

Incremento N foliar, biomasa e índices de competencia del triticale (x *Triticosecale*) asociado con haba, utilizando diferentes proporciones de semilla en el valle del Mantaro, Perú

Leaf N increase, biomass and competition indices of triticale (x Triticosecale) associated with bean, using different seed proportion in Mantaro Valley, Peru

Vidal César Aquino Zacarías^{1*}, Narcizo Isidoro Gómez Villanes¹,
Fredy Fernando Rivas Yupanqui¹, Andrés Alberto Azabache Leyton¹, Jiménez-Dávalos Jorge²

RESUMEN

La eficiencia en la calidad y rendimiento de forraje del triticale en cultivo asociado con haba es afectada por la proporción de semillas. El objetivo del ensayo fue optimizar la proporción de semillas de la asociación triticale-haba para mejorar el incremento de nitrógeno (N) foliar y biomasa de triticale, optimando los índices de competencia. La investigación se realizó en campaña chica 2019 (época de estiaje), lote 2, EEAM-FAG-UNCP, El Mantaro-Jauja. La estructura experimental consistió en proporciones (%) de semillas triticale-haba con la disposición 100:00, 100:25, 100:50, 100:75, 100:100, 00:100. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. En los cultivos asociados de triticale-haba, la proporción 100:75 produjo alta concentración de nitrógeno foliar (2,4%) y mayor biomasa (9,18 t ha⁻¹) en triticale. La máxima proporción 100:100 se asoció a mayor producción total de forraje (40,38 t ha⁻¹) y nódulos rizobiales por planta (116,47) de haba. Los índices de competencia indican que la inclusión del haba en la asociación favorece el rendimiento relativo total (LER_{total}), no manifiestan comportamiento agresivo entre cultivos (A = 0) y el triticale y haba comparten su capacidad competitiva (CR>1) según las proporciones de semilla.

Palabras clave: cultivos asociados, proporción de semillas, calidad de forraje, rendimiento de forraje.

ABSTRACT

The forage quality and yield efficiency of triticale in bean-associated crops are affected by the proportion of seeds. The trial's objective was to optimize the seed ratio of the triticale-bean association to improve the increase of leaf nitrogen (N) and biomass of triticale, optimizing competition indices. The research was conducted in small campaign 2019 (dry season), lot 2, EEAM-FAG-UNCP, El Mantaro-Jauja. The experimental structure consisted of proportions (%) of seeds Triticale:Bean with the arrangement, 100:00, 100:25, 100:50, 100:75, 100:100, 00:100. The experimental design was of complete blocks at random with three repetitions. In the associated triticale:bean crops, the 100:75 ratio produced high leaf a nitrogen concentration (2.4%) and higher biomass (9.18 t ha⁻¹) in triticale. The maximum ratio 100:100 was associated with higher total production of forage (40.38 t ha⁻¹) and rhizobial nodules per plant (116.47) of beans. The competition indices indicate that the inclusion of the bean in the association, favors the relative total yield (LER_{total}), does not show aggressive behavior between crops (A = 0) and that, the triticale and bean share their competitive capacity (CR>1) according to the seed proportions.

Keywords: associated crops, seed ratio, forage quality, forage yield.

Introducción

En el valle del Mantaro la producción de forraje verde (FV) es el principal sustento diario para la crianza familiar de animales menores,

entre ellos el cuy (*Cavia porcellus*). El clima juega un rol importante en la disponibilidad de forraje verde, principalmente durante la estación seca, cuando la producción disminuye y se acrecienta su demanda (Sánchez *et al.*, 2013; Plana *et al.*,

¹ Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú. Carretera Central km 35. El Mantaro, Jauja, Junín, Perú

² Programa Doctorado Agricultura Sustentable. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n. La Molina-Lima, Perú.

* Autor correspondencia: vaquino@uncp.edu.pe

2016a), de abril a septiembre, con heladas frecuentes de intensidad máxima en junio y julio. En este periodo los productores utilizan diferentes sistemas agrícolas de producción (Aquino *et al.*, 2018) y se incrementan las áreas de cultivo con haba (tolerante a heladas y de alta rentabilidad), relegando a los cultivos forrajeros: cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*). Por otro lado, el impacto negativo del cambio climático sobre la fertilidad del suelo y el exceso de fertilización mineral de los cultivos han tenido serias afectaciones en la seguridad alimentaria de los países subdesarrollados (Plana *et al.*, 2016b). No obstante, el nitrógeno (N) es el principal limitante de la productividad, y se utilizan fertilizantes nitrogenados inorgánicos para compensar las deficiencias (Corrales-González *et al.*, 2016). En trigo, la utilización del N es esencial para optimizar los rendimientos y reducir los costos de producción (Grijalva-Contreras *et al.*, 2016).

En el valle, en época de estiaje, el haba se siembra en monocultivo, y existe una relación simbiótica con el *Rhizobium*, fuente potencial para el aprovechamiento del N₂. Las habas (*Vicia faba*), noduladas bajo condiciones apropiadas, fijan un promedio de 210 kg ha⁻¹ de N en un año (Oliver, 2017). Por su sistema de siembra en surcos, el haba brinda la oportunidad de asociarla con otros cultivos, como una medida agrotécnica (Pomortsev *et al.*, 2019). El triticale (x *Triticosecale* Wittmack), cereal sintetizado por el hombre (De Mori *et al.*, 2014), y de doble propósito, grano y forraje (Giunta *et al.*, 2015), tiene alto potencial de rendimiento en ambientes sujetos a déficit hídrico y/o nutricional, y podría catalogarse como uno de los cereales más prósperos que han sido proporcionados y desarrollados por la humanidad (Riasat *et al.*, 2019). Por sus cualidades nutritivas, puede sustituir a la avena, sobre todo en regiones con bajas temperaturas (Montemayor *et al.*, 2015).

