



Rendimiento productivo de dos genotipos de *Avena Sativa L.* en 10 localidades, y el momento óptimo para la producción de ensilado en asociación con *Vicia sativa L.* en la sierra norte del Perú

Productive yield of two genotypes of *Avena Sativa L.* in 10 locations, and the optimal time for silage production in association with *Vicia sativa L.* in the northern highlands of Peru

William L. Carrasco Chilón^{1,*}; Wuesley Y. Alvarez¹; Héctor Vásquez Pérez²

¹ Estación Experimental de Baños del Inca, Programa Nacional de Pastos y Forrajes, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca, Cajamarca 06004, Perú.

² Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina, N° 1981, La Molina, Lima, 15026, Perú.

ORCID de los autores:

W. L. Carrasco Chilón: <https://orcid.org/0000-0003-4930-6548>

W. Y. Alvarez: <https://orcid.org/0000-0002-9655-3149>

H. Vásquez Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-4657-1397>

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue la evaluación del rendimiento de forraje verde, biomasa, altura de planta y producción de grano de dos genotipos de *Avena Sativa L.* en 10 localidades; así como, la determinación del mejor estado fenológico para obtener silaje de alta calidad y cantidad en asociación *Avena Sativa L.* - *Vicia sativa L.* en la sierra norte del Perú. Para la determinación de momento óptimo de cosecha se evaluaron tres tratamientos T1: Ensilado de avena en estado de floración + vicia (97 días), T2: Ensilado de avena en estado de grano lechoso + vicia en floración (120 días), T3: Ensilado de avena en estado de grano pastoso + vicia en llenado de vaina (152 días). El genotipo INIA 909 – Katekyl tuvo mejores resultados para rendimiento de forraje verde, biomasa y semilla con 59,8 t/ha, 14,1 t/ha y 1876 kg/ha respectivamente. Por otro lado, el T1 fue mejor para la producción de ensilado de la asociación forrajera *Avena sativa L.* - *Vicia sativa L.* en la sierra norte del Perú; el mismo que dio un rendimiento de 56,13 t/ha de forraje verde; 10,22% de proteína cruda, 6,29% de extracto etéreo, 31,52% extracto libre de nitrógeno y 17,48% de fibra cruda. Con los resultados obtenidos podemos mencionar que el cultivo de *Avena sativa* es una alternativa para la alimentación animal en condiciones de sierra, es bien complementada con la vicia para la producción de silaje.

Palabras clave: Calidad nutricional; rendimiento productivo; producción de forraje; pastos de corte; *Avena sativa L.*

ABSTRACT

The main objective of this research was the evaluation of the green forage yield, biomass, plant height and grain production of two genotypes of *Avena Sativa L.* in 10 locations; as well as the determination of the best phenological state to obtain silage of high quality and quantity in association *Avena Sativa L.* - *Vicia sativa L.* in the northern highlands of Peru. To determine the optimal harvest time, three treatments were evaluated: T1: Oat silage in flowering stage + vetch (97 days), T2: Oat silage in milky grain state + flowering vetch (120 days), T3: Silage of oats in the state of pasty grain + vetch in pod filling (152 days). The INIA 909 - Katekyl genotype had better results for green forage yield, biomass, and seed with 59.8 t/ha, 14.1 t/ha and 1876 kg/ha respectively. On the other hand, T1 was better for the silage production of the forage association *Avena sativa L.* - *Vicia sativa L.* in the northern highlands of Peru; the same one that gave a yield of 56.13 t/ha of green forage; 10.22% crude protein, 6.29% ethereal extract, 31.52% nitrogen-free extract and 17.48% crude fiber. With the results obtained we can mention that the cultivation of *Avena sativa L.* is an alternative for animal feeding in mountain conditions, it is well complemented with the vetch to produce silage.

