatura dentro de los secadores y del medio ambiente, se visualiza que para el factor tipo de henificación (H), se observa diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en la temperatura por los efectos del tipo de henificación; dando a conocer que la temperatura es homogénea por los efectos del tiempo de henificado (T); para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre la temperatura. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 2.32 %, indica que los datos evaluados son confiables.

Para humedad relativa no existe diferencias estadísticas significativas, dando a conocer que el contenido de humedad relativa es homogéneo por los efectos del tipo de henificación y tiempo de henificación. Se muestra el ANVA en anexos en la tabla 43.

Tabla 10. Análisis de varianza para el promedio de temperatura

F. V	G.L	S.C	C.M	F-Valor	Ft		
					0.05	0.01	
Tipo de henificación(H)	2	489.578096	244.789048	6.37	3.55	6.01	**
Tiempo de henificación(T)	2	39.4361185	19.7180593	0.51	3.55	6.01	NS
Tipo de henificación(H)* Tiempo de henificación (T)	4	32.1573926	8.0393481	0.21	2.93	4.58	NS
Error	18	691.3266	38.407033				
Total, corregido	26	1252.49821					
CV= 2.32 %		Media= 22.69					

De acuerdo a los datos obtenidos (Tabla 11), para factor tipo de henificación y tiempo de henificación sobre la temperatura promedio dentro de los secadores y fuera de los secadores, el tipo de “henificación en secador tipo túnel” tuvo mayor temperatura promedio de $26.00 \pm 2.13^\circ\text{C}$, seguido de “henificación en secador tipo media agua” con $25.39 \pm 2.25^\circ\text{C}$, los cuales estadísticamente son similares pero diferentes y superiores a la práctica de henificación “henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)” con $16.68 \pm 0.99^\circ\text{C}$. estadísticamente son diferentes.

Tabla 11. Prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre promedio de temperatura

Tipo de henificación	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	$P \leq 0.05$
H3 = Henificación en secador tipo túnel	26.00 ± 2.13	a
H2 = Henificación en secador tipo media agua	25.39 ± 2.25	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	16.68 ± 0.99	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados registrados de $T^\circ\text{C}$ se aproximan a lo reportado por (Chang, 2011), que señala en su trabajo de investigación de secadores solares para la deshidratación de alfalfa, registro una temperatura promedio de 27°C dentro del secador solar y fuera del secador registro 24.3°C en su segundo día de deshidratación de alfalfa, este último es superior al dato registrado a la henificación en campo, esto se debe a las condiciones climáticas de nuestro Altiplano Puneño.

Las temperaturas registradas en los secadores solares, son inferiores a lo reportado por (Sancho *et al.*, 2007), que indica que registro dentro del secador solar una temperatura de 29°C y una humedad de 96 % y fuera del secador solar temperatura promedio de 26°C , también menciona (Gutiérrez, 2002), que a mayor temperatura más capacidad del aire de absorber agua, cuanto mayor sea el flujo de aire, más rápidamente se eliminará el agua del producto que se está secando.



De igual manera las temperaturas promedio registradas son inferiores a lo reportado por Castellon y Espinoza, (2009), señala en su trabajo de validación del uso de un secador solar para café pergamino, donde registro temperatura promedio dentro del secador solar de 33°C y fuera del secador de 25°C mostrando una diferencia de una temperatura promedio de 8°C de diferencia en el secador con respecto al ambiente.

Con respecto a las condiciones climáticas presentadas en el periodo de ejecución del trabajo se registró con temperatura más altas para el mes febrero de 16.86°C y marzo de 17.7°C y con una precipitación de 149 mm y 131 mm respectivamente esto indica que no fue favorable para un henificado en campo, sin embargo, favorable por el uso de los secadores solares.

4.1.2. Características físicas organolépticas del heno de alfalfa - dactilo

En la tabla 12, se muestra los promedios resultados de la evaluación organoléptica realizada para el factor tipo de henificación y factor tiempo de henificación. Los parametros para la evaluacion organoleptica se analizaron por medio del análisis de varianza no paramétrico con pruebas de Kruscall Wallis.

Tabla 12. Evaluación de las características organolépticas de la calidad del heno

Tipo de Henificado	Secado (días)	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS				Calidad
		Color	Olor	Presencia de hojas	Consistencia de tallos	
Secador tipo media agua	2 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Flexible blando	Excelente
	3 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Flexible blando	Excelente
	4 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Poco flexible	Excelente
Secador tipo túnel	2 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Poco flexible	Excelente
	3 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Poco flexible	Excelente
	4 días	Verde intenso	Agradable	Hojas enteras	Poco flexible	Excelente
Henificado en campo	2 días	Verde claro	Poco agradable	Hojas enteras	Poco flexible	Bueno
	3 días	Verde claro	Poco agradable	Pocas hojas y rotas	Poco flexible	Regular
	4 días	Amarillo pálido	Poco agradable	Pocas hojas y rotas	Poco flexible	Regular

4.1.2.1. Color

En la tabla 13, se muestra el análisis de varianza para parámetro color del heno, en donde se visualiza que para el factor tipo de henificación (H), existe diferencias estadísticas altamente significativas, en la evaluación organoléptica del heno; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que no existe diferencias estadísticas significativas, dando a conocer que el parámetro color del heno es homogénea por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, dando a entender que los factores actúan de forma independiente sobre el parámetro color de heno.

Tabla 13. Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para color

F. V	G. L	S.C	C.M	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación (H)	2	18	14.91	7.46	0.0006	0.0044	**
Tiempo de henificación (T)	2	18	2.82	1.41	0.244	0.2697	NS
(H) * (T)	4	18	0.85	0.21	0.9311	0.9276	NS

En la tabla 14, se muestra la comparación de medias para el parámetro color de heno de la evaluación organoléptica para el factor tipo de henificación, henificación en secador tipo media agua (H2) y henificación en secador tipo túnel (H3) son similares con una variable de verde intenso diferentes a henificado tradicional al aire libre en hileras (H1) con una variable de verde claro.

Tabla 14. prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre color de heno

Tipo de henificación	Color	P≤0.05
H2 = Henificación en secador tipo media agua	Verde intenso	a
H3 = Henificación en secador tipo túnel	Verde intenso	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	Verde claro	b

Al respecto (Choque, 2005), indica que un buen heno debe tener un color verde intenso, menciona que es un indicador que el heno fue secado rápido y adecuadamente sin daño de lluvias y sin exceso de temperaturas, al respecto los resultados de la investigación de la utilización de secadores solares para la henificación, están dentro del margen que menciona el autor.

4.1.2.2. Olor

En la tabla 15, se muestra el análisis de varianza para parámetro olor del heno, en el factor tipo de henificación (H), existe diferencias estadísticas altamente significativas; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que no existe

diferencias estadísticas, indicando que el parámetro olor del heno es homogénea por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre el parámetro olor.

Tabla 15. Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para olor

Efecto	G. L	S.C	C.M	F- Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación(H)	2	18	14.72	7.36	0.0006	0.0046	**
Tiempo de henificación(T)	2	18	5.97	2.99	0.0505	0.0759	NS
(H) * (T)	4	18	0.8	0.2	0.9384	0.935	NS

En la tabla 16, se muestra la comparación de medias para el parámetro olor de la evaluación organoléptica para el factor tipo de henificación (H2) y (H3) son estadísticamente iguales con una variable de olor agradable diferentes a (H1) con una variable de poco agradable.

Tabla 16. Prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre el olor de heno

Tipo de henificación	Olor	P≤0.05
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	Poco agradable	b
H3 = Henificación en secador tipo túnel	Agradable	a
H2 = Henificación en secador tipo media agua	Agradable	a

Al respecto de la evaluación organoléptica (Choque, 2005), señala que un buen heno debe tener un olor “agradable” propio del pasto debido a su bajo contenido de humedad y rápido secado, al respecto los resultados de la investigación de la utilización de secadores solares para la henificación, se encuentran del margen que menciona el

autor. Mientras que el henificado en hileras se obtuvo un parámetro de “poco agradable”. (Romero,1995), los olores desagradables (producto de fermentaciones).

4.1.2.3. Presencia y proporción de hojas

En la tabla 17, se muestra el análisis de varianza para presencia y proporción de hojas en el heno, para el factor tipo de henificación (H), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que no existe diferencias estadísticas, dando a conocer que el contenido de hojas del heno es igual por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente.

Tabla 17. Análisis de varianza para evaluación organoléptica presencia y proporción de hojas

Fuente	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación(H)	2	18	17.46	8.73	0.0002	0.0022	**
Tiempo de henificación (T)	2	18	2.27	1.14	0.321	0.343	NS
(H) * (T)	4	18	0.69	0.17	0.952	0.949	NS

En la tabla 18, se muestran los resultados para el parámetro presencia y proporción de hojas, para factor tipo de henificación, “Henificación en secador tipo media agua” (H2) y “henificación en secador tipo túnel” (H3), son estadísticamente iguales con heno de hojas enteras, sin embargo, son diferentes al “henificado tradicional en hileras” (H1) con un parámetro de pocas hojas y rotas, lo cual podría deberse a la exposición a las inclemencias climáticas.

Tabla 18. Prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre presencia y proporción de hojas de heno

Tipo de henificación	Presencia de hojas	P≤0.05
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	Pocas hojas y rotas	b
H3 = Henificación en secador tipo túnel	Hojas enteras	a
H2 = Henificación en secador tipo media agua	Hojas enteras	a

En la figura 11, se muestra los resultados de la evaluación organoléptica para el parámetro presencia y proporción de hojas, se obtuvo heno con hojas enteras al 100 % en “secador solar tipo media agua”, 98 % en “secador tipo túnel”, sin embargo, en la “henificación tradicional” de pocas hojas y rotas, con un promedio de un 80 %, debido a que las inclemencias climáticas (presencia de lluvia) dañaron al forraje extendido en hileras en campo.

(Choque, 2005), Indica que las hojas enteras, representan buen contenido de proteína total, al respecto los resultados de la investigación de la utilización de secadores solares para la henificación, están dentro de lo recomendable por el mencionado autor.

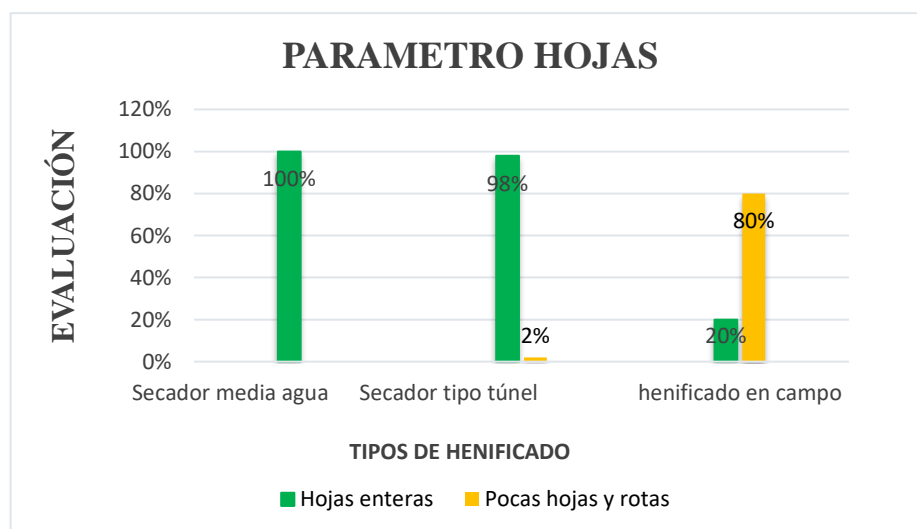


Figura 11. Evaluación organoléptica de heno de alfalfa - dactilo para parámetro hojas

El análisis de varianza para parámetro consistencia de tallos del heno, en donde se visualiza en anexos en la tabla 44, que para el factor tipo de henificación (H), no existe



diferencias estadísticas significativas; para el factor tiempo de henificación (T), de igual manera no existe diferencias estadísticas significativas, dando a conocer que el parámetro consistencia de tallos del heno es homogénea por los efectos del tiempo y tipo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre el parámetro consistencia de tallos.