El sistema asociado, donde dos o más cultivos se encuentran dispuestos en hileras definidas, garantiza que no compitan entre sí por espacio, humedad, nutrientes y radiación solar. Los cultivos asociados, cereales + leguminosas, brindan mayor alcance para minimizar el impacto adverso del estrés por humedad y nutrientes, mejorando la productividad del sistema y la salud del suelo (Layek *et al.*, 2018). Además, resulta beneficioso en el ámbito edafológico y ecológico del suelo, al promover mejor producción de FV de calidad por mayor depósito de N foliar en la poacea a través

de la fijación biológica por parte de la fabacea, y alcanzar mayor eficiencia de rendimiento forrajero. Las leguminosas ofrecen ventajas intrínsecas sobre las no leguminosas (Adams *et al.*, 2018). Compiten por el N mineral del suelo en las primeras fases, lo que favorece al cereal y obliga a la leguminosa a aumentar la fijación de N₂ en comparación con el monocultivo en función de la densidad de plantas (Bedoussac *et al.*, 2015). Dentro del sistema crecen y compiten entre sí por recursos existentes del medio y para reconocer la competencia se desarrollaron modelos matemáticos (Espinoza *et al.*, 2018). Entre ellos se eligió la relación equivalente tierra (LER), agresividad (A) y relación de competencia (CR) (Layek *et al.*, 2018).

El programa de cereales de la Estación Experimental Agropecuaria El Mantaro (EEAM), Facultad de Agronomía (FAG), Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), tiene entre sus objetivos la validación agronómica de una selección de triticale proveniente del CIMMYT-México, con mayores y mejores cualidades forrajeras que satisfagan las necesidades del agricultor. También se busca optimizar la proporción de semillas de la asociación triticale-haba que permita el incremento de nitrógeno (N) foliar y biomasa de triticale, para mejorar los índices de competencia.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la campaña 2019, en el lote 2 de la EEAM-FAG-UNCP, ubicado en el distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, departamento de Junín. Carretera Central, km 34, margen izquierda del río Mantaro; latitud sur, 12°03'19" del Ecuador; longitud oeste, 75°16'33" de Greenwich; altitud, 3316 msnm. De clima seco y templado, con 650 mm de precipitación promedio, temperatura promedio anual 19,4 °C máxima y 4,1 °C mínima, donde el 70% de la agricultura se desarrolla bajo condiciones de secano (IGP, 2012). El análisis de suelo reporta bajo contenido de N, medio de K y alto de P; textura franca, pH 6,83, neutro, y no presenta problemas generales de manejo del suelo.

Para el experimento se utilizó la línea avanzada de triticale (ARDI_1/TOPO1419//ERIZO_9/3/POSAS_2/4/: CIMMYT), semitardío, de porte intermedio, espiga barbada, excelente macollamiento y rebrote (Aquino y Gómez, 2019), con haba común cv. Pacae Rojo Mantaro, tallo

cuadrangular robusto, 100-150 cm, 6-7 macollos, flores blanco violáceo, 3-5 vainas por racimo, vainas con 1-3 granos de tamaño grande color rojo.

El cultivo se realizó bajo riego, después de la temporada de lluvias. La siembra de las habas se hizo el 5 de junio de 2019, a la densidad de 130 kg ha⁻¹, depositando la semilla en sistema de golpes al fondo del surco. Luego, en la costilla del surco, se sembró el triticale (Figura 1) el 27 de agosto de 2019, a la densidad de 120 kg ha⁻¹ (21,6 g por hilera), en sistema de chorro continuo en toda la longitud de la hilera, a la profundidad de 5 cm, y se culminó con la cosecha de forraje verde el 20 de noviembre de 2019, al determinar, en triticale, el estadio Z7.1: granos de la zona central de la espiga en madurez acuosa con líquido claro (Zadoks *et al.*, 1974) y en haba (escala BBCH), estadio VL.75: 50% de las vainas han alcanzado la longitud final (Lancashire *et al.*, 1991). Las parcelas tenían surcos de 6 m de longitud, 0,8 m entre surcos y 0,4 m entre golpe de plantas, y en el triticale las hileras estaban separadas 0,3 m (0,15 m a ambos lados del surco de haba). El cultivo se realizó de acuerdo al manejo tradicional del valle del Mantaro.

Los tratamientos del experimento incluyeron parcelas de monocultivo como controles y parcelas con diferentes proporciones de semillas a la siembra (Espinoza *et al.*, 2018). Las proporciones porcentuales de semillas (PS) de triticale-haba fueron: 100:00 (MT), 100:25 (ATH₁), 100:50 (ATH₂), 100:75 (ATH₃), 100:100 (ATH₄) y 00:100 (MH).