Keywords: Nutritional quality; productive performance; forage production; cutting pastures; *Avena sativa L.*

1. Introducción

La ganadería se ve afectada durante la época seca del año (Paytan et al., 2017) debido a la baja disponibilidad y calidad del forraje (Zafar, 2015); en tanto, el uso de residuos de cosecha de baja calidad como alimento principal disminuye la producción en los animales (Rahetlah et al., 2010). Así mismo; los forrajes son un recurso importante para la alimentación animal por su aporte de energía y proteínas. Por otro lado, la *Avena sativa* L. es una especie de gramínea forrajera de corte, adaptada a diversos pisos altitudinales agrícolas andinos que van desde los 2500 a 4000 msnm, y a climas variados (Espinoza-Montes, 2018); teniendo en cuenta que su rendimiento de producción de grano de avena y biomasa podría estar influenciado por la variedad (efecto genotipo) bajo diferentes condiciones de estrés, por ser un cultivo anual expuesto a las lluvias temporales (ambiente), y la interacción de estos factores (Mehraj et al., 2017); así mismo, la *Vicia sativa* L. es una leguminosa forrajera anual muy importante, debido a sus múltiples usos y alta calidad nutricional (Kim et al., 2015), así como su capacidad de fijar nitrógeno (Graham y Vance, 2003). La asociación de *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L. sería una alternativa estratégica para mejorar la calidad nutricional y la cantidad de forraje; además, que es un alimento más sabroso y succulento para los animales (Ayşen y Asik, 2012).

Además, la conservación de forraje mediante el ensilado representa uno de los recursos alternativos en los meses de estiaje (Paytan et al., 2017) con la finalidad de tener insumos de buena calidad y mantener el estado nutricional de los animales (Chanca, 2016). Sin embargo, es necesario conocer y considerar algunos elementos importantes relacionados a la planta al momento del proceso de ensilado, tales como: el contenido de carbohidratos solubles, la cantidad

de población de levaduras que promueven la fermentación alcohólica, la alta producción de dióxido de carbono (CO₂) y agua; con la finalidad de reducir posibles pérdidas considerables de materia (Paytan et al., 2017).

En la zona del valle y laderas de la sierra norte del Perú, la ganadería es manejada en su mayoría bajo un sistema semi estabulado o alimentación a estaca, siendo muy necesario e indispensable la producción de forrajes anuales, tales como la avena y vicia para su conservación y disponerlos en momentos de escasez de pastos por la ausencia de lluvias. Consecuentemente, es necesario conocer el momento óptimo de cosecha basándose en su calidad nutricional y así maximizar la utilidad del cultivo. Bajo el esquema de cultivo y problemática planteada, el objetivo principal del presente trabajo de investigación fue la evaluación del rendimiento de forraje verde, biomasa, altura de planta y producción de grano de dos genotipos de *Avena Sativa* L. en 10 localidades, así como la determinación del estado fenológico óptimo para la producción de silaje en asociación con *Vicia sativa* L. en la sierra norte del Perú.

2. Material y métodos

Lugar y duración de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos etapas experimentales. La primera fase se desarrolló en las campañas agrícolas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017, allí se determinaron los parámetros del rendimiento productivo (altura de planta, Forraje Verde, Biomasa y producción de semilla) de los dos genotipos de *Avena sativa* L. (var. INIA 909 - Katekyl y var. INIA 905 - La Cajamarquina), el mismo que se desarrolló en 10 localidades ubicadas en las regiones de Cajamarca y La Libertad tal como se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Ubicación de las localidades para evaluar el rendimiento de la *Avena Sativa* L.

Localidad	Campaña agrícola	Altitud (msnm)	Distrito	Zona	Coordenadas geográficas	
Cochamarca	2014-2015	2820	Gregorio Pita	17M	7.181967	78.467969
Huambocancha	2014-2015	2820	Cajamarca	17M	7.132490	78.525833
Macullida	2015-2016	3593	Chugay	18M	7.777477	77.801458
Otuzco	2015-2016	2680	Baños del Inca	17M	7.131402	78.469431
Pampa Grande	2015-2016	2680	Cajabamba	17M	7.611059	78.070145
Santa Aurelia	2015-2016	3120	San Silvestre de Cochán	17M	6.920550	78.761110
San Juan	2016-2017	3618	Chugay	18M	7.793751	77.809757
El Agrario	2016-2017	3526	San Miguel	17M	6.886666	78.844722
Sulluscocha	2016-2017	2830	Namora	17M	7.204113	78.373332
Baños del Inca	2016-2017	2650	Baños del Inca	17M	7.159426	78.461258