4.2. VALOR NUTRICIONAL DEL HENO DE ALFALFA-DACTILO POR TIPO Y TIEMPO DE HENIFICACIÓN

4.2.1. Contenido de humedad del heno

En el análisis de varianza para el contenido de porcentaje de humedad de heno (Tabla 19), en donde se muestra que para el factor tipo de henificación (H), hay diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en el porcentaje de humedad por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que existe diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que la humedad es heterogénea por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre el porcentaje de humedad de heno. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 8.17 %, nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 19. Análisis de varianza para contenido de humedad del heno

F. V	G. L	S.C	C.M	F-Valor	Ft	
					0.05	0.01
Tipo de henificación (H)	2	1602.02586	801.012931	111.5	3.55	6.01 **
Tiempo de henificación (T)	2	392.144119	196.07206	27.29	3.55	6.01 **
Tipo de henificación(H)* (T)Tiempo de henificación	4	37.077906	9.269477	1.29	2.93	4.58NS
Error	18	129.30865	7.183814			
Total, corregido	26	2160.55654				
CV= 8.17 %		Media=22.69				

De acuerdo a los datos obtenido (Tabla 20), donde se muestra la prueba de comparación de medias de tukey para factor tipo de henificación sobre el porcentaje de contenido de humedad en el heno, en donde el tipo de henificación tradicional al aire libre en hileras (Testigo) tuvo mayor humedad de 47.77 ± 3.40 %, el cual estadísticamente es superior y diferente al tipo de henificación en secador tipo media agua con 21.63 ± 2.31 % y al tipo de henificación en secador tipo túnel” con 21.14 ± 1.57 %. lo que demuestra el heno debe secarse lo más rápido posible, una humedad optima de 20 a 25 % para un henificado de excelente calidad (Choque, 2005).

Tabla 20. Prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre el contenido de humedad de heno

Tipo de henificación	Contenido de humedad (%)	P\leq0.05
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	47.77 ± 3.40	a
H2 = Henificación en secador tipo media agua	21.63 ± 2.31	b
H3 = Henificación en secador tipo túnel	21.14 ± 1.57	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la figura 12, se muestra que existe diferencias sobre el contenido de humedad del heno, donde el “henificado tradicional en campo en hileras” tuvo un mayor contenido de humedad con 47.77 ± 3.40 % diferente a los tipos de henificado “en secadores solar media agua y tipo túnel”, con 21.63 ± 2.31 % y 21.14 ± 1.57 %, por lo que se recomienda el uso de estos dos últimos secadores por contener menor cantidad de humedad en el heno de alfalfa - dactilo, ya que el contenido de humedad disminuye a velocidades y ritmos diferentes, dependiendo de las condiciones climáticas

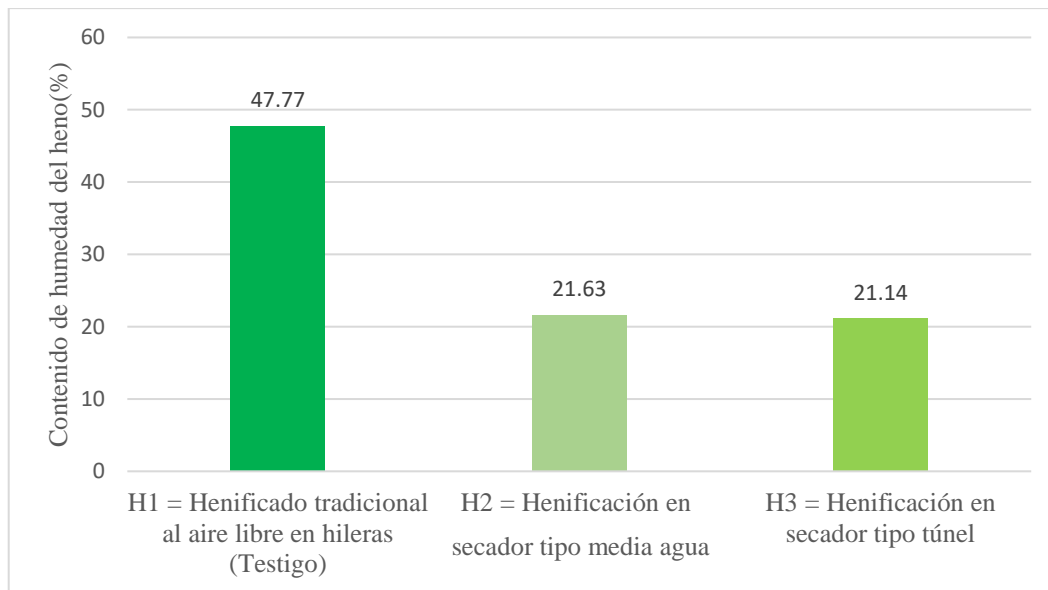


Figura 12. Contenido de humedad del heno en tres tipos de secado

Según a los resultados obtenidos en la figura 12, del presente trabajo son ligeramente inferiores a lo reportado por Chang (2011), quien encontró % de humedad de heno en su trabajo de deshidratación de alfalfa en secador solar reporto 28 %.

De igual manera los resultados obtenidos de henificado en secadores solares coinciden con (Choque, 2005), que indica que el heno debe secarse lo más rápido posible, ya que las pérdidas por humedad son proporcionales a la velocidad en la que alcanzamos una humedad optima de 20 a 25 % para un henificado de excelente calidad.

Chavez (2010), al evaluar parámetros ideales para el almacenamiento y preservación de pacas de heno registro contenido promedio de % de humedad del heno de alfalfa asociado con dactilo con 17.09 ± 0.38 % y 12.74 ± 0.24 %, los cuales se asemeja a nuestro trabajo de investigación.

Por otro lado (Chang, 2011), indica que a menor contenido de humedad debajo del 15%, se producirá un deterioro en la calidad del heno. Esta circunstancia no favorece la respiración celular, si estas llegan a % de humedad muy bajas, la digestibilidad de la proteína disminuye (Bobadilla, 2003), menciona que en el caso de heno enfardado con

humedad superior al 30 %, son más propensos en el desarrollo de hongos que puede elevar la temperatura hasta 70°C, pudiendo incluso producir la combustión espontánea. Lo cual es inferior a lo encontrado al presente trabajo en secado tradicional que se ha obtenido 47.77 % de contenido de humedad.

Realizando una breve comparación en los secadores solares con el secado tradicional, se demuestra que, en los secadores solares, hay una mayor velocidad de la pérdida de humedad de los forrajes y en menor tiempo posible que al de secado tradicional, lo cual es favorable para aprovechar, el forraje excedente en época de lluvia con el uso de los secadores solares, así obteniendo un forraje de alta calidad nutritiva.

En la tabla 21, nos muestra los resultados obtenidos para factor tiempo de henificación sobre el contenido de porcentaje de humedad de heno, en donde el tiempo de henificación secado por 2 días tuvo mayor contenido de humedad de 36.00±5.56 %, seguido del tiempo de henificación secado por 3 días” con 32.37±4.5 %, los cuales estadísticamente son similares y superiores, diferente al tiempo de henificación secado por 4 días” con 22.17±3.65 %.

Tabla 21. Prueba de comparación de tukey para factor tiempo de henificación sobre el contenido de humedad del heno

Tiempo de henificación	Contenido de humedad (%)	P≤0.05
T1 = Secado por 2 días	36.00±5.56	a
T2 = Secado por 3 días	32.37± 4.5	a
T3 = Secado por 4 días	22.17±3.65	b

Los resultados encontrados en la investigación el tiempo promedio de henificado de 2 días y 3 días son superiores a lo reportado por Chang (2011), que muestra valores de secado de forraje en secador solar con 3 días de 28 % y con 4 días 35.53 %, lo cual indica que a mayor tiempo de permanencia de forraje en los secadores solares, tiende a secarse

demasiado y esto producirá un deterioro en la calidad del heno, si estás llegan a porcentajes muy bajas, habrá una pérdida de hojas, por lo tanto, la digestibilidad de la proteína disminuye.

4.2.2. Contenido de materia seca del heno

La tabla 22, muestra el análisis de varianza para porcentaje de materia seca del heno, en donde se visualiza que para el factor tipo de henificación (H), existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en el porcentaje de materia seca del heno por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), se muestra que existe diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que la materia seca del heno es heterogénea por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre el porcentaje de materia seca del heno. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 3.94 %, nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 22. Análisis de varianza de materia seca del heno

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Ft		
					0.05	0.01	
Tipo de henificación	2	1633.8891	816.944548	160.58	3.55	6.01	**
Tiempo de henificación	2	383.887056	191.943528	37.73	3.55	6.01	**
Tipo de henificación (H) *							
Tiempo de henificación (T)	4	33.652071	8.413018	1.65	2.93	4.58	NS
Error	18	91.57436	5.087464				
Total, corregido	26	2143.00258					
CV = 3.94 %		Media= 38.32					

En la tabla 23, se muestra para la prueba de comparación de medias de tukey para factor tipo de henificación sobre el porcentaje de materia seca del heno, en donde “henificación en secador tipo media agua” tuvo mayor materia seca de 78.92 ± 1.92 %, seguido del tipo de “henificación en secador tipo túnel” con 78.86 ± 1.57 %, son similares

pero diferentes al testigo, superiores al tipo “henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)” con 52.23 ± 3.40 %.

Tabla 23. Prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre materia seca del heno (%)

Tipo de henificación	Materia seca (%)	P ≤ 0.05
H2 = Henificación en secador tipo media agua	78.92 \pm 1.92	a
H3 = Henificación en secador tipo túnel	78.86 \pm 1.57	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	52.23 \pm 3.40	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Chang (2011), reporta valores de 72 % y 68.7 % de materia seca de heno de alfalfa obtenido de un secador solar, cabe indicar estos datos son inferiores a los resultados logrados en la investigación, donde se obtenido mayor contenido de materia seca en los dos secadores solares, mientras en secado en campo no fue favorable por las condiciones climáticas. De igual manera (Robles 2018), reporta el contenido de materia seca de heno de alfalfa de 89.3 % lo cual indica que es superior a esta investigación.

Los resultados logrados en la investigación se encuentran dentro del rango a lo reportado por Cofre y Soto (2001), que mencionan que para obtener el mínimo de pérdidas durante la henificación todas las labores, dentro de lo posible, deberán realizarse con porcentajes máximos de 60 y 85 % de materia seca, también indica que el heno debe alcanzar valores entre 82 - 85 % de materia seca antes de ser enfardado y guardado, para conservar sus cualidades nutritivas y evitar la fermentación.

En la tabla 24, se muestra los resultados para la prueba de comparación de tukey para factor tiempo de henificado sobre, el secado por 4 días, con mayor contenido de mayores de materia seca de 77.83 ± 3.65 %, que muestra con los secados por 3 días 68.18 ± 4.49 %, y secado por 2 días 64.00 ± 5.56 %, respectivamente son similares.

Tabla 24. Prueba de comparación de tukey para factor tiempo de henificación sobre materia seca del heno

Tiempo de henificación	Materia seca (%)	P≤0.05
T3 = Secado por 4 días	77.83±3.65	a
T2 = Secado por 3 días	68.18±4.49	b
T1 = Secado por 2 días	64.00±5.56	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

Los resultados logrados en la investigación son similares a lo investigado por Chang (2011), quien reporta contenido de materia seca dentro del secador solar en 2 días de secado con 47.09 %, para 3 días 72 % y para 4 días 64.47 % de materia seca, indica este último disminuyó el % de MS debido al factor clima, específicamente las lluvias acontecidas el día en mención y la escasa insolación diaria registrada.

Jahn *et al.* (2003), en su trabajo de investigación de velocidad de secado de alfalfa bajo diferentes condiciones de radiación solar y ancho de hilerado. que reporta con un ancho de hilerado de 0.9 m, en el primer día obtuvo un 20 % MS y en el día 2 obtuvo 47 % de MS. Las tasas de secado se incrementan a medida que aumenta el ancho de hilerado y disminuyen con el incremento del nivel de sombreado, con relación a los resultados obtenidos en la investigación son casi similares con el secado en campo que se reporta en 2 días de secado 42.8 % de MS debido a las condiciones meteorológicas que se presentaron en dicho día.