Las variables evaluadas fueron incremento porcentual de N foliar en triticale (NT), biomasa en triticale (BT) y haba (BH), rendimiento de forraje verde de triticale (FVT) y haba (FVH), presencia de nódulos de *Rhizobium* en haba (NRZ)

e índices de competencia interespecífica (LER, A y CR) del sistema asociado.

Los datos se obtuvieron de dos metros lineales en el triticale y un metro lineal en el haba, determinando FVT y FVH de las muestras de las hileras y surcos centrales.

Para triticale la muestra representó el área cosechada (AC) de 0,6 m² y haba, 0,8 m². Se estimó el rendimiento final de BT y BH, separando de la muestra diez plantas al azar de triticale y cinco de haba. Se determinó la biomasa fresca (PF) con la ayuda de una báscula y las plantas fueron llevadas luego al horno a temperatura constante (75 °C) por 48 horas (CIMMYT, 2012). Al final se pesaron las muestras secas (PS) y del resto del manojito después del secado (PM), estimándose la biomasa en kg ha⁻¹ = ((PS/PF)x(PM+PF))/AC)x10.

Asimismo, para NRz, en plantas elegidas al azar, con la ayuda de una azada, se colectaron cuatro plantas en forma individual. Se contaron los nódulos “rizobiales” por planta de cada tratamiento. El análisis del contenido de NT total se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas (LASAP), FAG-UNCP, con el procedimiento Microkjeldahl (Bremner, 1996), %N = (Gasto HCl (ml) x Normalidad de HCl x 1,4)/peso de muestra (g).

La competencia entre dos cultivos asociados se determinó mediante los índices para medir la productividad y eficiencia entre cultivos (Layek *et al.*, 2018; Espinoza *et al.*, 2018). El comportamiento competitivo, triticale “a” y haba “b”, se estimó en términos de LER, donde la ventaja relativa de cultivos asociados es obtenida o comparada con monocultivos, y se calcula cada proporción del uso total (Kamara *et al.*, 2019). Los valores se determinaron con la relación $LER = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$, donde Yaa y Ybb son los rendimientos

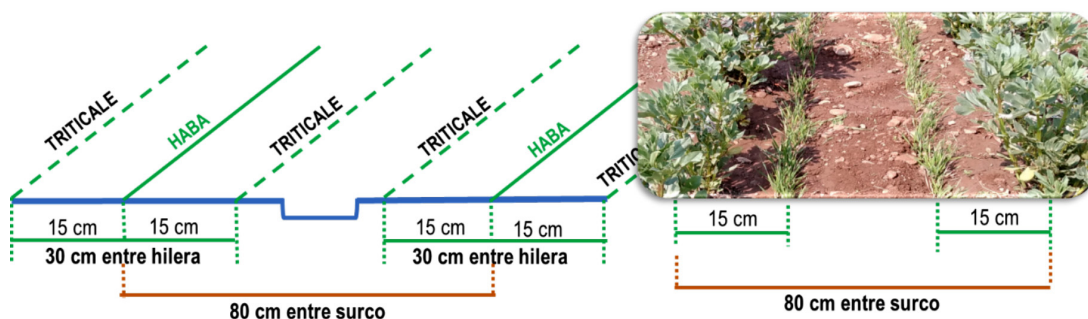


Figura 1. Disposición de siembra de triticale a los costillares del surco de haba.

de los monocultivos de “a” y “b”, respectivamente, Yab es el rendimiento del cultivo “a” asociado y Yba es el rendimiento del cultivo “b” en asociación. El valor de LER se utiliza con frecuencia para comparar la eficacia de la mezcla y el monocultivo: cuando el LER es >1, la asociación favorece el crecimiento y el rendimiento de la especie; si es <1, la asociación afecta negativamente el crecimiento y el rendimiento de las plantas cultivadas en asociación (Layek *et al.*, 2018). El valor A es otro índice que se utiliza para indicar en qué medida el aumento del rendimiento relativo de “a” es mayor que “b” en un sistema de cultivo asociado. La ecuación es: $Aa = (Yab/YaZab) - (Yba/YbZba)$ y $Ab = (Yba/YbZba) - (Yab/YaZab)$. Si $Aa = 0$, ambos cultivos son igualmente competitivos; si Aa es positivo entonces el cereal es dominante, y si Aa es negativo, el cereal es la especie dominada. El CR da una mejor medida de la capacidad competitiva de los cultivos y también es ventajoso como índice sobre A. El CR representa simplemente la proporción de LER individuales de los dos cultivos componentes y tiene en cuenta la proporción de los cultivos sembrados en cultivos asociados. Se calcula con las fórmulas $CRa = (LERa/LERb)(Zba/Zab)$ y $CRb = (LERb/LERa)(Zab/Zba)$. Zab, muestra la proporción de “b” en combinación con “a” asociado, y Zba, la proporción de “a” en combinación con “b” asociado. Interpretando, cuando $CR_{ab} > 1$, la capacidad competitiva del cultivo “a” es más alta que aquella del cultivo “b” (Layek *et al.*, 2018). Asimismo, se determinó el rendimiento total de la asociación, biomasa productiva (BTH) y forraje verde (FVTH).

Los tratamientos buscan la respuesta PS adecuada con siembra en sistema de cultivos asociados, triticale-haba, para el incremento de la fijación simbiótica de N_2 y para acrecentar la calidad forrajera del triticale en% de N foliar y biomasa, optimizando la competencia interespecífica, según se detalla en el plan de PS, Tabla 1.