La segunda fase se desarrolló en la localidad de "Miraflores - Cristo Rey" ubicado al noreste de la ciudad de Cajamarca, en el Centro Poblado de Otuzco, distrito de Baños del Inca, provincia Cajamarca, departamento de Cajamarca, Perú, a una altitud de 2680 msnm, con Coordenadas UTM 9210920.60 N y 779559.65 E del WGS 84-Zona 17M; con una temperatura media anual de 14.7°C, humedad relativa promedio de 65% y una precipitación promedio anual de 795 mm/año (SENAMHI, 2017), este experimento se desarrolló desde diciembre del 2016 hasta mayo del 2017, periodo correspondiente a la época de lluvias.

Unidades experimentales

Para la determinación del rendimiento de la *Avena sativa* L., se realizó mediante un Diseño completo al azar (DCA), evaluando los dos genotipos (var. INIA 909 - Katekyl y var. INIA 905 - La Cajamarquina) en las diez localidades; las parcelas instaladas para cada variedad fueron de 30 x 20 metros (área = 600 m²), y se instalaron 2 parcelas en cada localidad; de allí, se realizaron los muestreos tomando cinco repeticiones de manera aleatoria en cada parcela.

Por otro lado, para la evaluación del estado fenológico óptimo al momento de silaje de la *Avena sativa* L. en asociación con *Vicia sativa* L., se utilizó un diseño experimental en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Cada bloque tuvo 105 m² de cultivo *Avena sativa* L (INIA 909 - Katekyl) – *Vicia sativa* L. (INIA 907 - Caxamarca) para cada estado fenológico. Los tratamientos se dividieron según el estado fenológico de la Avena, donde: T1= Ensilado de avena en estado de floración + vicia (97 días), T2 = Ensilado de avena en estado de grano lechoso + vicia en floración (120 días), T3 = Ensilado de avena en estado de grano pastoso + vicia en llenado de vaina (152 días). Por otro lado, es importante mencionar que el sistema de siembra de la asociación fue al voleo y la densidad de siembra de 50 kg ha⁻¹ de semilla de avena y 30 kg ha⁻¹ de vicia. Para la instalación del monocultivo de avena en las 10 localidades se realizó la instalación de 50 kg. ha⁻¹ de semilla.

Muestreo

Para evaluar el rendimiento de forraje verde, biomasa y cantidad de grano de los dos genotipos de *Avena sativa* L. se utilizó el metro cuadrado para obtener la muestra. Se cortó el forraje con una hoz, y se pesó en fresco en una balanza

electrónica (H.W. KESSELL. S.A., Alemania), y luego se llevó 100 g al laboratorio para determinar el porcentaje de Materia Seca (MS), para ello se colocó la muestra a una estufa de aire forzado (MRC, Modelo DFO-80) a una temperatura de 105°C por 24 horas; y luego se pudo calcular el rendimiento de Biomasa (Kg de MS. ha⁻¹). La cantidad de semilla se pesó la cantidad que se obtuvo por cada metro cuadrado, y la altura de planta se tomó en base del promedio en cada cuadrante, se midió con una regla una vez cortado el forraje.

Por otro lado, para la determinación del mejor momento de corte en función del estado fenológico de la asociación se tomaron seis muestras en cada tratamiento, cada muestra se dejó marchitar por 12 horas, se redujo el tamaño a 5 cm y se colocó en bolsas de polietileno la cantidad de 50 kg, finalmente, se compactó y se adicionó melaza al 6% para mejorar la palatabilidad y el valor nutricional. Las bolsas fueron selladas y almacenadas en un ambiente oscuro y bajo techo durante 60 días, luego, se abrieron y se extrajo una muestra de 500 g para determinar el rendimiento de materia seca del ensilaje y realizar el análisis de la composición química. En cuanto a la determinación de los análisis químicos, las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas, se molieron las muestras a un tamaño de partícula de 0.5 mm luego se realizaron los análisis de Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Etéreo (EE), cenizas y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), bajo las metodologías de la AOAC (AOAC, 1990).