4.2.3. Proteína total

En la tabla 25, se muestra el análisis de varianza para el contenido de porcentaje de proteína total, para el factor tipo de henificación (H), existen diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en el contenido de proteína total por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que existe diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que el contenido de proteína total es heterogénea por los efectos del tiempo; para la

interacción de (H) * (T), de igual forma existe diferencias estadísticas altamente significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma dependiente sobre el contenido de proteína total. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 4.76%, nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 25. Análisis de varianza para de proteína total de heno

F. V	GL	SC	CM	F- Valor	Pr > F
Tipo de henificación (H)	2	60.66526667	30.33263333	31.11	<.0001 **
Tiempo de henificación (T)	2	50.22351667	25.11175833	25.75	<.0001 **
Henificación(H) * (T) tiempo	4	47.86938333	11.96734583	12.27	<.0001 **
Error experimental	18	17.5504500	0.9750250		
Total, corregido	26	176.3086167			
CV = 4.76 %		Media =20.75			

En la tabla 26, se muestra en el análisis de varianza para los efectos simples de la interacción entre henificación y los tiempos, donde se visualiza que para el factor tipo de henificación más el tiempo 2 días no existe diferencias estadísticas significativas. Indicando que no existe diferencia con secado de 2 días; para el factor tipo de henificación más el tiempo de 4 días si existen diferencias significativas; para la interacción de tiempo por henificado en campo se observa que hay diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma dependiente sobre el porcentaje de proteína total; para el factor tiempo por henificado en secador tipo túnel y media agua no existen diferencias significativas los cuales son similares.

Tabla 26. Análisis de varianza de efectos simples de la interacción entre henificación dentro de tiempo, para contenido de proteína total de heno

FV	GL	SC	CM	F-	Pr > F
				Valor	
Henificación dentro de tiempo 2 días (T1)	2	1.487850	0.743925	0.76	0.4808 NS
Henificación dentro de tiempo 3 días (T2)	2	6.244350	3.122175	3.20	0.0646 *
Henificación dentro de tiempo 4 días (T3)	2	100.8025	50.401225	51.69	<.0001 **
Tiempo dentro de henificación en campo (H1)	2	92.92065	46.460325	47.65	<.0001 **
Tiempo dentro de henificación en secador solar tipo media agua (H2)	2	0.542450	0.271225	0.28	0.7604 NS
Tiempo dentro de henificación en secador solar túnel (H3)	2	4.629800	2.314900	2.37	0.1216 NS

En la tabla 27, se muestra la prueba de comparación de medias de diferencia limite significativa (DLS) de los efectos simples de la interacción entre henificación y tiempo para proteína total de heno, donde para el factor tipo de henificación, en secador solar tipo túnel más el tiempo de henificación secado por 3 días tuvo mayor contenido de proteína total de 22.63 ± 0.18 %, seguido de henificación en secador tipo túnel más el tiempo de henificación secado por 2 días con 22.08 ± 0.13 %, y el tipo de henificación, en secador tipo media agua más el tiempo de henificación secado por 3 días con 21.74 ± 0.09 %, los cuales estadísticamente son casi similares y superiores a los demás tratamientos y por último, henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo) más el tiempo de henificación, secado por 4 días con 14.11 ± 0.26 %, esto indica que a mayor tiempo de permanencia del heno para su henificación su contenido de proteína disminuirá.

Tabla 27. Prueba de comparación de medias de DLS de los efectos simples de la interacción entre henificación sobre tiempo para proteína total de heno

Tipo de henificación	Tiempo de henificación	Promedio	Sig.
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	2 días	21.21±1.64	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	3 días	20.59 ±2.42	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	4 días	14.11±0.26	b
H3 = Henificación en secador tipo túnel	3 días	22.63±0.18	a
H2 = Henificado en secador tipo media agua	3 días	21.74±0.09	ab
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	3 días	20.59±2.42	b
H2 = Henificado en secador tipo media agua	4 días	21.47±0.18	a
H3 = Henificación en secador tipo túnel	4 días	20.91±0.27	a
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	4 días	14.11±0.26	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la figura 13, se muestra un incremento en el contenido de proteína total, en relación al tiempo de henificación en 2 días y 3 días de secado son casi similares, esto indica que no hay variación hasta en 3 días de secado, mientras a partir del cuarto día a mas ya tiende a disminuir el contenido de proteína total.

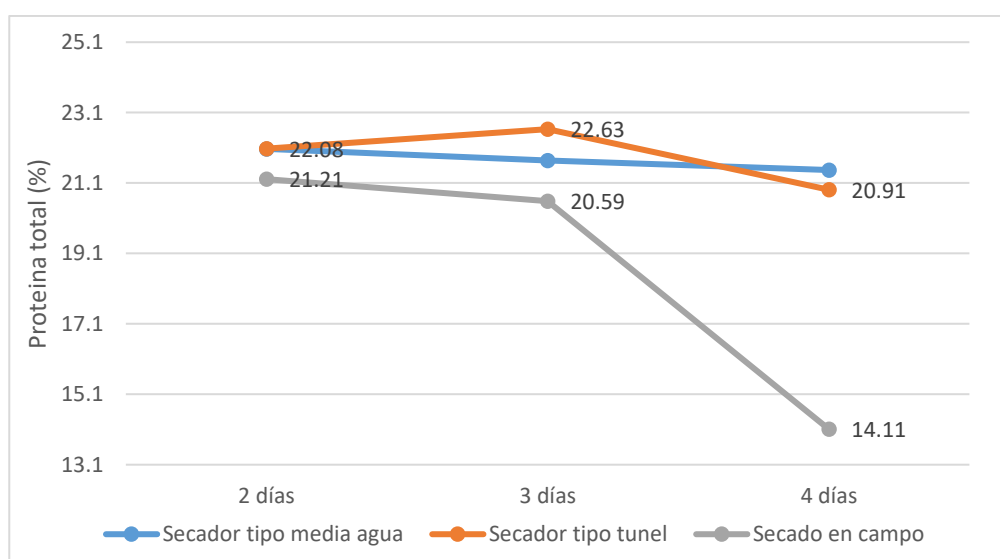


Figura 13. Interacción entre el tipo de henificación sobre tiempo de henificación para proteína total de heno



Los resultados obtenidos en la investigación son superiores a lo investigado por Avendaño *et al.* (2003), al evaluar la composición química de alimentos de heno de alfalfa que reportaron el contenido de proteína total de 18.8%.

De igual manera obtenidos en la investigación con el uso de los secadores solares son similares a los reportado por Chang (2011), señala en su estudio realizado, efecto del uso de un secador solar tipo invernadero para la deshidratación de alfalfa, evaluó la variable del porcentaje de proteína. Indica que el tamaño de partícula de la alfalfa fue reducido manualmente previo a su ingreso al secador solar donde permaneció durante 4 días, donde determino su contenido de proteína de 22.4 % y 25.7 %

Sin embargo también es superior al reporte de Durand (2014), que indica que obtuvo % de proteína de heno de alfalfa asociado con dátilo de 17.40 %, sin embargo, se asemeja con los investigado con el henificado en campo.

Los resultados obtenidos referente al contenido de proteína total del heno obtenido de los secador solar tipo tunel de 22.63 ± 0.18 % y en secador solar media agua con 21.74 ± 0.09 % sin embargo son casi similares a los reportado por Pariona (2018), al evaluar la composición química de forrajes solos y asociados donde muestra el contenido de proteína de heno de alfalfa solo con 24.84 %, pero sin embargo son superiores al reporte de datos de alfalfa+ dátilo de 12.4 %, de igual manera alfalfa+ trébol rojo con 22.12 %, también el autor menciona que la proteína de los forrajes es susceptible a la rápida degradación en el rumen, especialmente la de los forrajes verdes en los cuales se degrada hasta 73 %.

También los resultados encontrados en secadores solares son superiores a lo reportado por choque (2005), señala que, para las condiciones de Puno, la alfalfa variedad Ranger tuvo un contenido promedio total de proteína de 17.0 %.



Sin embargo, los resultados encontrados son superiores al reporte de Belizario (2016), que señala en su estudio realizado de producción de forraje de alfalfa obtuvo resultados de proteína total de 18.44 % y 18.32 % al respecto también son similares a lo reportado por Astrulla (2003), que indica en su estudio de henificado de alfalfa donde encontró 20.9 %, el autor señala que se realizó el corte de forraje antes de la floración, cabe indicar que cuánto más madura este la planta baja su contenido de la proteína y se incrementa su nivel de fibra.

Con respecto a los resultados encontrados en la henificación en secadores solares son superiores a lo reportado por Espinoza y Ramos (2001), manifiestan el contenido de proteína según al corte en el estado de madurez de la planta, el corte realizado en botón floral el contenido es >19 % y al corte en el inicio de floración de 16 a 19 % de igual manera para un 50 % de floración de 13 a 15 %

4.2.4. Fibra detergente neutra

En la tabla 28, se muestra el análisis de varianza para el contenido de fibra detergente neutra, para el factor tipo de henificación (H), se observa que si existe diferencias estadísticas altamente significativo, indicando que son diferentes para los tipos de henificado; para el factor tiempo de henificación (T), se observa que existe diferencias estadísticas significativas, dando a conocer que el contenido de FDN es diferente por los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), si existe diferencias estadísticas altamente significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma dependiente sobre el contenido de FDN. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 4.67 %, nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 28. Análisis de varianza para fibra detergente neutra del heno

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F	
Tipo de henificación (H)	2	191.1124500	95.5562250	48.95	<.0001	**
Tiempo de henificación (T)	2	19.9074500	9.9537250	5.10	0.0176	*
(H) * (T)	4	147.1616500	36.7904125	18.85	<.0001	**
Error	18	35.1379000	1.9521056			
Total, corregido	26	393.3194500				
CV= 4.67 %.		Media = 29.93				

En la tabla 29, se muestra en el análisis de varianza para efectos simples de la interacción entre henificación y tiempos, donde se visualiza que para el factor tipo de henificación (H) dentro del tiempo no existe diferencias estadísticas significativas. Indicando que no existe una variabilidad con secado de dos días; para el factor tipo de henificación más el tiempo de 3 días y 4 días, si existen diferencias significativas; para la interacción de tiempo por henificado en campo se observa que hay diferencias estadísticas altamente significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma dependiente sobre el contenido de FDN; mientras que la interacción tiempo de henificación por tipo de henificado media agua no existe diferencias significativas, es decir actúan de forma independiente y el tiempo por henificado tipo túnel si existe diferencia estadística.

Tabla 29. Análisis de varianza de efectos simples de la interacción entre henificación dentro de tiempo, para fibra detergente neutro del heno

FV	GL	SC	CM	F- Valor	Pr > F	
Henificación dentro tiempo 2 días (T1)	2	9.711800	4.855900	2.49	0.1112	NS
Henificación dentro tiempo 3 días (T2)	2	45.765450	22.882725	11.72	0.0005	*
Henificación dentro tiempo 4 días (T3)	2	282.796850	141.398425	72.43	<.0001	**
Tiempo dentro de henificación en campo (H1)	2	147.581450	73.790725	37.80	<.0001	**
Tiempo dentro de henificación en secador tipo media agua (H2)	2	3.585050	1.792525	0.92	0.4171	NS
Tiempo dentro de henificación en secador túnel (H3)	2	15.902600	7.951300	4.07	0.0347	*

En la tabla 30, se muestra la prueba de comparación de medias de diferencia limite significativa (DLS) de los efectos simples de la interacción entre henificación sobre tiempo en el contenido de FDN, donde para el factor tipo de “henificación tradicional al aire libre en hileras (Testigo) sobre el tiempo de henificación, secado por 4 días” tuvo mayor contenido de fibra detergente neutra de 39.03 ± 0.43 %, y “secado por 3 días” 32.73 ± 1.70 % el cual estadísticamente son superiores a los demás tratamientos; como al “henificado en secador tipo túnel con 3 días de secado de 27.55 ± 0.12 %” por último se ubica práctica de henificación en secador tipo media agua más el tiempo de henificación secado por 4 días” con 26.93 ± 0.00 %.