Los tratamientos se distribuyeron según el esquema de un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, dispuestos en 18 unidades experimentales de 6 x 3,2 m cada una, considerando como la parcela útil los dos surcos o hileras centrales. El área total fue de 422,4 m².

Los datos fueron sistematizados en matrices (Excel 2016). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para calcular las medias, errores estándar y diferencias significativas entre tratamientos. Se utilizó el programa estadístico InfoStat Ve. Las medias

Tabla 1. Plan de proporción de semilla (PS) con siembra en sistema de cultivos asociados triticale-haba.

Proporción (%)	Sistema asociado
MT (100:00)	Monocultivo triticale
ATH ₁ (100:25)	Asociación triticale-haba
ATH ₂ (100:50)	Asociación triticale-haba
ATH ₃ (100:75)	Asociación triticale-haba
ATH ₄ (100:100)	Asociación triticale-haba
MH (00:100)	Monocultivo haba

MT: monocultivo triticale (100:00): 120 kg ha⁻¹ (21,6 g hilera⁻¹). MH: monocultivo haba (00:100): 130 kg ha⁻¹. Haba, 25: 1 semilla, 50: 2 semillas, 75: 3 semillas y 100: 4 semillas por golpe de plantas. 100: 100%, 75: 75%, 50: 50%, 25:25%.

de tratamiento se compararon empleando la DMS de las medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Se determinó la relación existente entre las variables del rendimiento de forraje y componentes asociados en haba y calidad de forraje, a través de polinomios ortogonales.

Resultados y discusión

Los resultados del ANOVA muestran diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) en el uso de la PS en la asociación triticale-haba. Se observa mayor concentración de NT y que tuvo efecto positivo en la calidad del forraje y buena formación de NRz. El uso de la PS: ATH₃ (triticale 100%: 120 kg ha⁻¹ + haba 75%: 3 semillas por golpe de plantas) permitió el incremento de NT (2,4) superando al MT (Tabla 2) por la competencia poblacional y la menor biomasa en función de la densidad de la planta (Bedoussac *et al.*, 2015). Se constituye en un medio mejorado para suministrar N a los cereales, ofreciendo ventajas intrínsecas sobre las no leguminosas (Adams *et al.*, 2018) y crucial para una agricultura sostenible, incluida la reducción de la contaminación por fertilización nitrogenada sintética (Dent & Cocking, 2017). Sin embargo, no existe una relación directa con NRz. La PS: ATH₄ (triticale 100%: 120 kg ha⁻¹ + haba 100%: 4 semillas por golpe de plantas) promovió mejor formación de NRz (116,67) pero no incrementó la concentración de NT (2,37). Respecto a los efectos de compensación que facilitan el establecimiento de nódulos por simbiosis mutualista, *Rhizobium*-leguminosa es más eficiente pero no concentra más NT, probablemente por la movilización de N hacia las vainas y formación del grano (Álvarez-Solís *et al.*, 2016).

Tabla 2. Efecto de la proporción de semillas en el contenido de nitrógeno en triticale y nódulos rizobiales en haba. Cultivo asociado triticale-haba.

Proporción de semillas (%)	NT	NRz
	\bar{x}	\bar{x}
MT (100:00)	1,94 ^{bc}	–
ATH ₁ (100:25)	1,91 ^c	75,67 ^{ab}
ATH ₂ (100:50)	2,12 ^{abc}	51,17 ^b
ATH ₃ (100:75)	2,40 ^a	55,75 ^b
ATH ₄ (100:100)	2,37 ^{ab}	116,67 ^a
MH (00:100)	–	63,08 ^{ab}
DMS	0,45821	55,07237

Contrastes (CM)		
Lineal	0,14 ^{ns}	1928,0 ^{ns}
Cuadrática	0,03 ^{ns}	1423,3 ^{ns}
Cúbica	0,28 [*]	4588,0 ^{**}

NT: % de N foliar en planta de triticale. NRz: nódulos rizobiales por planta de haba. 100: 100%. 75: 75%. 50: 50%. 25:25%. MH: monocultivo haba. MT: monocultivo triticale (120 kg ha⁻¹ (21,6 g hilera⁻¹)). ATH₁: asociado triticale + 1 semilla de haba, ..., ATH₄: asociado triticale + 4 semillas de haba por golpe de plantas. CM: cuadrado medio. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas DMSt (p > 0,05).

El análisis con polinomios ortogonales muestra la cúbica entre NT y NRz la lineal y cuadrática con respuesta significativa (p ≤ 0,05) y altamente significativa (p ≤ 0,01) respectivamente (Tabla 2), indicando la tendencia de utilizar la PS asociado con triticale con NT y NRz. El R² de 0,997 del contraste cúbico, ATH₃, promueve mayor NT y sigue una

curva parabólica ascendente, incrementando la tasa a medida que se aumentan las proporciones (Figura 2), con 99,97% de tendencia. El monocultivo MT mostró un resultado inferior en NT, probablemente debido a la ausencia de la fabácea y a no fijar N₂ en el suelo. Mientras que en NRz (R² de 0,7987), ATH₄ presentó la máxima formación de nódulos “rizobiales” por planta, en la curva parabólica descende y asciende en el intercalado y luego la curva descende diferenciándose con el monocultivo MH, con una tendencia de 79,87%.