Calidad de suelos y fertilización

En todas las parcelas se tomaron 10 submuestras de suelos de manera aleatoria en zigzag en toda el área del terreno, luego, se homogenizó y se obtuvo una sola muestra representativa de 0.5 kg en cada localidad. Las 10 muestras fueron enviadas al laboratorio de Análisis de suelos de la Estación Experimental Baños del Inca - INIA Cajamarca; con la finalidad de obtener los valores de Fosforo (P), Potasio (K), Materia Orgánica (MO), Aluminio (Al) y el pH de los suelos (Tabla 2). Con estos valores se aplicaron las dosis de fertilización para Nitrógeno (N) – P – K de 100 – 60 – 30 kg/ha respectivamente, para tener la misma disponibilidad de nutrientes en las diferentes parcelas evaluadas, según las recomendaciones proporcionadas por el laboratorio para cultivos de Avena.

Tabla 2

Composición química del suelo en las 10 localidades

Localidad	P (ppm)	K (ppm)	pH	MO (%)	Al (mEq/100g)
El Agrario	0,94	185	4,1	3,70	2,72
Huambocancha	39,59	285	6,1	3,61	0,00
Macullida	10,90	220	4,8	4,00	1,20
San Juan	11,93	230	5,0	3,16	1,11
Otuzco	16,22	225	4,5	1,54	0,10
Santa Aurelia	10,02	210	4,2	8,40	1,76
Sulluscocha	11,45	340	7,2	1,54	0,00
Baños del inca	10,90	330	7,0	2,25	0,00
Pampa Grande	6,20	170	3,8	3,55	0,50
Cochamarca	8,11	195	4,3	2,13	0,90

P=Fosforo; K=Potasio; MO=Materia Orgánica; Al=Aluminio; pH*=Potencial Hidrogenión.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad de datos (Levene, $p < 0,05$) y la homogeneidad de varianzas (Kolmogórov-Smirnov, $p < 0,05$); posteriormente, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p < 0,05$) para determinar si los tratamientos pertenecen a poblaciones diferentes. Además, se realizó la prueba de deseabilidad para encontrar el momento óptimo de cosecha para la elaboración de silaje en función de las mejores respuestas esperadas. Los datos fueron analizados en el Software R (Versión 1.4.1103).

3. Resultados y discusión

Rendimiento productivo de *Avena sativa* L.

En la Tabla 3 se muestran los valores de rendimiento de forraje verde, biomasa (materia seca), cantidad de semilla y altura de planta de la *Avena sativa* L., donde se puede visualizar que los valores de altura de planta van desde 165 cm hasta 184 cm en los diferentes lugares, en cambio, se debe rescatar que los mayores valores para el rendimiento de forraje verde, biomasa y cantidad de semilla lo obtiene el genotipo INIA 909 - Katekyl con 59,8 t/ha, 14,1 t/ha y 1876 kg/ha respectivamente. Esto puede deberse a que esta una variedad muestre una mayor capacidad de adaptación y desempeño en las condiciones ambientales y características de suelos desde los 2680 hasta los 3618 msnm, de la zona norte del país. Los valores del rendimiento de forraje verde (FV) obtenidos en las evaluaciones desarrolladas en las 10 localidades y para los dos genotipos son superiores a los reportes de Santoyo-Ariza et al. (2019), quienes obtuvieron rendimientos de 42 t/ha de FV, pero los valores fueron similares a los resultados reportados por Altamirano et al. (2019) quienes encontraron niveles de 57,8 t/ha, así también se lograron valores superiores a los

reportes de Cooke (2015), quien reportó un valor de 20,21 t/ha; Así también se determinaron los valores de biomasa, encontrándose niveles superiores los reportes de Cooke (2015) y Alejo et al. (2020) quienes reportaron un valor de 5,37 t/ha y 11,39 t/ha respectivamente; pero similares con los datos reportados por Altamirano et al. (2019) quienes reportan rendimientos de 12,76 t/ha, además, la producción de grano fue desde 1414 hasta 1688 kg/ha, valores inferiores a los reportados por Mir et al. (2004), quienes encontraron valores desde 1798 hasta 2091 kg/ha, así mismo a los reportes de Alejo et al. (2020), que reportan rendimientos de 3,58 t/ha.

