



Revista de Investigaciones Veterinarias

del Perú, RIVEP

ISSN: 1682-3419

rivepsm@gmail.com

Universidad Nacional Mayor de San
Marcos
Perú

Contreras P., José Luis; Tunque Q., Miguel; Cordero F., Alfonso G.
Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de
Germinados
Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP, vol. 26, núm. 1, enero-marzo,
2015, pp. 9-19
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371838879002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Rendimiento Hidropónico de la Arveja con Cebada y Trigo en la Producción de Germinados

PERFORMANCE OF HYDROPONICS OF PEAS WITH BARLEY AND WHEAT IN THE PRODUCTION OF GERMINATES

José Luis Contreras P.^{1,3,4}, Miguel Tunque Q.², Alfonso G. Cordero F.¹

RESUMEN

El estudio tuvo por objetivo determinar el efecto de las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo en seis proporciones (0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, 100/0) de cultivos hidropónicos sobre el porcentaje de materia seca, materia orgánica y proteína cruda, y altura de planta, así como en la producción de forraje verde, materia seca, materia orgánica y proteína cruda. Se utilizó un arreglo factorial al azar de 2 x 6 (asociación x proporción) con 5 repeticiones por tratamiento. El porcentaje de materia seca y rendimiento de forraje verde fue estadísticamente similar en las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo. Los porcentajes de materia orgánica y proteína cruda fueron afectados por la asociación y por el nivel de proporción leguminosa/gramínea. El porcentaje promedio de proteína cruda de ambas asociaciones fue de 22.37%. La proporción de leguminosa/gramínea no afectó la altura de planta del cultivo hidropónico.

Palabras clave: hidroponía; germinado; cebada; asociación

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of the associations pea-barley and pea-wheat in six ratios (0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, 100/0) of hydroponics on the percentage of dry matter, organic matter and crude protein, height of the plant, and on the yield of green fodder, dry matter, organic matter and crude protein. A randomized factorial 2 x 6 (ratio x association) with 5 replicates per treatment was used. The percentage of dry matter and yield of green fodder were statistically similar in pea-barley and pea-wheat associations. The percentages of organic matter and crude protein were affected

¹Departamento Académico de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería (FCI), Universidad Nacional de Huancavelica (UNH), Huancavelica, Perú

²Gobierno Regional de Huancavelica, Perú

³Estudio financiado con los recursos del Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos, FCI-UNH y el apoyo económico del Ing. Miguel Tunque Quispe

⁴E-mail: joselcpunh123@hotmail.com

Recibido: 7 de enero de 2014

Aceptado para publicación: 31 de agosto de 2014

by the association and the level of legume/grass ratio. The average percentage of crude protein in both associations was 22.37%. The proportion of legume/grass did not affect plant height.

Key words: hydroponics; germinated; barley; association

INTRODUCCIÓN

La producción animal depende de los alimentos tradicionales y no tradicionales, siendo los insumos proteicos de alto costo. La base forrajera de la Sierra depende de la precipitación pluvial, donde una reducción del periodo de lluvias afecta la producción de pastos, tanto en cantidad como en calidad (Cordero *et al.*, 2008). Actualmente, muchas granjas de explotación pecuaria buscan maximizar la producción y minimizar los costos de producción utilizando la introducción de insumos alternativos para la sostenibilidad de la granjas (Guillermo *et al.*, 2006).

En Perú, al igual que en otros países tropicales, las variaciones climáticas, aunadas a la baja calidad de los forrajes usados en la producción pecuaria, constituyen dos de los factores que restringen el desarrollo adecuado de la ganadería nacional. Por ello, los productores agropecuarios suministran a sus animales dietas suplementarias basadas en alimentos concentrados (Espinoza *et al.*, 2004), las cuales encarecen los costos de alimentación pues, en muchos casos, parte de los insumos son importados.

El forraje verde hidropónico (FVH) es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, que se puede producir muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier medio geográfico, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología de producción de FVH es complementaria y no competitiva con la producción convencional de forraje a partir de especies apropiadas, siendo una herramienta eficiente y útil en la producción animal (FAO, 2001).

El sistema de FVH puede proporcionar un suministro constante de alimento para el ganado durante épocas críticas de abastecimiento de forrajes (sequía/invierno), requiriendo pequeñas superficies de terrenos para su producción (Rodríguez *et al.*, 2005). Esta metodología ha sido incorporada en sistemas intensivos de producción animal para proporcionar un nuevo ingrediente como alimento, suplemento o reemplazo de uno o más componentes de la ración diaria (Figueroa *et al.*, 1999; Rodríguez *et al.*, 2005; Morales *et al.*, 2009), debido a su alta palatabilidad y digestibilidad, y alto contenido de proteína cruda, vitaminas y minerales (Chang *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2004).