Los resultados del ANOVA del cultivo asociado triticale-haba, BT y FVT, muestran diferencias estadísticas altamente significativas (p ≤ 0,01) y BTH, significativa (p ≤ 0,05). En cuanto a la respuesta del triticale a las PS, en este sistema hubo alta relación hilera-población, que se manifestó en el crecimiento y productividad (Layek *et al.*, 2018). El rendimiento de BT (Tabla 3), MT fue diferente a los demás grupos y superó en rendimiento de biomasa a las PS dentro del cultivo asociado; ATH₁ (triticale 100%: 120 kg ha⁻¹ + haba 25%: 1 semilla por golpe de plantas), difiere en la respuesta con las proporciones restantes. En BTH, ATH₃, se incrementó la biomasa a 9,18 t ha⁻¹, difiriendo con las demás proporciones, en la fenología, donde el crecimiento es más vigoroso y con alta producción de biomasa (Álvarez-Solís *et al.*, 2016). El mismo efecto fue observado en el monocultivo de avena y vicia, donde Espinoza *et al.* (2018) señalan que el rendimiento de cultivo asociado favorece el rendimiento de materia seca (RMS)

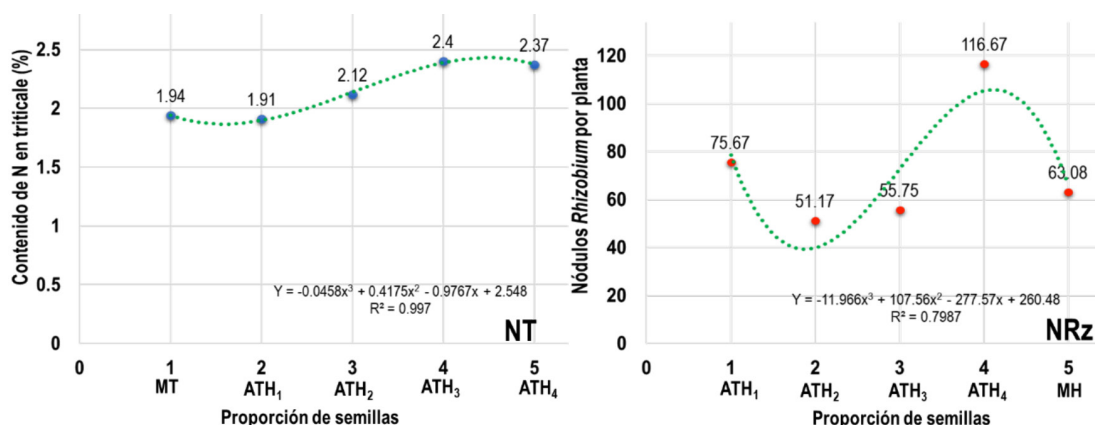


Figura 2. Contraste cúbico para proporción de semillas en cultivo asociado triticale-haba con el% de N en planta de triticale (NT) y nódulos rizobiales en haba (NRz).

MT: monocultivo triticale. ATH₁: asociado triticale + 1 semilla de haba, ..., ATH₄: asociado triticale + 4 semillas de haba por golpe de plantas. MH: monocultivo haba.

Tabla 3. Efecto de la proporción de semilla en el rendimiento de forraje verde. Cultivo asociado triticale-haba.

Proporción de semillas (%)	Biomasa (t ha ⁻¹)			Rendimiento forraje (t ha ⁻¹)		
	BT	BH	BTH	FVT	FVH	FVTH
MT (100:00)	5,63 ^a	–	5,63 ^{ab}	18,82 ^a	–	18,82 ^a
ATH ₁ (100:25)	4,82 ^{ab}	3,53 ^a	8,34 ^{ab}	16,30 ^a	13,22 ^a	29,52 ^a
ATH ₂ (100:50)	2,97 ^{bc}	3,85 ^a	6,82 ^{ab}	13,16 ^a	17,95 ^a	31,11 ^a
ATH ₃ (100:75)	2,96 ^{bc}	6,22 ^a	9,18 ^a	12,41 ^a	25,29 ^a	37,70 ^a
ATH ₄ (100:100)	2,57 ^c	4,96 ^a	7,52 ^{ab}	13,97 ^a	26,41 ^a	40,38 ^a
MH (00:100)	–	4,88 ^a	4,88 ^b	–	34,89 ^a	34,89 ^a
DMS	2,2046	4,5836	4,0881	87,826	248,012	256,441
Contrastes (CM)						
Lineal	10,06 ^{**}	0,00011 ^{ns}	28,75 ^{**}	691,77 ^{**}	174,41 ^{ns}	68,79 ^{ns}
Cuadrática	0,04 ^{ns}	5,2 ^{ns}	1,13 ^{ns}	248,68 ^{**}	398,06 [*]	39,85 ^{ns}
Cúbica	0,000027 ^{ns}	10,28 ^{ns}	1,63 ^{ns}	112,31 ^{**}	1,98 ^{ns}	13,55 ^{ns}

BT: biomasa triticale. BH: biomasa haba. BTH: biomasa total triticale-haba. FVT: forraje verde triticale. FVH: forraje verde haba. FVTH: forraje verde total triticale-haba. 100: 100%. 75: 75%. 50: 50%. 25:25%. MH: monocultivo haba. MT: monocultivo triticale (120 kg ha⁻¹ (21,6 g hilera⁻¹)). ATH₁: asociado triticale+1 semilla de haba, ..., ATH₄: asociado triticale + 4 semillas de haba por golpe de plantas. CM: cuadrado medio. Letras iguales indican diferencias estadísticas no significativas DMSt ($p > 0,05$).

comparado con RMS del monocultivo de avena, en tres proporciones y tres momentos de cosecha.