Tabla 30. Prueba de comparación de medias de DLS de los efectos simples de la interacción entre henificación sobre tiempo para fibra detergente neutra

Tipo de Henificación	Tiempo de henificación	Promedio	Sig
H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	2 días	29.25 ± 1.50	a
H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras	3 días	32.73 ± 1.70	b
H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras	4 días	39.03 ± 0.43	c
H3= Henificación en secador tipo túnel	2 días	30.28 ± 0.61	a
H3= Henificación en secador tipo túnel	3 días	27.55 ± 0.12	b
H3= Henificación en secador tipo túnel	4 días	27.365 ± 0.30	b
H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras	3 días	32.73 ± 1.70	a
H2= Henificación en secador tipo media agua	3 días	28.47 ± 0.20	b
H3= Henificación en secador tipo túnel	3 días	27.55 ± 0.12	b
H1= Henificado tradicional al aire libre en hileras	4 días	39.03 ± 0.43	a
H3= Henificación en secador tipo túnel	4 días	27.365 ± 0.30	b
H2= Henificación en secador tipo media agua	4 días	26.93 ± 0.00	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la figura 14, se muestra los resultados del análisis de FDN, en heno de alfalfa-dactilo obtenidos de secador tipo túnel y secador tipo media agua con un tiempo de secado de 4 días menor contenido de FDN de 27.365 ± 0.30 % y 26.93 ± 0.00 %, diferentes al henificado tradicional en campo con 4 días de secado que se obtuvo con alto contenido de FDN de 39.03 ± 0.43 %.

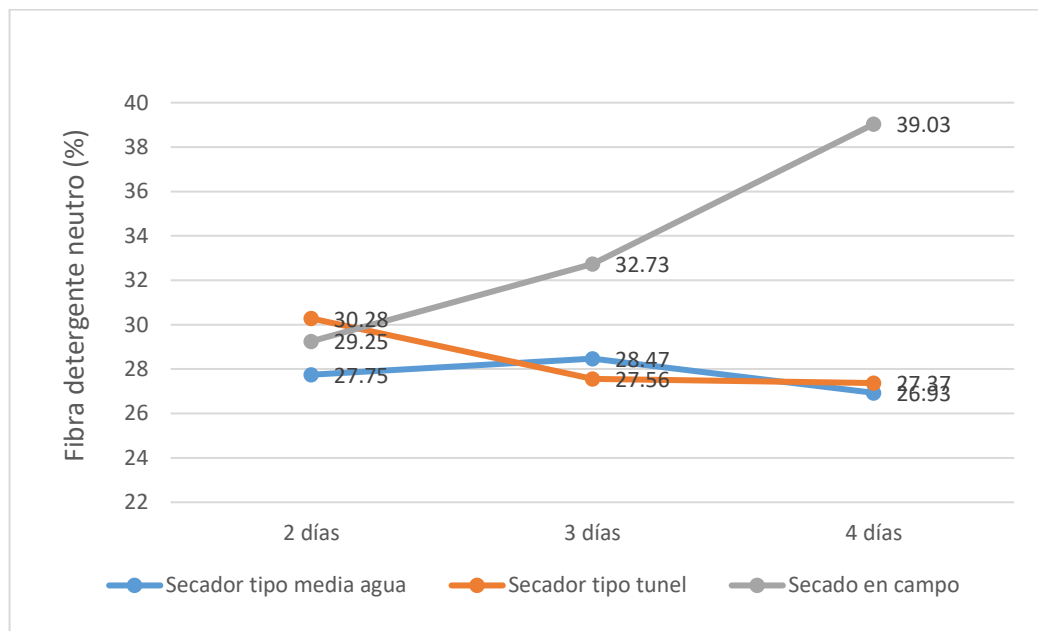


Figura 14. Interacción entre el tipo de henificación sobre tiempo de henificación para FDN del heno

Los resultados logrados en la investigación henificado en los secadores solares son inferiores a los resultados reportados por Durand (2014), que indica en su investigación encontró resultados del heno de alfalfa asociado con dactilo con 34.94 % de FDN, esto se asemeja con el resultado obtenido en secado tradicional. También determinó el contenido de FDN en el heno de alfalfa + dactilo + trébol rojo, mostraron los valores más bajos de fibra detergente neutro con 32.93 %. estos últimos resultados encontrados por el autor, se asemejan a nuestro trabajo de investigación al tipo de henificado en campo con 3 días de secado.

Chavez (2010), reporta en su trabajo de investigación para almacenamiento y preservación de pacas de heno bajo condiciones naturales para la disponibilidad de



alimento para el ganado, registro contenido de fibra en heno de alfalfa con 39.80 ± 0.09 % y para materia verde de alfalfa en base seco y 28.68 %, estos valores se debieron probablemente a la mayor proporción de tallos y ligera disminución de hojas en alfalfa.

Los resultados logrados en la investigación también son similares a los datos reportados por Robles (2018), en su trabajo de investigación obtuvo FDN de heno de alfalfa de 27.80 %, en la investigación realizada se obtuvo en los secadores solares tipo túnel con 3 días de secado con un promedio de 27.55 ± 0.0 %, se asevera que menor contenido de fibra en el forraje tendrá mayor contenido % de proteína aprovechables por el animal.

También los resultados obtenidos en la investigación son inferiores a lo reportado por Torres (2013), donde obtuvo mayor contenido de FDN en heno de alfalfa las variedades WL-350 y tipo Ranger, respectivamente, con un contenido total de 37.0 % y 35.3 %, así mismo es similar al reporte de Hirsch *et al.* (1992), en las tablas de composición de alimentos para ganado, quienes reportan para heno de alfalfa con rango de 23.3 % a 36.7 %, también para heno de dactilo de 29.2%.

Al respecto a los resultados encontrados en el presente trabajo también son inferiores a lo investigado por Vásquez, et al (2010), al evaluar el rendimiento y el valor nutritivo de forraje de alfalfa reportan que contiene 33.81 % de fibra detergente neutro. Pero, algunos reportes señalan valores altos como el de Romero, et al (1998), que evaluaron la calidad forrajera de la alfalfa determinando que el contenido de Fibra detergente neutro es 58.70 %

De igual manera los resultados obtenidos referente al contenido de FDN del heno obtenido de los secador solar tipo tunel de 27.55 ± 0.12 % y en secador solar media agua con 26.93 ± 0.00 % sin embargo son inferiores a los reportado por Pariona (2018), al



evaluar la composición química de forrajes solos y asociados donde muestra el contenido de FDN de alfalfa solo con 38.02 % pero sin embargo son superiores al reporte de datos de alfalfa+ dátilo de 52.14 y alfalfa+ trébol rojo con 37.1%.

Palladino *et al.* (2006), indica que la fibra es importante no sólo como precursora de la grasa de la leche, sino que de ella depende en gran medida el normal funcionamiento del rumen., el consumo de fibra responde principalmente a la capacidad física digestiva del animal, a la composición química de los forrajes y a la demanda de energía de los animales. afirma que la fibra detergente neutro es digerible por cualquier especie animal, pero, puede ser utilizada en mayor grado por animales como los rumiantes los cuales dependen de la digestión microbiana para aprovechar la mayoría de los componentes fibrosos de los vegetales.

Con respecto a los resultados encontrados en el trabajo henificado en secadores solares son inferiores a lo reportado por Espinoza y Ramos (2001), manifiestan el contenido de FDN según al corte en estado de madurez de la planta, en inicio de botón floral el contenido es <40 % y al corte en el inicio de floración de 40 a 45 % de igual manera para un 50 % de floración de 46 a 60 %.

4.2.5. Ceniza

En la tabla 31, se muestra en el análisis de varianza para porcentaje de ceniza , para el factor tipo de henificación (H), no existe diferencias estadísticas significativas, en el contenido de ceniza por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), si existe diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que el contenido de ceniza es diferente para los efectos del tiempo; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose

que los factores actúan de forma independiente sobre el contenido de ceniza. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 6.85 %, datos evaluados son confiables.

Los datos de porcentaje de ceniza (%), no cumplieron los supuestos de la normalidad y homogeneidad de varianzas, se analizaron por medio del análisis de varianza no paramétrico con pruebas de Kruscall Wallis.

Tabla 31. Análisis de varianza para contenido de ceniza de heno de alfalfa-dactilo

F. V	G. L	S.C	C.M	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación (H)	2	18	0.2	0.1	0.9044	0.9049	NS
Tiempo de henificación (T)	2	18	10.97	5.48	0.0042	0.0138	**
(H) * (T)	4	18	7.18	1.8	0.1266	0.1738	NS
CV= 6.85 %			Media= 7.19				

De acuerdo a los datos obtenidos (Tabla 32), donde se muestra para factor tiempo de henificación sobre el porcentaje de ceniza, en donde el tiempo de henificación secado por 2 días tuvo de 7.09 ± 0.11 % y 3 días de 7.60 ± 0.14 % los cuales estadísticamente son casi similares pero diferentes al tiempo de secado de 4 días con 6.90 ± 0.16 %.

Tabla 32. Prueba de tukey para factor tiempo de henificación sobre contenido ceniza en el heno

Tiempo de henificación	Contenido de ceniza (%)	P≤0.05
T1 = Secado por 2 días	7.09 ± 0.11	a
T2 = Secado por 3 días	7.60 ± 0.14	a
T3 = Secado por 4 días	6.90 ± 0.16	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados logrados en la investigación de henificado en secadores solares se aproximan a lo investigado por Chavez (2010), al evaluar la composición química de heno de alfalfa, para determinar parámetros ideales para el almacenamiento y preservación de pacas de heno. con 7.01 ± 0.02 %, 8.69 ± 0.03 %, de ceniza, de igual manera la composición química de forraje verde de alfalfa en base seca, presento con 10.01 %,



de ceniza, lo cual este último es superior a lo investigado en nuestro trabajo por razones de ser forraje verde.

Así mismo son inferiores los resultados encontrados en el estudio al reporte de Robles (2018), menciona en su estudio de análisis químico de heno de alfalfa con contenido de ceniza de 8.12 % también para pasto natural con 3.49 %.

4.2.6. Energía metabolizable

En la tabla 33, se muestra el análisis de varianza para el contenido de energía metabolizable, para el factor tipo de henificación (H), si existe diferencias estadísticas altamente significativo en el contenido de energía metabolizable por los efectos del tipo de henificación; para el factor tiempo de henificación (T), no existe diferencias estadísticas significativas, dando a conocer que el contenido de energía metabolizable es igual para los efectos del tiempo, esto nos indica que a más días de secado no habrá efectos significativos; para la interacción de (H) * (T), no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre el contenido de ceniza . Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 2.26 %, nos indica que los datos evaluados son confiables.

Los datos de energía metabolizable Mcal/kg, no cumplieron los supuestos de la normalidad y homogeneidad de varianzas se analizaron por medio del análisis de varianza no paramétrico con pruebas de Kruscall Wallis.

Tabla 33. Análisis de varianza para el contenido de energía metabolizable Mcal/kg MS del heno alfalfa - dactilo

F. V	G. L	S.C	C.M	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación (H)	2	18	9.92	4.96	0.007	0.0192	**
Tiempo de henificación (T)	2	18	4.14	2.07	0.1263	0.1553	NS
(H) * (T)	4	18	3.13	0.78	0.5362	0.5511	NS
CV= 2.26 %	Media= 2.47						

En la tabla 34, se muestra la prueba de comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre sobre la energía metabolizable de heno, en donde el tipo de henificación tradicional al aire libre en hileras (Testigo) tuvo mayor contenido de energía metabolizable con 2.50 ± 0.02 Mcal/kg MS, el cual estadísticamente es superior al tipo henificación en secador tipo media agua con 2.42 ± 0.002 Mcal/kg MS y a al tipo de henificación en secador tipo túnel, con 2.48 ± 0.01 Mcal/kg MS.

Tabla 34. Prueba comparación de tukey para factor tipo de henificación sobre contenido de energía metabolizable Mcal/kg MS.