Así mismo, la localidad de El Agrario fue la que mostro el mejor rendimiento de FV y biomasa, esto puede deberse a las características químicas del suelo, debido a que esta localidad obtuvo valores de pH+ igual a 4,1, mostrándose como suelos ácidos, así también, se encontró una considerable presencia de Aluminio (Al = 2,72 mEq/100g), a una altitud de 3526 msnm, lo que causaría que los genotipos de Avena (var. INIA 909 - Katekyl y var. INIA 905 - La Cajamarquina) son adaptables a las condiciones de los suelos de la sierra norte, los cuales son muy variables y con condiciones extremas, por ello, se menciona que el rendimiento de grano de la avena sativa es influenciado por la distribución espacial y las propiedades químicas del suelo, en especial la disponibilidad de Nitrógeno (Hausherr Lüder et al., 2018).

Con estos resultados se puede mencionar que el genotipo INIA 909 - Katekyl se perfila a ser una alternativa potencial para la producción de forraje y grano para la sierra norte, la misma que debe implementarse mediante programas de siembra temporales (épocas de lluvia), con la finalidad de poseer para los ganaderos una alta disponibilidad de biomasa y así satisfacer la alta demanda de forrajes y piensos para sustentar la producción ganadera, aumentando la productividad de los forrajes (Pandey, 2018).

Tabla 3Comparación de medianas para genotipos y localidades para los parámetros productivos de *Avena sativa* L.

Genotipos	Altura de planta (cm)	Forraje Verde (t/ha)	Biomasa (t de MS/ha)	Semilla (kg/ha)
INÍA 909 Katekyl	165 b	59,8 a	14,1 a	1876 a
INÍA 905 La Cajamarquina	167 a	49,4 b	11,8 b	1159 b
p valor	0,0171	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Lugares de estudio				
Baños del Inca	184 a	51,7 c	12,0 c	1627,5
Pampa Grande	168 bc	54,8 bc	13,1 abc	1688,0
Macullida	167 bc	55,3 abc	12,9 abc	1502,5
Cochamarca	170 b	55,4 ab	13,5 ab	1537,0
El Agrario	164 d	60,8 a	14,1 a	1843,0
San Juan	164 d	54,7 bc	13,0 bc	1414,0
Huambocancha	166 bcd	56,5 abc	13,7 ab	1558,5
Otuzco	165 bcd	53,2 bc	12,6 bc	1457,0
Santa Aurelia	165 bcd	56,0 ab	13,2 abc	1472,5
Sulluscocha	165 bcd	53,5 bc	12,5 bc	1542,0
p valor	<0,0001	0,016	0,0368	0,1350

Prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$). letras diferentes muestran diferencias significativas entre las poblaciones.**Momento óptimo para silaje de asociación de avena y vicia**

Para la producción de forrajes para la alimentación animal, Además de conocer las características de rendimiento, calidad de materia seca y materia orgánica, es necesario conocer sus cualidades fisicoquímicas, entre ellas su digestibilidad, palatabilidad, su contenido nutricional (Tulu et al., 2020); es decir que se encuentren niveles altos de Proteína, Extracto libre de nitrógeno (ELN), Cenizas y grasa (EE) y un menor nivel de fibras por la presencia de lignina (Sharma et al., 2018).

Bajo estas condiciones, se determinaron los valores nutricionales y rendimiento de forraje verde y la biomasa, en tres fases fenológicas de la asociación de *Avena sativa* L. con *Vicia sativa* L., considerados en los tratamientos, con la finalidad de encontrar el momento más oportuno para corte. Además, se determinó la deseabilidad compuesta, tal como se muestra en la Tabla 4.

Los rendimientos de forraje verde y biomasa de la asociación *Avena sativa* L. – *Vicia sativa* L. son diferentes para cada tratamiento, donde el T1 fue el que logro un mayor rendimiento de forraje verde ($p < 0,05$); sin embargo, para el rendimiento de biomasa el T1 fue menor a los otros tratamientos, esto pudo deberse a los niveles de materia seca que fueron inferiores para este tratamiento (20,28%), lo que influyo sobre el rendimiento de biomasa, teniendo en cuenta que en el estado de floración de la Avena se obtuvo una mayor proporción de humedad que en grano lechoso o pastoso en la avena.