Asimismo, se aprecia el incremento de FVTH en las PS, con máximo rendimiento en ATH₄ con 40,38 t ha⁻¹, comparado con los monocultivos, MT y MH, que fueron superados por las proporciones de semillas en BTH y FVTH.

La relación directa de las PS: ATH₁, entre BT y FVT, alcanzó 4,82 t ha⁻¹ y 16,30 t ha⁻¹ respectivamente y superó a las demás proporciones. Es importante resaltar que a medida que se incrementan las PS, tanto en BT como en FVT, disminuyen los promedios obtenidos, estableciendo mejor promedio la proporción baja, ATH₁, probablemente debido al hábito cespitoso del triticale ocasionado por la menor densidad de haba. Es decir, a medida que aumenta la densidad del haba, la biomasa del triticale asociado disminuye proporcionalmente, según el resultado obtenido por Layek *et al.* (2018) en el cultivo intercalado maíz-soya.

El agricultor del valle del Mantaro prioriza la cosecha directa de forraje verde, y en el cultivo asociado triticale-haba se incrementó el rendimiento FVTH (ATH₄: 40,38 t ha⁻¹) comparado con el monocultivo MT y MH. Este resultado es similar al obtenido por Espinoza *et al.* (2018) en los monocultivos de avena y vicia. Afirman que el rendimiento de cultivo asociado favorece el rendimiento de FV comparado con el monocultivo de avena, en tres proporciones y tres momentos de

cosecha. La producción de macollos del triticale no fue favorecida por la menor densidad del haba (una y dos semillas por golpe de plantas) y por lo tanto no mejoró la producción de forraje.

El análisis de polinomios ortogonales fue más ajustado en el contraste lineal en BT y BTH, mientras que en FVT, además de la lineal, es más ajustado en la cuadrática y cúbica (Tabla 3) con respuesta altamente significativa ($p \leq 0,01$). En el contraste lineal, BT, muestra una correlación negativa con PS (Figura 3: BT), y esto indica que a medida que se incrementan las proporciones de semilla en haba, disminuye BT en 0,79 t ha⁻¹, por competencia poblacional de plantas en la asociación, permitiendo observar el coeficiente de determinación (R^2), donde el 87,26% de la merma de BT está influenciado por PS. U comportamiento estadístico similar se da en FVT (Figura 3). La tendencia de utilizar PS en asociación triticale-haba, R^2 de 0,995 del contraste cúbico, ATH₁, promueve mayor FVT en la asociación marcando la tendencia a partir de esta PS, que sigue una curva parabólica descendente. Existe una tasa menos creciente a medida que se suceden los demás incrementos en las proporciones, con ligera recuperación en ATH₄, con el 99,5% de tendencia. El monocultivo MT marcó tendencias superiores en BT y FVT por no existir competencia.

El cultivo asociado triticale-haba favoreció el rendimiento relativo total de forraje ($LER_{total} > 1$), comparado con el rendimiento relativo por cultivo

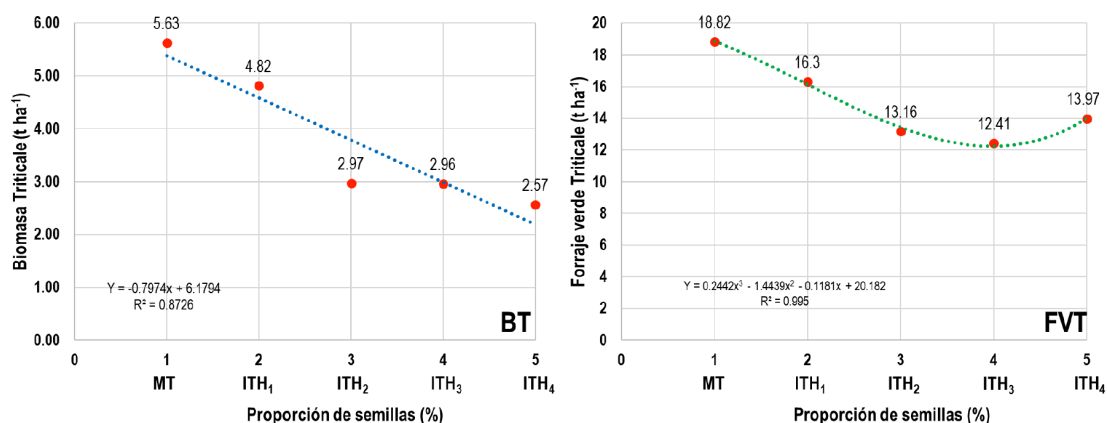


Figura 3. Contraste lineal y cúbico para proporción de semillas en cultivos asociados triticale-haba con biomasa (BT) y rendimiento de forraje verde de triticale (FVT).