Tipo de henificación	Energía metabolizable Mcal/kg MS	P≤0.05
H1 = Henificado tradicional al aire libre en hileras (Testigo)	2.50 ± 0.02	a
H3 = Henificación en secador tipo túnel	2.48 ± 0.01	ab
H2 = Henificación en secador tipo media agua	2.42 ± 0.002	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los resultados sobre el contenido de energía metabolizable logrados en la investigación son similares con lo reportado por Marin (2019), que indica para heno de alfalfa, obtuvo 2.50 Mcal/kg MS, lo cual esto es similar a lo encontrado en nuestro trabajo en el henificado tradicional en hileras, la variedad moapa obtuvo 2.74 Mcal/kg MS, y para la variedad de cuf 101 con 2.80 Mcal/kg MS. De igual manera los resultados obtenidos en la investigación concuerdan a los reportes por Hirsch *et al.* (1992), que



indican en la tabla de composición de alimentos para heno de alfalfa con 2.42 ± 0.05 Mcal/kg MS, 2.26 ± 0.02 Mcal/kg MS y con 2.13 ± 0.04 Mcal/kg MS. Sin embargo, son inferiores al reporte de Tablada (2002), que obtuvo en promedio 2.52 Mcal/kg de MS., para las variedades de alfalfa moapa, cuf, debido a que indica que fueron abonadas después de cada corte.

Cofre (2010), indica que los cortes realizados en estados fenológicos tempranos permiten la obtención de heno con alto energía metabolizable Mcal, señala que encontró en estado de crecimiento pre botón con 2.49 Mcal/kg MS, en botón con 2.36 Mcal/kg MS, 10% floración con 2.22 Mcal/kg MS, 50 % floración con 2.13 Mcal/kg MS y en 100% de floración con 2.00 Mcal/kg MS.

Los resultados logrados en la investigación son superiores al reporte de Avendaño *et al.* (2003), en su investigación mencionan que obtuvieron energía metabolizable de heno de alfalfa con 2.28 Mcal/ kg MS.

De igual manera los resultados obtenidos en la investigación son superiores a lo reportado por Gorosito (2021), menciona en sus datos de análisis orientativos de energía metabolizable de heno de alfalfa con 2.35 Mcal /kg MS y 2.24 Mcal/kg MS, esto debido a que el corte se realizó en la etapa de botón o antes de la floración. Respectivamente (Fernandez, 2002), menciona para heno de alfalfa, energía metabolizable de 2.10 Mcal/kg MS, lo cual es inferior a los resultados obtenidos en los tres tipos de secado.



4.3. RENTABILIDAD ECONOMICA, BENEFICIO/COSTO POR TIPOS DE HENIFICACIÓN

4.3.1. Costos de producción de tres tipos de secado para su henificación

a) Costo total

Los costos de la presente investigación en un inicio se calcularon en base a la investigación, para los tres tipos de secado de forraje para su henificación de alfalfa-dactilo los cuales se emplearon el secador solar tipo media agua, secador solar tipo túnel y secado tradicional en campo en hileras que se muestra en los anexos en las tablas 49, 51 y 53. Se estimaron en función a los costos directos e indirectos, se muestra en la tabla 35, y para los costos de la construcción de secadores solares se estimó según al uso de la infraestructura en el tiempo, donde se estimó un periodo de vida útil de los secadores para 6 años, se muestra el costo total para cada tipo henificado donde el mayor costo se da en tipo de henificado en secador solar tipo media agua con S/.2507.414, seguido tipo de henificado en secador tipo túnel con S/. 2332.01 y el henificado tradicional en hileras con S/.1366.7.

b) Ingreso total o bruto

En la tabla 35, se muestra el ingreso total o bruto se determinó por la venta de pacas obtenidas de los tipos de secado por el cual se ha determinado el precio según el peso de la paca de heno de alfalfa y considerando su alto valor nutritivo, por ello se muestra el ingreso total por obtención de numero de pacas por día y por meses en el tipo de henificado en secador media agua y secador tipo túnel con S/. 4200, se demuestra que no existe variación mientras que en el henificado tradicional en hileras con S/. 1800.

c) Relación beneficio/costo y rentabilidad económica

En la tabla 35, se muestra la mayor rentabilidad donde se obtuvo en el tipo de henificación en secador solar tipo túnel (H3) con 80.10 % seguido del secador solar media agua (H2) con un índice de rentabilidad de 67.50 %, y por último se muestra henificado tradicional en hileras (H1) con 31.70 %.

En relación al beneficio/costo de los tipos de henificación, donde el mayor beneficio/costo fue en la henificación en secador solar tipo túnel con S/.1.80 seguido en la henificación en secador solar media agua con S/. 1.68 y por último el henificado tradicional en hileras en campo (H1) con S/. 1.32 es decir, indica que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de S/. 0.80, 0.68 y 0.32.

Tabla 35. Análisis económico de producción de heno de alfalfa/dactilo

Indicadores	Henificación en secador solar media agua (H2)	Henificación en secador solar tipo túnel (H3)	Henificado tradicional (H1)
Producción total			
Costo total (S/.)	2507.414	2332.01	1366.7
Ingreso bruto (S/.)	4200	4200	1800
Ingreso neto(S/.)	1692.586	1867.995	433.3
Rentabilidad (%)	67.50	80.10	31.70
Beneficio/ costo (S/.)	1.68	1.80	1.32

Para el ganadero y pequeños agricultores, el secado de forraje mediante sistemas de secadores solares directos es viable, permite una reducción de tiempo de secado, para las condiciones del altiplano puneño y la zona alto andina del Perú.

Permitirá maximizar los ingresos de los ganaderos de esta manera, por lo tanto, debe comprender sobre la conservación y henificación los pastos cultivados de lograr un secado lo más rápido posible en temporadas de lluvia que depende de los factores climáticos. Para los secadores solares se estimó una vida útil de la estructura para 6 años



y los costos de inversión en materiales (infraestructura, plástico, policarbonato). En el análisis se depreció anualmente la infraestructura, materiales plásticos y policarbonato.



V. CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que la temperatura promedio más alta registrada, fue dentro del secador (H3) con $26.00 \pm 2.13^{\circ}\text{C}$., y la temperatura promedio más baja registrada fuera de los secadores solares con $16.68 \pm 0.99^{\circ}\text{C}$. La calidad organoléptica de los henos obtenidos en los secadores (H2) y (H3) con un tiempo de henificado de 2, 3 y 4 días tuvieron una calidad de excelente a bueno por presentar heno con color verde intenso, olor agradable, hojas enteras y en (H1) tuvieron una calidad de bueno a regular, olor poco agradable y pocas hojas.
- Los resultados muestran con menor contenido de humedad en el heno en henificado (H3) con $21.14 \pm 1.57\%$., y en el henificado (H1) con alto contenido de humedad con $47.77 \pm 3.40\%$. El contenido de proteína total más alto fue en el henificado (H3) con 3 días de secado de $22.63 \pm 0.18\%$, y con menor contenido en el henificado (H1) con 4 días de $14.11 \pm 0.26\%$. El contenido de FDN más alto en henificado (H1) con 4 días de secado de $39.03 \pm 0.43\%$ y con menor contenido en el henificado (H2) con 4 días de $26.93 \pm 0.00\%$. Con relación a la EM más alto en el henificado (H1) con 2.50 ± 0.02 Mcal/kg superior al henificado (H2) y (H3) con 2.48 ± 0.01 y 2.42 ± 0 Mcal/kg.
- Así mismo realizando el análisis de la rentabilidad económica para los tres tipos de henificación, se ha obtenido mayores resultados para el tipo de henificación en secador solar tipo túnel (T3) con 80.10% con un B/C de S/. 1.80 seguido del secador solar media agua (T2) con 67.50% con un B/C de S/. 1.68 y por último henificado tradicional (H1) con 31.70% con un B/C de S/. 1.32., respectivamente, es decir que indica que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de S/. 0.80, 0.68 y 0.32.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con el uso de materiales locales que se puedan utilizar para la construcción de secadores solares que permitan disminuir el costo.
- Realizar investigaciones con el fin de determinar los niveles de temperatura, humedad relativa, flujo de aire, recomendables para optimizar los métodos de conservación de forrajes.
- Para incrementar la rentabilidad, es necesario reutilizar los secadores solares o destinarlas para actividades de secado diferentes a los forrajes.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argote, Q. G. (2004). *cultivo de alfalfa, Instalacion, produccion y manejo*. Puno: Boletin N° 01. INIA. Estacion Experimental Illpa.
- Astrulla, S. (2003). *Digestibilidad aparente in vivo de recursos forrajeros*. Puno: Tesis Pre grado Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Avendaño, J., Fernandez, F., Ovalle, C., y Blu, f. L. (2003). *Ovinos alimentados con raciones que incluyen tagasaste (Chamaecytisus proliferus subsp.palmensis) en reemplazo de heno de alfalfa. II. Digestibilidad y consumo de nutrientes*. Cauquenes, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental Cauquenes, Casilla.
- Bayona, R. C. (2011). *Modelamiento matematico de un secador solar de plantas aromaticas*. Bogota-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingenieria.
- Belizario, R. E. (2016). *Efecto de la frecuencia y altura de corte en la producción de Alfalfa (Medicago Sativa L.) en dos tipos de suelo*. Coata - Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Ingenieria Agronomica. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3966>
- Besora, M. (2017). *Secador solar de cafe*. Cajamarca. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-técnico-secador-solar-de-café.pdf>
- Blazer, R. (1986). *Sistema de forrajes*. Argentina: Inta.
- Bobadilla, S. (2003). *Produccion de heno de alfalfa (en linea)*. Obtenido de http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/29-heno_de_alfalfa.pdf. [consulta: 16 octubre de 2019]
- Bravo, C. M. (2002). *Los costos en sintesis*. Lima, Peru: San Marcos.
- Callejo, R. A., y Diaz, B. V. (2004). *El Proceso de henificado*. Obtenido de http://oa.upm.es/34353/1/INVE_MEM_2004_186667.pdf
- Cañas, C. (1998). *Alimentación y Nutrición Animal . .* Santiago, Chile.: Facultad de Agronomia. Universidad Católica de Chile.
- Caritas del Perú. (2011). *Alfalfa alto andina W-350. Desarrollo ganadero en zonas altoandinas con la introduccion del cultivo de alfalfa dormante de secano*. Puno-Peru: Caritas del Peru.
- Castellon, I. J., y Espinoza, V. W. (2009). *Validación del uso de un secador Solar de Café en pergamino en fincas de pequeños productores del municipio de San Rafael del Norte*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería UNI-NORTE.
- Cattani, P. (2 de Setiembre de 2021). *Sistemas de conservacion de alfalfa*. Obtenido de Info agro: <https://www.todoalfalfa.com.ar/henificacion-es-imprescindible-ser-mas-eficiente/>



- Chang, J. A. (2011). *Efecto del uso de Secador Solar tipo Invernadero para la Deshidratacion de Alfalfa (Medicago sativa L. Var zaino)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Chaverri, D., y Moya, R. (2008). *Temperatura y humedad relativa en un secador uniciencia*.
- Chavez, V. M. (2010). *Definicion de parametros ideales para el almacenamiento y preservacion de pacas de heno bajo condiciones naturales para la disponibilidad de un buen alimento para el ganado*. Quito: Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Ingenieria Quimica y Agroindustria.
- Choque, L. J. (2005). *Produccion y Manejo de Especies Forrajeras*. Puno: UNA-PUNO.
- Cifuentes, A. (1998). *Uso de desecantes en forrajes de alta calidad*. Santiago, Chile.: Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.
- Cofre, B. P., y Soto, O. P. (2001). *Henificacion de Alfalfa*. Chillan, Chile: Instituto de investigaciones Agropecuarias, Boletin INIA N°51.
- Cofre, L. I. (2010). *Heno de Alfalfa en produccion de leche*. Chile - Quillamapu: INIA.
- Delgado Enguita, I. (1998). *La alfalfa, estudio comparatiivo de variedades comercializadas*. España: Semillas y cultivos.
- Durand, A. M. (2014). *Comportamiento Productivo de Alfalfa (Medicago sativa l.) en cultivo puro y asociado con gramineas forrajeras en el Cip - Camacani*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Ingenieria Agronomica. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2054>
- Espinoza, C., y Ramos, G. (2001). *El cultivo de alfalfa y su tecnologia de manejo: Folleto N° 22 para productores, aguas calientes e INIFAP*. Folleto N° 22 para productores, aguas calientes e INIFAP.
- FEDNA. (16 de octubre de 2016). *Introduccion a los forrajes*. Obtenido de Fundacion fedna: <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/introduccion%20a%20los%20forrajes> (Consulta:16 de octubre)
- Fernandez, H. (2002). *Composicion de alimentos para rumiantes*. Rafaela, Argentina: Estacion Experimental Agraria INTA.
- Florez, A. y. (1987). *Manejo de praderas nativas y pasturas en la region altoandina del Peru*. Peru: ABRIL S.A Editoriales e Impresiones.
- Gorosito, R. (2020). *Pannar Produccion animal, Tabla de Composicion de alimentos y requerimientos Nutricionales de novillos de engorde*. Obtenido de Pannar Produccion animal, la de composicion de alimentos y requerimientos Nutricionales de novillos de engorde: http://www.pannar.com.ar/downloads/tabla_novillos.pdf?fbclid=IwAR2gjKZzLz_LGfwU8tAAfphJDxM6YT5RzLDhQcS3WzxPLzSBdmgN8U2OfmM