Respecto a los niveles de proteína entre los tratamientos, el T1 tuvo los mejores resultados (p

$< 0,05$), se encontraron resultados superiores a los reportados por Enciso et al. (2020); Paytan et al. (2017) y Altamirano et al. (2019) quienes encontraron valores de proteína cruda de 7,7 %, 3,99 % y 6,5%; sin embargo, fueron datos inferiores a los reportes de Basurto (2018) y Cooke (2015) quienes reportaron valores de 13,24% y 14,89% de proteína; así mismo, son datos parecidos a los reportes Ammar et al. (2010) quienes encontraron que a medida que maduraba la asociación *Avena sativa* L. más la *Vicia sativa* L. el nivel de proteína bajaba (de 13,1% a 8,5%); considerando que la proteína es uno de los nutrientes más costosos para el ganado, debido a que los forrajes ricos en proteína son los más deseables, para las diversas funciones fisiológicas (crecimiento y producción de leche) y también para nutrir a las bacterias del rumen, que digieren gran parte del alimento de los rumiantes (Eskandari et al., 2009).

En cuanto a los niveles de fibra de los forrajes, Sánchez (2007) sostiene que es un buen indicador de la calidad de estos; por lo cual los forrajes con menor cantidad de fibra son más digestibles y admisibles por los animales, pues consumen en mayores cantidades que un forraje con mayores niveles de fibra. Bajo esta condición se ha encontrado que el T1 tuvo un menor valor de fibra en comparación al T2 y T3, quienes obtuvieron niveles muy altos de fibra con 33,43% y 39,01% respectivamente. Por otro lado, los niveles de extracto etéreo y carbohidratos solubles son datos inferiores a los reportes de Paytan et al. (2017) quienes reportaron niveles de extracto etéreo de 2,38% y carbohidratos solubles 35,96% en un ensilado de avena.

Tabla 4

Comparación de medianas, y deseabilidad en los tratamientos evaluados, para determinar el momento óptimo de cosecha de Avena sativa L. – Vicia sativa L. para producción de silaje

Respuesta	T1	T2	T3	p valor
Forraje Verde (t/ha)	56,13 a	52,72 a	46,64 b	0,0011
Biomasa (t/ha)	11,12 b	14,06 ab	16,28 a	0,0005
Materia seca (%)	20,28 a	26,70 ab	34,86 b	0,0005
Proteína (%)	10,22 a	7,75 b	8,53 ab	0,0422
Fibra Cruda (%)	17,48 a	33,43 b	39,01 b	0,0013
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	31,52 a	28,66 a	47,27 b	0,0019
Extracto Etéreo (%)	6,29 a	5,97 a	5,19 b	0,0028
Cenizas (%)	9,5 a	8,5 b	9,19 ab	0,0371
Deseabilidad compuesta.	0,52	0,39	0,40	

Medianas con letras diferentes (a y b) indican diferencias estadísticas entre tratamientos según la prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$); T1: Estado en floración + Vicia; T2: Estado de grano lechoso+ Vicia en floración; T3: Estado de grano pastoso + Vicia en vaina

Respecto a los niveles de cenizas, los datos encontrados son superiores a los reportes de [Altamirano et al. \(2019\)](#) y [Basurto \(2018\)](#) quienes reportaron valor de 5,5% y 6,92%; así mismo; [Carulla et al. \(2004\)](#) mencionan que los minerales son un elemento importante en la evaluación de la calidad de los forrajes desde el punto de vista nutricional; sus concentraciones varían dependiendo de la especie, el suelo, la fertilización y la madurez; la deficiencia de estos disminuye el consumo voluntario y la digestibilidad y pueden generar problemas de salud en el animal; sin embargo, [Eskandari et al. \(2009\)](#) sostiene que no debe exceder los 85 g/kg (8,5%) el contenido de cenizas en un forraje ya que puede afectar su calidad. [Espinoza-Montes \(2018\)](#) indica que la presencia de leguminosas en el cultivo asociado de avena con vicia mejora el rendimiento, materia seca y calidad del forraje; por otro lado, [Altamirano et al. \(2019\)](#) indican que en el cultivo en asociación de avena-vicia es importante conocer el momento oportuno de cosecha para aprovechar al máximo su rendimiento y contenido nutricional; así mismo, [Oyhamburu et al. \(2018\)](#) mencionan que para realizar una preparación de silaje los momentos de corte son variables, la guía serán las gramíneas en estado de floración o floración temprana.