MT: monocultivo triticale. ATH₁: asociado triticale + 1 semilla de haba, ..., ATH₄: asociado triticale + 4 semillas de haba por golpe de plantas.

en las cuatro PS. La LER parcial del triticale disminuyó a medida que aumentó la LER parcial del haba hasta alcanzar la PS del ATH₃ (Tabla 4). Los intercalados tienen LER_{total} mayores a 1,0; el cultivo asociado de triticale-haba favorece el rendimiento del monocultivo de triticale, y el de mayor eficacia es el patrón de cultivo ATH₃ con 1,8225 de LER_{total}. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Espinoza *et al.* (2018), quienes indican que el cultivo asociado de avena con vicia favorece el rendimiento de monocultivo de avena.

En el cultivo asociado triticale-haba no se manifestó comportamiento agresivo de ninguna de las especies ($A = 0$) en las cuatro PS, concordando con el reporte de Espinoza *et al.* (2018) en cultivo asociado avena con vicia. La tendencia de los valores alcanzados es cercana a cero (Tabla 5), y esto permite aseverar que no existe agresividad entre el

triticale y el haba. Por el contrario, la incorporación del haba como componente del cultivo asociado favorecería la obtención de mayores rendimientos de FV y mayor concentración de NT.

En el cultivo asociado triticale-haba se observa mayor capacidad competitiva del triticale ($CR > 1$) a menores PS, comparado con el haba. La capacidad competitiva de esta se da según se suceden las PS mayores. Esto indica que la capacidad competitiva de ambos cultivos depende de las PS, mostrando variabilidad en el comportamiento de CR (Tabla 5). En el CR_{triticale} se muestran más competitivas las PS, ATH₁ y ATH₂, y ATH₁ es la más competitiva, promoviendo mayor BT y FVT (Tabla 2). En el CR_{haba} las más competitivas fueron ATH₃ y ATH₄, afianzando mayor NT y NRz respectivamente y por consiguiente menor BT y FVT. Esto indica que en ambos cultivos asociados no existió predominio en

Tabla 4. Efecto de la proporción de semillas sobre el rendimiento relativo total de forraje. Cultivo asociado triticale-haba.

Proporción de semillas (%)	Rendimiento relativo de forraje (LER)		
	LER _a (triticale)	LER _b (haba)	LER _{total}
MT (100:00)	1,0000	–	1,0000
ATH ₁ (100:25)	0,8644	0,7486	1,6130
ATH ₂ (100:50)	0,5279	0,8130	1,3409
ATH ₃ (100:75)	0,5281	1,2944	1,8225
ATH ₄ (100:100)	0,4623	1,0486	1,5109
MH (00:100)		1,000	1,0000

Cuando LER_{total} es >1 favorece el rendimiento relativo de la asociación de cultivos (Layek *et al.*, 2018).

Tabla 5. Efecto de la proporción de semillas sobre la agresividad y relación competitiva. Cultivo asociado triticale-haba.

Proporción de semillas (%)	Agresividad (A)		Relación Competitiva (CR)	
	A _{triticale}	A _{haba}	CR _{triticale}	CR _{haba}
ATH ₁ (100:25)	-0,0158	0,0158	5,3499	0,2777
ATH ₂ (100:50)	-0,0081	0,0081	1,7518	0,9464
ATH ₃ (100:75)	-0,0089	0,0089	0,5158	1,9831
ATH ₄ (100:100)	-0,0042	0,0042	0,4391	2,5967

A > 0: comportamiento agresivo. A = 0: no existe agresividad. CR > 1: la capacidad competitiva de la especie es mayor con respecto a la otra (Layek *et al.*, 2018).

CR, diferenciándose en función de su característica de producción, triticale para forraje y haba para establecer mayor concentración de NT por medio de la fijación de N₂ por la simbiosis con *Rhizobium*. Sin embargo, el valor de ATH₁ fue de 5,3499 (CR>1). Según Layek *et al.* (2018), hay un impacto negativo, por tanto, la competencia entre cultivos asociados es demasiado alta, y no se recomienda que crezcan como cultivos asociados con esta proporción.

Conclusiones

En los cultivos asociados de triticale-haba, la proporción 100:75 permitió el incremento en la concentración de nitrógeno foliar (2,4%) y

produjo mayor biomasa (9,18 t ha⁻¹) en triticale, mientras que la más alta proporción 100:100 generó mayor cantidad de forraje (40,38 t ha⁻¹) y nódulos rizobiales por planta (116,47) de haba. Los índices de competencia indican que la inclusión del haba en la asociación favorece el rendimiento relativo total (LER_{total}), no manifiestan comportamiento agresivo entre cultivos (A = 0) y el triticale y el haba comparten su capacidad competitiva (CR>1) según las proporciones de semilla.

Con la finalidad de incentivar a los agricultores del valle del Mantaro al cultivo asociado triticale-haba, se hace necesario realizar más investigaciones sobre épocas de siembra del triticale en diferentes estados fenológicos tempranos del haba común.