- Gutierrez, G. (2002). *Evaluacion del potencial de las energias pasivas para el secado de ropa*. Recuperado el 12 de agosto de 2008, de digeset: digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Guadalupe%20Gutierrez%20Santana.pdf –
- Hirsch, R. P., González, F., Bas, F., Fernando, S., Medina, J., y Soto, s. (1992). *Tablas de composicion de composicion de alimentos para ganados en zonas centro y centro sur de chile*. Pontificia Univerisidad Catolica de chile. Santiago: Fundación Fondo de investigacion agropecuaria, Ministerio de Agricultura, Pontificia Univerisidad Catolica de Chile.
- Jahn, E., Soto, P., Cofré, P., y Sasmay, R. (2003). Velocidad de secado de alfalfa bajo diferentes condiciones de radiación solar y ancho de hilerado. . *Agricultura Técnica*, 63(1), 30-37.
- Maocho, F. (4 de Octubre de 2009). *Energias Renovables*. Obtenido de energias Renovables: <http://www.energiasrenovables.gov.ar/images/secador-solar> Fecha de visita 4/10, 13.
- Marin, S. M. (2019). *Rendimiento y composición química de cuatro variedades de alfalfa (Medicago sativa)*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de ciencias Veterinarias.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, y Sinclair, C. (2010). *Nutricion animal*. New York. : Seventh Edition. Longman .
- Miranda, c. F., y Cahuana, A. (2003). *Manual para instalacion de pasto cultivado en la zona alto andina*. Peru: CARE- PERU.
- Miranda, C. F., y Terrones, H. J. (2002). *Conservacion de pastos y forrajes cultivados en el altiplano*. Lima: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA - INIA DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION AGRARIA.
- Monica, y Rebuffo. (2005). *Programa Nacional de Plantas Forrajeras*. Mexico: Revista INIA - N° 5., ALFALFA: Principios de manejo del pastoreo.
- Montgomery, D. C. (2008). *Design and Analysis of experiments* (octava edicion ed.). Arizona State University: This book is printed on acid-free paper.
- Montoya, J. A., y Orozco, C. A. (2005). Secado solar y convencional de la Guauda angustifolia. *Scientia et Technica*, 1(27).
- Mujica, S. A. (2004). *Costos de produccion*. Puno: folleto de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA-PUNO.
- Mujica, S. A., y Ponce, R. (2005). *Costos de produccion*. Puno: Folleto de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA.
- Nestares, P. A. (2014). *Tecnicas de conservacion de forraje para la alimentacion animal*. Lima: Instituto Nacional deInnovacion Agraria - INIA.
- Novoa, P., y Horn, M. (2010). *Matriz energetica en el peru y energias renovables*. Lima-Peru.



- Palladino, A., Wawrzkievicz, M., y Bargo, F. (2006). *La fibra*. Argentina: Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, UBA.. Argentina. Consultado el día 01/20/2021, a horas 20:10 p.m.; disponible en: https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf
- Pantaleon, C. A., y Gonzales, C. P. (2016). *Instalacion y manejo de la alfalfa en zonas altoandinas*. (Primera ed.). Lima: Caritas del Peru.
- Pariona, G. J. (2018). *Composicion quimica y cinetica de la degradabilidad rumial de forrajes y concentrados en bovinos*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingenieria.
- Passamai, V. J., Passamai, M., Andolfi, F., Passamai, T. M., y Di Fonzo, M. (2004). Secador invernadero solar en Cachi, Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8.
- Pezo Quevedo, D. A., Villeda, R., y Nájera, K. S. (2012). *Cómo preparar henos de buena calidad en forma artesanal*. Costa Rica: CATIE, Turrialba .
- Principe, O. (2008). *Manual de produccion de pastos de la sierra. " fortalecimiento de la cadena productiva de leche del distrito de cusca, provincia de corongo"*. Peru: centro de estudios para el desarrollo y participacion.
- Quintanar, O. J., y Roa, D. R. (2017). Evaluación térmica y financiera del proceso de secado de grano de cafe en secador solar tipo invernadero. *Revista mexicana de ciencias agricolas*, 8(2), 321-331. Obtenido de fecha de Consulta 20 de Diciembre de 2019]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263150548006>
- Reyes, C. P. (2003). *Diseño de experimentos aplicados: Agronomia, Biologia, Quimica, Industrias, Ciencias Sociales, Ciencias de la salud* (Tercera Edicion ed.). Mexico: Trillas.
- Roa, C. A. (2011). *Modelamiento matematico de un secador solar de plantas aromaticas*. colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/6219/1/Camiloandresbayonaroa.2011.pdf>
- Robles, d. I. (2018). *Respuesta productiva y rendimiento de carcasa de llamas (lama glama) dientes de leche sometida a engorde, cuatro tipos de alimentacion*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, escuela de posgrado.
- Rodriguez, S. (1989). *Fertilizantes, Nutricion Vegetal*. Mexico: S.A Mexico, D.F.
- Romero, A. (1995). *Manejo y utilizacion de la alfalfa. La Alfalfa en la Argentina*. Buenos aires, Argentina: Inta Cuyo.
- Romero, J. N., y INTA. (1995). *Conservacion del forraje de alfalfa*. argentina: cuyo; INTA CR.
- Sanchez, C. (2004). *Cultivo y produccion de Pastos, Forrajes y Alfalfa*. Lima: Ripalde.



- Sanchez, G. G., y Morales, M. E. (2015). *Diseño y construcción de un horno hidrico secador de muestras de pennisetum clandestinum con capacidad de 10 kg para el D.E.C.E.M.* Sangolqui, Ecuador: Universidad de las fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Ingenieria y Mecanica.
- Sancho, A. F., Bourrillón, A. R., y Jones, R. W. (2007). *VALOR NUTRITIVO DEL HENO DE MANÍ FORRAJERO DESHIDRATADO EN UN SECADOR SOLAR.* Costa Rica: Universidad de costa rica.
- SENAMHI, (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2019. *condiciones climaticas (datos meteorologicos).* Puno.
- Solano, L. M. (2006). *Botanica sistematica.* puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Soto, P. (1996). *Especies forrajeras mejoradas.* Santiago, Chile, Chile: Instituto de Investigacion Agropecuaria - INIA. Ministerio de Agricultura.
- Suaña, V. G. (2017). *“ENSILADO DE AVENA (Avena sativa) CON ADICIÓN DE UREA Y NITROSHURE EN TRES NIVELES EN BOLSAS DE POLIETILENO EN PUNO.* Puno: Facultad de ciencias Agrarias, Ingenieria Agronomica, Universidad Nacional del altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6684>
- Tablada, A. s. (2002). *Aporte nutricional de una pradera de alfalfa a diferentes frecuencias de pastoreo con borregos.* Montecillo, Texcoco, Edo de Mexico: Tesis de Maestria en Ciencias, Colegio de Postgraduados.
- Torres, R. (2013). *Produccion de materia seca con la aplicacion deabono foliar MANVERTPK en dos pasturas de alfalfa en el centro poblado de Canchi Grande - Caracoto.* Puno: Universidad Naacional del Altiplano.
- Torres, R. A., Suárez, R. J., y Bergues, R. C. (18 de Marzo de 2011). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR TIPO GABINETE PARA EL SECADO DE HOLLEJO DE NARANJA. Asades, Energias Renovables y Medio Ambiente, 4.*
- Vázquez, T., Arnéz Camacho, S., Fernández, M., y Dios, F. J. (1997). *Manual del secado solar tecnico de alimentos.* Cochabamba: ENERGETICA FAKT.
- Yzarra, T. W. (2012). *Manual de observaciones fenologicas. Ministerio de Agricultura. Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia.* Lima: Edimag. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

ANEXOS

Tabla 36. Temperatura de los tipos y tiempo de henificación

HORA	día 2		día 3		día 4		Promedio (T°c)						
	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)		
Secador solar tipo media agua	8:00 a. m.	22.1	18.3	28.1	21.5	26.2	23.50	21.80	20.65	19.50	20.2	25.26	21.26
	13:00 pm	35.8	24	32.2	40.8	35.5	30.50	27.50	35.9	44.30	29.9	36.16	34.55
	16:00 pm	27.1	15.5	14.6	16.4	20.3	24.10	21.3	22.6	22.00	21.3	17.1	22.5
Secador solar tipo túnel	día 2		día 3		día 4		Promedio (T°c)						
	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)
	8:00 a. m.	26.4	17.9	27.2	24.0	27.0	27.10	22.50	23.9	25.30	22.15	26.06	24.7
	13:00 pm	32.6	25.6	38.3	38.2	33.0	30.20	28.10	35.65	43.20	29.1	36.5	34.28
	16:00 pm	21.4	15.6	14.1	17.2	21.1	22.10	21.4	23.7	22.80	18.5	17.46	22.5
Medio ambiente	día 2		día 3		día 4		Promedio (T°c)						
	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)	T (°c)
	8:00 a. m.	15.6	13.2	9.3	13.4	16.5	17.20	17.10	16.5	14.4	14.4	13.06	16.3
	13:00 pm	20.3	19.4	14.0	20.5	21.0	21.20	23.00	25	17.50	19.85	18.5	21.67
	16:00 pm	17.6	14.3	11.4	13.0	15.0	19.00	20	15	15.00	15.95	13.13	17.25

Tabla 37. Contenido de humedad de heno alfalfa- dactilo en los 3 tipos henificación en secadores solares

REP	Secador tipo media agua				Secador tipo túnel				Henificado tradicional			
	2 días	3 días	4 días		2 días	3 días	4 días		2 días	3 días	4 días	
I	24.99	20.71	13.33		27.88	25.65	15.18		54.83	55.35	39.75	
II	28.44	33.63	12.57		20.58	24.66	16.83		61.76	41.78	33.13	
III	23.87	20.37	16.72		24.50	19.52	15.48		57.16	49.62	36.57	
Suma	77.30	74.71	42.62		72.97	69.83	47.50		173.75	146.75	109.45	
Prom	25.77	24.90	14.21		24.32	23.28	15.83		57.92	48.92	36.48	
Des Est	2.38	7.56	2.21		3.65	3.29	0.88		3.53	6.81	3.31	
CV (%)	9.25	30.35	15.56		15.03	14.12	5.55		6.09	13.92	9.08	

Tabla 38. Resumen del contenido de proteína total de heno de alfalfa - dactilo en tres tipos de henificación