Para determinar el momento óptimo de corte en función de las características deseables, se ha propuesto el modelo de deseabilidad compuesta que elija al tratamiento que disponga de mayor rendimiento de forraje verde y biomasa, mejores niveles de proteína, Extracto etéreo y Extracto libre de nitrógeno y menores niveles de fibra, considerando que las cenizas no excedan 8.5%, es así que con las variables evaluadas se ha calculado que la mejor deseabilidad se tiene con el T1 con 0,52, superior al T3 y T2 con 0,40 y 0,39

respectivamente, quedando así, establecido que la edad fenológica del T1 es el mejor momento de cosecha de la asociación Avena sativa L. – Vicia sativa L. para el proceso de silaje, con la finalidad de obtener un alimento adecuado para la alimentación animal.

4. Conclusiones

El genotipo INIA 909 – Katekyl tuvo mejores resultados para rendimiento de forraje verde, biomasa y semilla con 59,8 t/ha, 14,1 t/ha y 1876 kg/ha respectivamente, presentando rasgos muy superiores para el rendimiento productivo bajo las condiciones de las 10 localidades, con resultados superiores a los del genotipo INIA 905 - La Cajamarquina. Por otro lado, el momento óptimo de cosecha de la asociación forrajera Avena sativa L. – Vicia sativa L. para producción de silaje en la sierra norte del Perú; se presenta en el estado de floración de la Avena considerado en el tratamiento 1 (T1) donde se obtuvo una mayor cantidad de forraje verde de 56,13 t/ha; mayores niveles de proteína, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno de 10,22%, 6,29% y 31,52% respectivamente y menos niveles de fibra cruda de 17,48%; logrando así los mejores índices de deseabilidad. Con los resultados obtenidos podemos mencionar que el cultivo de *Avena sativa* L. es una alternativa para la alimentación animal. Asimismo, se debe implementar el momento de corte temprano cuando el forraje es destinado para la producción de silaje.

Agradecimientos

Agradecimiento a la M.Sc. Marieta Cervantes Peralta, por el apoyo en los análisis de suelos y el aporte en las recomendaciones de fertilización. A los técnicos Pedro Mantilla Rudas y Miguel Ramos Lulaico por su colaboración en las diferentes actividades de campo como colaboradores del Programa Nacional de Pastos y Forrajes.