Literatura Citada

- Adams, M.A.; Buckley, T.N.; Salter, W. T.; Buchmann, N.; Blessing, C.H.; Turnbull, T.L.
2018. Contrasting responses of crop legumes and cereals to nitrogen availability. *New Phytologist*, 217(4), 1475-1483.
- Álvarez-Solís, J.; Muñoz-Arroyo, R.; Huerta-Lwanga, E.; Nahed-Toral, J.
2016. Balance parcial de nitrógeno en el sistema de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con cobertura de leguminosas en Chiapas, México. *Agronomía Costarricense*, 40(1): 29-39.
- Aquino, V.; Gómez, N.
2019. Triticale (x *Triticosecale* Wittmack): bioestimulantes orgánicos y fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento forrajero en campaña chica - Valle del Mantaro. *Scientia Agropecuaria*, 10(4): 469-477.
- Aquino, V.C.; Camarena, F.; Julca, O.; Jiménez, J.E.
2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 269-279.
- Bedoussac, L.; Journet, E. P.; Hauggaard-Nielsen, H.; Naudin, C.; Corre-Hellou, G.; Jensen, E. S.; Prieur, L.; Justes, E.
2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 35(3): 911-935.
- Bremner, J.M.
1996. Nitrogen-Total. Soil Science Society of American and American Society of Agronomy, 677 S. Methods of Soil Analysis. Part-3-Chemical Methods. SSSA Book Series N° 5. Madison, WI, US.
- CIMMYT.
2012. Manual de determinación de rendimiento. México, DF. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 42 p.
- Corrales-González, M.; Rada, F.; Jaimez, R.
2016. Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.). *Acta Agronomica*, 65(3): 255-260.
- De Mori, C.; Nascimento Junior, A.; Miranda, MZ.
2014. Aspectos económicos e conjunturais da cultura de triticale no mundo y no Brasil. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Trigo. Passo Fundo, Brasil. 23 p.
- Dent, D.; Cocking, E.
2017. Establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals and other non-legume crops: The Greener Nitrogen Revolution. *Agric & Food Secur*, 6: 7-9.

- Espinoza, F.; Núñez, W.; Ortiz, I.; Choque, 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. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 29(4): 1237-1248.
- Giunta, F.; Cabiglieri, A.; Viridis, A.; Motzo, R.
2015. Dual-purpose use affects phenology of triticale. *Field Crops Research*, 183: 111-116.
- Grijalva-Contreras, R.L.; Robles-Contreras, F.; Macías-Duarte, R.; Santillano-Cázares, J.; Núñez-Ramírez, F.
2016. Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo (ETC). *Acta Universitaria*, 26(5): 48-54.
- Instituto Geofísico del Perú (IGP).
2012. Eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) en el valle del Mantaro. Ministerio del Ambiente. Primera edición. 2. Lima. Perú. 21 p.
- Kamara, A. Y.; Tofa, A. I.; Ademulegun, T.; Solomon, R.; Shehu, H.; Kamai, N.; Omoigui, L.
2019. Maize-soybean intercropping for sustainable intensification of cereal-legume cropping systems in Northern Nigeria. *Experimental Agriculture*, 55(1): 73-87.
- Lancashire, P.D.; Bleiholder, H.; Boom, T.V.D.; Langelüddeke, P.; Stauss, R.; Weber, E.; Witzemberger, A.
1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(3): 561-601.
- Layek, J.; Das, A.; Mitran, T.; Nath, C.; Meena, R.S.; Yadav, G.S.; Shivakumar, B.G.; Kumar, S.; Lal, R.
2018. Cereal+Legume Intercropping: An Option for Improving Productivity and Sustaining. In Meena, R.S.; Das, A.; Yadav, G.S.; Lal, R. (eds.), *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Springer Nature. Singapore. pp. 347-386.
- Montemayor, J.A.; Segura, M.A.; Munguía, J.; Woo, J.L.
2015. Productividad del agua en el cultivo de triticale (X. *Triticosecale* Wittmack) en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.*, 6(7): 1533-1541.
- Oliver, J.
2017. Producción de biomasa de haba (*Vicia faba* L.) para abono verde bajo tres densidades de plantación en el Centro Experimental Cota Cota. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica*, 3(1): 39-49.
- Plana, R.; González, P.; Rivera, R.; Varela, M.; Álvares, M.
2016a. Producción de forraje a base de triticale (X. *Triticosecale* Wittmack) en el suelo nitisol ferrálico lúxico, con dosis variables de nitrógeno e inoculación con hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 37(2): 22-32.
- Plana, R.; González, P.; Soto, F.
2016b. Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-E® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (x. *Triticosecale* Wittmack), cv INCA TT-7. *Cultivos Tropicales*, 37(4): 76-83.
- Pomortsev, AV.; Dorofeev, NV.; Yu Zorina, S.; Katysheva, NB.; Sokolova, LG.
2019. The effect of planting date on Winter rye and triticale overwinter survival and yield in Eastern Siberia. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 315 042031. AGRITECH. 5 p.
- Riasat, M.; Kiani, S.; Saed-Mouchehsi, A.; Pessarakli, M.
2019. Oxidant related biochemical traits are significant indices in triticale grain yield under drought stress condition. *Journal of Plant Nutrition*, 42(2): 111-126.
- Sánchez, R.; Jiménez, R.; Huamán, H.; Bustamante, J.; Huamán, A.
2013. Respuesta productiva y económica al uso de cuatro tipos de bebederos y a la adición de vitamina C en la crianza de cuyes en época seca en el valle del Mantaro. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 24(3): 283-292.
- Zadoks, C.; T. Chang; C. Konzak.
1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.