REP	Secador tipo media agua (%)			Secador tipo túnel (%)			Henificado en Campo (%)		
	2 días	3 días	4 días	2 días	3 días	4 días	2 días	3 días	4 días
I	21.98	21.65	21.29	21.95	22.45	20.64	19.57	18.17	14.36
II	22.16	21.82	21.65	22.2	22.8	21.17	22.85	23.01	13.85
III	22.07	21.735	21.47	22.075	22.625	20.91	21.21	20.59	14.105
Suma	66.21	65.205	64.41	66.225	67.875	62.715	63.63	61.77	42.315
Promedio	22.07	21.735	21.47	22.075	22.625	20.905	21.21	20.59	14.11
Des est	0.09	0.09	0.18	0.13	0.18	0.27	1.64	2.42	0.26
CV (%)	0.41	0.39	0.84	0.57	0.77	1.27	7.73	11.75	1.81
		21.76			21.87			18.64	

Tabla 39. Resumen del contenido de fibra detergente neutro en los tres tipos de henificado

REP	Secador tipo media agua				Secador tipo túnel				Henificado en campo			
	2 días	3 días	4 días	(%)	2 días	3 días	4 días	(%)	2 días	3 días	4 días	(%)
I	27.47	28.82	26.93		31.33	27.35	26.84		26.65	35.67	38.28	
II	28.02	28.12	26.92		29.22	27.76	27.89		31.84	29.79	39.78	
III	27.745	28.47	26.925		30.275	27.555	27.37		29.25	32.73	39.03	
Suma	83.235	85.41	80.775		90.825	82.665	82.095		87.735	98.19	117.09	
Promedio	27.745	28.47	26.925		30.275	27.555	27.365		29.25	32.73	39.03	
Des est	0.28	0.35	0.00		1.06	0.21	0.53		2.60	2.94	0.75	
CV (%)	0.99	1.23	0.02		3.48	0.74	1.92		8.87	8.98	1.92	
		27.71			28.40					33.67		

Tabla 40. Resumen de energía metabolizable de heno de alfalfa -dácilo en las tres tipos y tiempos de henificación

REP	Secador tipo media agua (Mcal/kg MS)				Secador tipo túnel (Mcal/kg MS)				Henificado en campo (Mcal/kg MS)			
	2 días	3 días	4 días	2 días	3 días	4 días	2 días	3 días	4 días	2 días	3 días	4 días
I	2.51	2.49	2.5	2.43	2.5	2.48	2.53	2.36	2.37			
II	2.5	2.5	2.49	2.52	2.49	2.47	2.45	2.47	2.32			
III	2.51	2.50	2.50	2.48	2.50	2.48	2.49	2.42	2.35			
Suma	7.515	7.485	7.485	7.425	7.485	7.425	7.47	7.245	7.035			
Promedio	2.505	2.495	2.495	2.475	2.495	2.475	2.49	2.42	2.35			
Des est	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.06	0.03			
CV (%)	0.20	0.20	0.20	1.82	0.20	0.20	1.61	2.28	1.07			
			2.50		2.48			2.42				

Tabla 41. Resumen del contenido de ceniza de heno de alfalfa- dáctilo en tres tipos y tiempos de henificación

REP	Secador tipo media agua (%)				Secador tipo túnel (%)				Henificado en campo (%)			
	2 días	3 días	4 días	4 días	2 días	3 días	4 días	4 días	2 días	3 días	4 días	4 días
I	6.97	7.21	6.94	6.94	7.27	7.28	7.54	7.54	7.12	8.13	6.74	6.74
II	7.58	7.33	7.28	7.28	6.43	7.5	6.85	6.85	7.14	8.15	6.03	6.03
III	7.28	7.27	7.11	7.11	6.85	7.39	7.20	7.20	7.13	8.14	6.39	6.39
Suma	21.825	21.81	21.33	21.33	20.55	22.17	21.585	21.585	21.39	24.42	19.155	19.155
Promedio	7.275	7.27	7.11	7.11	6.85	7.39	7.195	7.195	7.13	8.14	6.39	6.39
Des est	0.31	0.06	0.17	0.17	0.42	0.11	0.35	0.35	0.01	0.01	0.36	0.36
CV (%)	4.19	0.83	2.39	2.39	6.13	1.49	4.79	4.79	0.14	0.12	5.56	5.56
		7.22				7.15				7.22		

Tabla 42. Correlaciones de Pearson entre las características

	TEMP	HUM	HUMHN	MS	PT	FIBRA	FDN	CENIZA	ENER
TEMP		-0.44	-0.54	0.59	0.35	-0.22	-0.41	-0.11	0.35
HUM	0.02		-0.29	0.24	-0.01	-0.13	-0.17	-0.19	0.20
HUMHN	0.00	0.15		-0.99	-0.25	0.19	0.46	0.23	-0.38
MS	0.00	0.22	<.0001		0.26	-0.20	-0.47	-0.22	0.39
PT	0.08	0.94	0.20	0.19		-0.88	-0.84	0.47	0.83
FIBRA	0.27	0.52	0.33	0.31	<.0001		0.92	-0.51	-0.92
FDN	0.03	0.41	0.02	0.01	<.0001	<.0001		-0.32	-0.95
CENIZA	0.57	0.33	0.25	0.27	0.01	0.01	0.11		0.20
ENER	0.07	0.32	0.05	0.05	<.0001	<.0001	<.0001	0.33	

Sobre el diagonal valor de la correlación, debajo de la diagonal valores de significanci

Tabla 43. Análisis de varianza para promedio de humedad relativa

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	0.05	Ft 0.01	
Tipo de henificación (H)	2	64.0583069	32.0291535	0.43	3.55456	6.0129	NS
Tiempo de henificación (T)	2	53.1690583	26.5845291	0.36	3.55456	6.0129	NS
(H) * (T)	4	115.502024	28.8755059	0.39	2.92774	4.57904	NS
Error	18	1342.79546	74.599748				
Total, corregido	26	1575.52485					
CV =22.72 %		Media=38.01					

Tabla 44. Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para consistencia de tallos

Fuente	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr > ChiSq	Pr > F	
Tipo de henificación (H)	2	18	8.6	4.3	0.0136	0.0298	NS
Tiempo de henificación (T)	2	18	4.38	2.19	0.1121	0.141	NS
H*T	4	18	2.28	0.57	0.6851	0.6884	NS



Tabla 45. Ficha de evaluación organoléptica para heno de alfalfa dátilo

<p>Marque con X dentro de paréntesis del indicador lo que ha evaluado y apreciado para cada parámetro.</p> <p>Heno de..... Variedad:Clave tratamiento:Tiempo de henificado.....</p> <p>Método de henificado..... Peso forraje verde.....</p> <p>Peso del heno:.....Otros.....</p>			
Parámetros	Indicadores organolépticos	Calidad	Material extraño
Color	Verde intenso () Verde claro () Amarillo pálido () Marrón descolorido ()	Excelente () Buena () Regular () Malo ()	
Olor	Agradable () Poco agradable () Inodoro o desagradable () Quemado, enmohecido, a moho ()	Excelente () Buena () Regular () Malo ()	
Presencia de hojas	Hojas enteras () Pocas hojas y rotas () Muy pocas hojas () Pobres en hojas ()	Excelente () Buena () Regular () Malo ()	
Consistencia a tallos	Suave blandos delgados () Flexibles blando () Poco flexible () Regidos duros ()	Excelente () Buena () Regular () Malo ()	
<p>Nombre y apellido del evaluador:.....</p> <p>Illpa,.....de.....del 2019</p> <p style="text-align: center;">_____ Firma del juez</p>			

Fuente: (Choque, 2005)

Tabla 46. Parámetros de evaluación organoléptica para color

COLOR				
	Tiempo de henificado	Verde intenso	Verde claro	Amarillo pálido
Henificado en secador media agua	2 días	100%	0%	0%
	3 días	100%	0%	0%
	4 días	90%	10%	0%
Henificado en secador tipo túnel	2 días	90%	10%	0%
	3 días	100%	0%	0%
	4 días	100%	0%	0%
Henificado en campo	2 días	0%	90%	10%
	3 días	0%	70%	30%
	4 días	0%	40%	60%

Tabla 47. Parámetros de evaluación organoléptica para olor

OLOR				
	Tiempo de henificado	Agradable	Poco agradable	Inodoro o desagradable
Henificado en secador media agua	2 días	100%	0%	0%
	3 días	100%	0%	0%
	4 días	100%	0%	0%
Henificado en secador tipo túnel	2 días	90%	10%	0%
	3 días	100%	0%	0%
	4 días	100%	10%	0%
Henificado en campo	2 días	30%	70%	0%
	3 días	30%	60%	10%
	4 días	10%	60%	30%

Tabla 48. Parámetros de evaluación organoléptica para hojas

HOJAS	Tiempo de henificado	Hojas enteras	Pocas hojas y rota
Henificado en secador media agua	2 días	100%	0%
	3 días	100%	0%
	4 días	100%	0%
Henificado en secador tipo túnel	2 días	100%	0%
	3 días	100%	0%
	4 días	100%	0%
Henificado en campo	2 días	60%	40%
	3 días	20%	80%
	4 días	40%	60%

Tabla 49. Parámetro de evaluación organoléptica para tallos

TALLOS					
	Tiempo de henificado	Flexibles blandos	Poco flexible	Suave blando delgados	Rígidos y duros
Henificado en secador media agua	2 días	50%	50%	0%	0%
	3 días	60%	40%	0%	0%
	4 días	30%	40%	20%	10%
Henificado en secador tipo túnel	2 días	40%	50%	10%	0%
	3 días	20%	70%	10%	0%
	4 días	40%	40%	10%	10%
Henificado en campo	2 días	20%	70%	10%	0%
	3 días	20%	60%	0%	20%
	4 días	20%	50%	0%	30%



ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE HENIFICADO EN SECADOR SOLAR MEDIA AGUA

Peso de paca 20 kg	4 pacas en 3 días	Costo de la infraestructura del secador S/. 1320 costo de la infraestructura de estantería S/. 1255.85 costo de calamina policarbonato y manta agro film S/. 1728 Vida útil del secador de 6 años
Rendimiento probable pacas/mes	40 pacas	
Precio de venta (paca) S/.	35	
Valor bruto de producción (VBP)	1400/ Mes	
1400 x 3 meses S/.	4200	

Tabla 50. Costo de producción de henificado en secador solar media agua

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS:				1953.80
COSTO DEL MODULO SECADOR SOLAR TIPO MEDIA AGUA				
1. Materiales de construcción de secador solar				
Estructura secador solar	Conjunto		1	220
Estructura de estantería	Conjunto		1	209.3
Calamina policarbonato y manta agro film	Conjunto		1	288
2. Equipos y herramientas				
Alquiler de sensor de temperatura (higrómetro)	Unidad	120	1	120
Alquiler de moto guadaña	Unidad	120	1	120
Balanza electrónica	Unidad	110	1	110
3. Otros materiales o insumos				
Costo forraje de alfalfa	kg	0.5	540	270
Sacos polipropileno o bolsas	Unidad	1.5	5	7.5
Libreta de campo	Unidad	4	1	4
Alquiler de empacadora manual	Unidad	300	1	300
4. Transporte para traslado				
Remolque para traslado de forraje	Horas/maq	40	2	80
Pacas de heno de alfalfa/dáctilo	Horas/maq	20	1	20
5. Mano de obra				
Operario para la construcción	Jornal	40	5	200
Auxiliar para el traslado de forraje	Jornal	35	1	35
B COSTOS INDIRECTOS:				553.61
Transporte	Días	2.5	90	225
Gastos imprevistos	%	3	1953.8	58.61
Análisis químico laboratorio	Muestra	30	9	270
TOTAL,				S/. 2507.414



Tabla 51. Análisis económico para henificado secador media agua

ANÁLISIS ECONÓMICO	
COSTO TOTAL: $CT = CD + CI$	S/. 2507.414
(Ingreso bruto) VALOR TOTAL VENTA PRODUCTO VTVP = Costo total + ingreso neto	4200
(ingreso neto) UTILIDAD NETA: $UN = VTVP - CTC$ = Ingreso bruto - costo total	1692.586
INDICE DE RENTABILIDAD (%): $IR = UN * 100 / CTC =$	67.50
B/C = VALOR DE LA PRODUCCIÓN (BENEFICIO BRUTO/EGRESOS = $VTVP / CTC$:	1.68



ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE HENO EN SECADOR SOLAR TIPO TÚNEL