Referencias bibliográficas

- Alejo, J., Aedo, J., & Guerra-Galdo, E. (2020). Nueva variedad de avena (*Avena sativa* L.) multipropósito; resiliente al cambio climático y de ciclo corto. *Agroindustrial Science*, 10(3), 267–272.
- Altamirano, M. E., Bravo, C. G., Rojas, M. E., Zavala, C. O., Quispe, O. C., & Camacho, W. R. (2019). Rendimiento y valor nutricional de avena asociada con vicia en condiciones altoandinas de Junín, Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 8, 53-64.
- Ammar, H., López, S., & Andrés, S. (2010). Influence of maturity stage of forage grasses and leguminous on their chemical composition and in vitro dry matter digestibility. *Options Méditerranéennes*, A, 92, 199-203.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Volume 1. Washington, USA.
- Ayşen, U., & Asik, F. F. (2012). The effect of mixture rates and cutting stages on some yield and quality characters of pea (*Pisum sativum* L.) + oat (*Avena sativa* L.) mixture. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 62-66.
- Basurto, E. P. (2018). Evaluación nutricional de ensilado cebada-vicia en diferentes proporciones, con y sin urea al 1% en la Región Huancavelica. Tesis maestría. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Carulla, J., Cárdenas, E., Sánchez, N., & Riveros, C. (2004). Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de Lechería Especializada: "Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad". Medellín, 1, 21-38.
- Chanca, P. R., Quispe, A. H., Paco, C. J., Huamani, E. C. L., & Ruiz, L. A. (2016). Effect of supplementation silage (*Festuca dolichophylla*, *Avena sativa* and *Vicia sativa*) on weight gain and mortality in adult alpacas (*Vicugna pacos*). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 10(1), 83.
- Cooke, M. M. (2015). Evaluación nutricional de microsilos de cebada y vicia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Enciso, M., Gómez, C., Núñez, J., & Ruiz, W. (2020). Ensilado de avena y avena asociada con vicia en la zona altoandina del Perú. *Revista Clake Education*, 1(03), 4-4.
- Eskandari, H., Ghanbari, A., & Javanmard, A. (2009). Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 07-13.
- Espinoza-Montes, F., Nuñez-Rojas, W., Ortiz-Guizado, I., & Choque-Quispe, D. (2018). Producción de forraje y competencia interespecífica del cultivo asociado de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia sativa*) en condiciones de secano y gran altitud. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1237-1248.
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology*, 131(3), 872-877
- Hauserr Lüder, R. M., Qin, R., Richner, W., Stamp, P., & Noulas, C. (2018). Spatial variability of selected soil properties and its impact on the grain yield of oats (*Avena sativa* L.) in small fields. *Journal of Plant Nutrition*, 41(19), 2446–2469.
- Kim, T. S., Raveendar, S., Suresh, S., Lee, G. A., Lee, J. R., Cho, J. H. & Chung, J. W. (2015). Transcriptome analysis of two *Vicia sativa* subspecies: mining molecular markers to enhance genomic resources for vetch improvement. *Genes*, 6(4), 1164-1182.
- Mehraj, U., Abidi, I., Ahmad, M., Gul-Zaffar, Dar, Z. A., Rather, M. A., & Lone, A. A. (2017). Stability analysis for physiological traits, grain yield and its attributing parameters in oats (*Avena sativa* L.) in the Kashmir valley. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8(1), 59–62.
- Mir, L., Gerardo, S., Rangel, E., Mir, V., Eduardo, H., et al. (2004). Pérdidas Ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. avenae Eriks. y Henn. Causante de la Roya del Tallo en Seis Cultivares de Avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(2), 166–171.
- Oyhamburu, E. M., Vecchio, M. C., Heguy, B., Lissarrague, M. I., Bolaños, V. A., Fernández, F., & Delgado, J. (2018). Curso de Forrajicultura y Praticultura. Tomo II. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Pandey, M. (2018). Effect of integrated nutrient management on yield, quality and uptake of nutrients in oat (*Avena sativa*) in alluvial soil. *Annals of Plant and Soil Research*, 20(1), 1–6.
- Paytan, L. M., Sáez, M., Cordero, A. G., Contreras, J. L., Curasma J, Tunque M, & Rojas Y. C. (2017). Efecto de aditivos químicos en la composición del ensilado de avena (*Avena sativa* L.). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 11(1), 69-75.
- Rahetlah, V. B., Randrianaivoarivony, J. M., Razafimpamo, L. H., & Ramalanjaona, V. L. (2010). Effects of seeding rates on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) vetch (*Vicia sativa* L.) mixtures under irrigated conditions of Madagascar. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(10).
- Sánchez, J. M. (2007). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en sistemas de producción animal. Barquisimeto, Venezuela.
- Santoyo-Ariza, M. L., Sedano, M. P., & Diaz Villamil, P.A. (2019). Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*Avena sativa*) en dos estados de maduración diferentes, en la vereda el Gaital del municipio de Vélez Santander. Documentos De Trabajo ECAPMA, (2)
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (2017). Instituto Geofísico del Perú. Estación Augusto Weberbauer. Cajamarca, Perú.
- Sharma, V., Kumar, K., & Sharma, S. (2018). Effect of different varieties and nitrogen on yield and quality of oat (*Avena sativa* L.). *International Journal of Science, Environment*, 7(4), 1366–1369.
- Tulu, A., Diribsa, M., & Temesgen, W. (2020). Evaluation of Seven Oat (*Avena sativa*) Genotypes for Biomass Yield and Quality Parameters under Different Locations of Western Oromia, Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2020, 1–7.
- Zafar, U., Malik, M. A., Muhammad, A., Ijaz, S. S., & Muhammad, R. (2015). Winter forage quality of oats (*Avena sativa*), barley (*Hordeum vulgare*) and vetch (*Vicia sativa*) in pure stand and cereal legume mixture. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 28(1), 1-10.