En los cultivos asociados de FVH, las ganancias netas son superiores a los monocultivos, principalmente, cuando se encuentra el nivel de asociación óptima entre dos especies que contribuyen mutuamente en su desarrollo (Castro *et al.*, 1998). En el presente estudio se busca evaluar la variación de la composición química y la producción de las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo en diversas proporciones de siembra asociada en la forma de cultivos hidropónicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del Estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Huancavelica, en Paturpampa, Huancavelica, a 3690 msnm y con una temperatura media de 17.8 °C durante el día y de -8 °C en las noches. La fase experimental se llevó a cabo entre junio y agosto de 2011.

Tratamientos

Se utilizaron 60 bandejas de 1480 cm², con una densidad de siembra al voleo de 20 g de semilla/dm², resultando en 296 g por bandeja. Este criterio se hizo debido al tamaño de la semilla y para evitar su pudrición u hongueo. Se empleó como leguminosa a la arveja (*Pisum sativum L.*) y como gramíneas a la cebada (*Hordeum vulgare L.*) y el trigo (*Triticum vulgare*).

Se manejaron dos asociaciones de cultivos hidropónicos (arveja con cebada y arveja con trigo) con seis proporciones de arveja-cebada y arveja-trigo (0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20 y 100/0).

Instalaciones y Bandejas

Se instaló un invernadero de techo tipo arco, de 3 m de ancho, 4 m de largo y 2.5 m de altura. La cubierta fue de plástico de polietileno, con un grosor de 0.0078 pulgadas. Las bandejas de madera fueron forradas con plástico de polietileno de color negro, como inhibidor de gérmenes nocivos.

Se hicieron pruebas de germinación con las semillas, mediante el método indirecto de flotación (López *et al.*, 2005), con el fin de alcanzar el 85% de germinación de la semilla durante la etapa experimental. En el estudio, las semillas fueron lavadas a una temperatura de 5° C y remojadas con una solución de lejía (hipoclorito sódico) al 1% durante 30 minutos, y luego fueron lavadas con agua fría en forma repetida. Seguidamente, las semillas de cada tratamiento fueron remojadas durante 24 horas, realizando tres cambios de agua en ese tiempo.

Se prepararon dos soluciones nutritivas. La solución A contenía 340 g de fosfato de amonio, 2.080 g de nitrato de calcio y 550 g de nitrato de potasio, en mezcla para 10 litros de agua potable. La solución B contenía 492 g de sulfato de magnesio, 0.48 g de sulfato de cobre, 2.48 g de sulfato de manganeso, 1.20 g de sulfato de zinc, 620 g de ácido

bórico, 0.02 g de molibdato de amonio y 50 g de quelato de hierro, en mezcla para 4 litros de agua potable.

Las bandejas se cubrieron por ocho días con pliegos de papel húmedo y plástico negro para evitar el ingreso de la luz y facilitar la germinación de las semillas. En ese lapso, el coleoptilo de las semillas alcanzó una altura de 5 cm. En los cuatro primeros días, cada bandeja se regó con 200 ml de agua potable por riego nebulizado, en tanto que en el día 7 y 8 solo se aplicaron por riego nebulizado 2.5 ml de la solución A y 1 ml de la solución B concentrada por cada litro de agua. Entre los días 9 y 19, las parcelas recibieron 300 ml de agua por bandeja mediante riego por aspersión a las 08:00, 12:00 y 17:00 horas. En el día 20 se registró el peso del forraje fresco, procediéndose al retiro de una muestra para su análisis químico.

Variables Evaluadas

Se determinó la composición química y producción de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) de acuerdo a las recomendaciones del AOAC (1995). La MS y la MO se analizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos (LUNEA) de la Universidad Nacional de Huancavelica, y la PC en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, utilizando el factor 6.25.

Se registró, además, la altura de planta (cm), con ayuda de una regla milimétrada, midiendo una muestra de 10 plántulas a partir de la semilla al ápice en cada una de las seis proporciones de la asociación.

Análisis Estadístico

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de 2 x 6 (asociaciones x proporciones), con cinco repeticiones por tratamiento, de acuerdo al modelo estadístico $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + (AP)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, donde Y_{ijk} = Variable dependiente es-

Cuadro 1. Análisis de variancia¹ de la composición química y la altura de planta de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en seis proporciones de siembras en cultivos hidropónicos

| Fuentes de variación | GL | Cuadrados medios | | | |
|----------------------|----|------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | Materia seca (%) | Materia orgánica (%) | Proteína cruda (%) | Altura de planta (cm) |
| Asociación (A) | 1 | 1.81 ns | 72.53** | 263.05** | 90.86** |
| Proporción (P) | 5 | 25.09 ns | 21.13** | 359.58** | 6.07 ns |
| A x P | 5 | 15.80 ns | 20.94** | 17.51** | 8.93* |
| Residuo | 48 | 12.48 | 4.99 | 0.67 | 3.5 |
| Medias | | 17.65 | 90.23 | 22.37 | 13.49 |
| CV (%) | | 20.02 | 2.47 | 3.65 | 13.87 |

¹ ns = no significativo; *= $p<0.05$; **= $p<0.01$

tudiada, μ = Media general, A_i = Efecto de la asociación i , P_j = Efecto de la proporción j , $(AP)_{ij}$ = Efecto de la interacción asociación i con la proporción j , y ε_{ijk} = Error experimental.