Peso de paca 20 kg	4 pacas en 3 días	Infraestructura del secador S/.1320
Rendimiento probable pacas/mes	40	Infraestructura de estantería S/.1255
Precio de venta (paca) S/.	30	Cubierta de secador manta agro film S/. 590
Valor bruto de producción VBP	1400/ Mes	Vida útil del secador 6 años
1400 x 3 meses S/.	4200	

Tabla 52. Costo de producción de henificado en secador solar tipo túnel

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS:				1783.5
COSTO DEL MODULO SECADOR SOLAR TIPO TUNEL				
1. Materiales de construcción de secador solar				
Estructura del módulo secador solar túnel	Conjunto			220
Estructura de estantería	Conjunto			209
Cubierta del secador manta agro film	Conjunto			188
2. Equipos y herramientas				
Alquiler de sensor de temperatura	Unidad	120	1	120
Moto guadaña	Unidad	120	1	120
Balanza electrónica	Unidad	110	1	110
3. Otros materiales o insumos				
Costo de forraje alfalfa/dactilo	kg	0.5	540	270
Sacos polipropileno o bolsas	Unidad	1.50	5	7.5
Libreta de campo	Unidad	4	1	4
Empacadora manual	Unidad	300	1	300
4. Transporte para traslado				
Remolque para traslado de forraje	Horas/maq	40	2	80
Pacas de heno de alfalfa/dactilo	Horas/maq	20	1	20
5. Mano de obra				
Operario para la construcción del secador	Jornal	40	5	200
Personal de apoyo	Jornal	35	1	35
B COSTOS INDIRECTOS:				548.51
Transporte	Días	2.5	30	225
Gastos imprevistos	%	3	1783.5	53.51
Análisis químico	Muestra	30	9	270
TOTAL			S/.	2332.01



Tabla 53. Análisis económico para henificado en secador solar tipo túnel

ANÁLISIS ECONÓMICO	
COSTO TOTAL: $CT = CD + CI$	S/. 2332.01
(Ingreso bruto) VALOR TOTAL VENTA PRODUCTO $VTVP = \text{Costo total} + \text{ingreso neto}$	4200
(ingreso neto) UTILIDAD NETA: $UN = VTVP - CTC$ $= \text{Ingreso bruto} - \text{costo total}$	1867.995
INDICE DE RENTABILIDAD (%): $IR = UN * 100 / CTC =$	80.10
$B/C = \text{VALOR DE LA PRODUCCIÓN (BENEFICIO BRUTO) / EGRESOS} = VTVP / CTC:$	1.80



ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA HENIFICADO EN CAMPO

PESO DE PACA 20 kg	4 pacas en 4 días
Rendimiento probable pacas/mes	30
Precio de venta paca S/.	20
Valor bruto de producción VBP	600/ Mes
600x 3 meses	1800

Tabla 54. Costo de producción de henificado tradicional en campo hileras

Descripción	Unidad de medida	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS:				890
COSTO DE HENIFICADO EN HILERAS EN EL CAMPO				0
1. Maquinaria y equipo				0
Alquiler sensor higrómetro	Unidad	120	1	120
Alquiler de moto guadaña	Unidad	120	1	120
Balanza	Unidad	30	1	30
Empacadora manual	Unidad	300	1	300
2. Insumos				0
forraje de alfalfa dactilo	kg	0.5	540	270
3. Otros materiales o insumos				0
Sacos polipropileno o bolsas	Unidad	2	5	10
Bolsas de papel	Unidad	0.5	10	5
4. Transporte para traslado				0
Traslado de pacas de heno	Hora/maq	10	1	10
5. Mano de obra				0
Personal de apoyo	Día	25	1	25
B COSTOS INDIRECTOS:				476.7
Transporte	Días	2	90	180
Gastos administrativos	%	3	890	26.7
Análisis de químico laboratorio	Muestra	30	9	270
TOTAL S/. 1366.7				

Tabla 55. Análisis económico para henificado tradicional en hileras en campo

ANÁLISIS ECONÓMICO	
COSTO TOTAL: $CT = CD + CI$	S/. 1366.7
(Ingreso bruto) VALOR TOTAL VENTA PRODUCTO VTVP = Costo total + ingreso neto	1800
(ingreso neto) UTILIDAD NETA: $UN = VTVP - CTC$ = Ingreso bruto - costo total	433.3
INDICE DE RENTABILIDAD (%): $IR = UN * 100 / CTC =$	31.70
B/C = VALOR DE LA PRODUCCIÓN (BENEFICIO BRUTO/EGRESOS = $VTVP / CTC$:	1.32

Tabla 56. Análisis económico de producción de heno de alfalfa/dactilo para primera campaña

Indicadores	Henificado en secador solar media agua (H2)	Henificado en secador solar tipo túnel (H3)	Henificado tradicional (H1)
Producción total			
Costo total (S/.)	2507.414	2332.01	1366.7
Ingreso bruto (V.B.P) (S/.)	2400	4200	1800
Ingreso neto(S/.)	1692.586	1867.995	433.3
Rentabilidad (%)	67.50	80.10	31.70
Beneficio / costo (S/.)	1.68	1.80	1.32



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0916/2019


CLIENTE : PROGRAMA NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA PNIA
PROYECTO 153_PI
RESPONSABLE : M.V.Z. Ruben H. Mamami Cato
NOMBRE DEL PRODUCTO : 24 muestras de alfalfa
(Denominación responsabilidad del cliente)
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 09-09-2019
FECHA DE ANÁLISIS : Del 09/09/19 al 11/10/19
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicado en tabla
PRESENTACION : Muestras en bolsa de papel
IDENTIFICACION : AQ19-0916/01-24

ELN¹ = EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

Métodos utilizados:

- a.- AOAC (2005), 950.46
- b.- AOAC (2005), 984.13
- c.- AOAC (2005), 2003.05
- d.- AOAC (2005), 962.09
- e.- AOAC (2005), 942.05
- g.- ANKOM (2005). Method N° 6. Neutral Detergent Fiber in feed. Filter bags technique
- h.- NRC Beef Cattle (2000)

Atentamente,


Ing. Jorge Gamarra Bojorquez
Jefe(e) del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos



La Molina, 14 de Octubre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0916/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

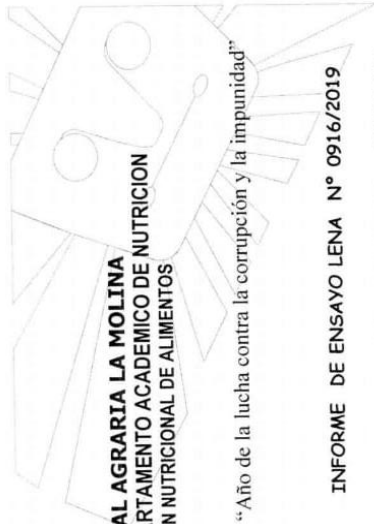
CÓDIGO	AQ19-0916/13	AQ19-0916/14	AQ19-0916/15	AQ19-0916/16	AQ19-0916/17	AQ19-0916/18
MUESTRA	AD-01-MED	AD-02-MED	AD-03-MED	AD-04-MED	AD-05-MED	AD-06-MED
PESO (gramos)	100	126	151	139	162	150
a.- HUMEDAD, %	9.34	8.74	9.16	8.96	9.11	9.94
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	21.98	22.16	21.65	21.82	21.29	21.65
c.- GRASA, %	2.53	3.57	2.66	2.78	2.41	2.30
d.- FIBRA CRUDA, %	14.77	15.48	15.31	14.94	14.95	14.55
e.- CENIZA, %	6.97	7.58	7.21	7.33	6.94	7.28
f.- ELN, %	44.41	42.47	44.01	44.17	45.30	44.28
g.-FDN, %	27.47	28.02	28.82	28.12	26.93	26.92
h.- ENERGÍA METABOLIZABLE PARA VACUNOS, MCAL/KG. M.S.	2.51	2.50	2.49	2.50	2.50	2.49

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Figura 15 A1. Análisis químico de heno obtenido en secador solar media agua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0916/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

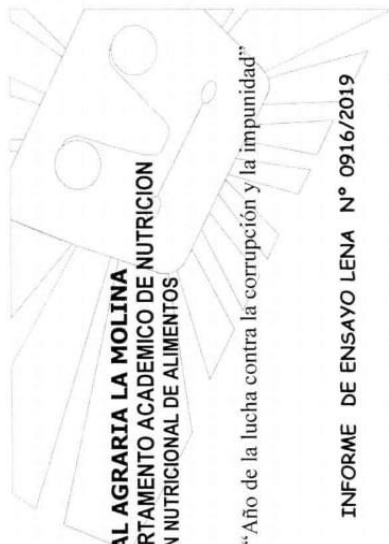
CÓDIGO	AQ19-0916/07 AD-01-TUN	AQ19-0916/08 AD-02-TUN	AQ19-0916/09 AD-03-TUN	AQ19-0916/10 AD-04-TUN	AQ19-0916/11 AD-05-TUN	AQ19-0916/12 AD-06-TUN
MUESTRA	102	123	164	143	147	150
PESO (gramos)	8.58	8.36	8.17	8.19	8.34	8.07
a.- HUMEDAD, %	21.95	22.20	22.45	22.80	20.64	21.17
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	1.80	2.49	2.63	2.53	2.48	2.53
c.- GRASA, %	16.62	15.23	14.97	15.05	15.08	16.53
d.- FIBRA CRUDA, %	7.27	6.43	7.28	7.50	7.54	6.85
e.- CENIZA, %	43.78	45.29	44.50	43.93	45.92	44.85
f.- ELN, %	31.33	29.22	27.35	27.76	26.84	27.89
g.- FDN, %	2.43	2.52	2.50	2.49	2.48	2.47
h.- ENERGÍA METABOLIZABLE PARA VACUNOS, MICAL/KG. M.S.						

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Figura 16 A2. Análisis químico de heno obtenido en secador solar tipo túnel



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0916/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO MUESTRA	AQ19-0916/19 AD-01-CAM	AQ19-0916/20 AD-02-CAM	AQ19-0916/21 AD-03-CAM	AQ19-0916/22 AD-04-CAM	AQ19-0916/23 AD-05-CAM	AQ19-0916/24 AD-06-CAM
PESO (gramos)	170	97	164	116	147	140
a.- HUMEDAD, %	9.68	10.46	9.79	10.51	9.42	9.81
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	19.57	22.85	18.17	23.01	14.36	13.85
c.- GRASA, %	2.42	2.70	2.21	2.30	2.20	1.54
d.- FIBRA CRUDA, %	16.19	13.69	17.89	13.94	19.41	21.96
e.- CENIZA, %	7.14	7.12	8.13	8.15	6.74	6.03
f.- ELN ¹ , %	45.00	43.18	43.81	42.09	47.87	46.81
g.- FDN, %	31.84	26.65	35.67	29.79	38.28	39.78
h.- ENERGÍA METABOLIZABLE PARA VACUNOS, MCAL/KG. M.S.	2.45	2.53	2.36	2.47	2.37	2.32

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Figura 17 A3. Análisis químico de heno obtenido en secado tradicional en hileras



Figura 18 A4. Secador solar media agua y secador solar tipo túnel



Figura 19 A5. colocación de forraje en modulo secador solar tipo túnel



Figura 20 A6. Corte de alfalfa- dactilo



Figura 21 A7. Colocación de forraje alfalfa-dáctilo a las repisas del secador solar



Figura 22 A8. Vista panorámica de forraje en secador tipo tunel



Figura 23 A9. Registro de T°C y HR% con higrómetro dentro del secadores



Figura 24 A10. Recojo y pesado de forraje secado de los módulos secadores solares



Figura 25 A11. Henificado tradicional en hileras en campo



Figura 26 A12. Forraje secado en el módulo secador solar



Figura 27 A13. Muestras en estufa eléctrica a 60 °C por 48 horas



Figura 28 A14. Pesado de muestra sacado de estufa



Figura 29 A15. Evaluación organoléptica con integrantes del INIA



Figura 30 A16. Empacado con empacadora semi mecanizada, heno de alfalfa dátilo



Figura 31 A17. Pacas obtenidas de henificado en secadores solares



Figura 32 A18. Molienda de muestras para análisis nutricional