Se aplicó la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad para analizar las diferencias entre las medias. Se realizó análisis de regresión para relacionar el porcentaje de PC en cada una de las proporciones de leguminosa y gramíneas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 1 y 2 se presentan los resultados estadísticos del efecto del tipo de asociación arveja-cebada y arveja-trigo, de la proporción de leguminosa/gramínea, así como de la interacción asociación x proporción sobre las características estudiadas.

Materia Seca (%)

El tipo de asociación, la proporción y la interacción asociación x proporción no presentaron efectos significativos sobre el contenido de materia seca (%) de los cultivos hidropónicos (Cuadro 1).

El 18.15% de MS encontrado para el cultivo hidropónico arveja-cebada en la proporción 0/100 (Cuadro 3) fue similar a los valores reportados por Orihuela (1995), pero superior a otros reportes (Mazuelos, 1995; Silva, 1994; Castro *et al.*, 1998; Gómez, 2007; Maldonado *et al.*, 2013). Por otro lado, el 17.45% de MS para el trigo (0-100 de arveja-trigo) fue inferior al 18.5% reportado por Casa (2008); diferencia que posiblemente se debe al menor periodo de crecimiento (15 días) del cultivo hidropónico. Por otro lado, el valor de 15.98% de MS encontrado en el presente estudio para el cultivo hidropónico de arveja libre de cebada es prácticamente coincidente con el valor de 16.27 obtenido por Castro *et al.* (1998).

Materia Orgánica (%)

El efecto del tipo de asociación, niveles de proporciones de leguminosa/gramínea e interacción proporción x asociación sobre el porcentaje de MO fue altamente significativo ($p<0.01$) (Cuadro 1).

La asociación arveja-trigo presentó mayor contenido de MO que la asociación arveja-cebada en las proporciones 20/80 y 80/20 (Cuadro 4). Asimismo, estas proporciones en la asociación de arveja-cebada

Cuadro 2. Análisis de variancia¹ de la producción (g/1480 cm²) de forraje verde, materia seca, materia orgánica y proteína cruda de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en seis proporciones de siembras en cultivos hidropónicos

| Fuentes de variación | GL | Cuadrados medios | | | |
|----------------------|----|------------------|--------------|------------------|----------------|
| | | Forraje verde | Materia seca | Materia orgánica | Proteína cruda |
| Asociación (A) | 1 | 48450 ns | 1820* | 416 ns | 962** |
| Proporción (P) | 5 | 34734 ns | 3048** | 2918** | 1034** |
| A x P | 5 | 82200 ns | 2132** | 2062** | 20 ns |
| Residuo | 48 | 32107 | 418 | 367 | 25 |
| Medias | | 1242 | 214 | 193 | 47 |
| CV (%) | | 14.43 | 9.55 | 9.92 | 10.72 |

¹ ns = no significativo; * = p < 0.05; ** = p < 0.01

presentaron un menor tenor de MO que las proporciones 0/100 y 100/0 (Cuadro 4).

Diversos autores mencionan que el contenido de MO de la cebada en forma de cultivo hidropónico varía entre 94.9 y 95.9% (Carrasco, 1994; Mazuelos, 1995; Silva, 1994; Orihuela 1995; Gómez, 2007), siendo valores mayores que el 91.59% obtenido en el presente estudio en la proporción 0/100 de arveja-cebada. Por otro lado, el contenido de MO del trigo (proporción 0/100 arveja-trigo) fue menor que el 95.98% obtenido por Casa (2008), diferencia que puede ser atribuida a las variaciones en el periodo vegetativo del cultivo hidropónico (12 días) y a las condiciones meteorológicas donde se realizaron los trabajos.

Proteína Cruda (%)

El porcentaje de PC en la MS por efecto del tipo de asociación, niveles de proporciones de leguminosa/gramínea e interacción proporción x asociación fueron altamente significativos (p < 0.01) (Cuadro 1).

Se observó un efecto marcado por efecto de las proporciones de arveja-cebada y arveja-trigo, donde los mayores porcentajes de PC se presentaron en la proporción 100/0

y los menores en la proporción 0/100 (Cuadro 5). Asimismo, las diferencias en PC dentro de los dos tipos de asociaciones fueron marcadas. Es así que esta diferencia en la proporción 0/100 fue de 7.89%, mientras que en la proporción 100/0 fue de 1.32% (p < 0.05).

El 10.31% de PC para la cebada (0/100 de arveja-cebada) se aproxima al valor de 11.69% registrado por Pérez (1995); sin embargo, es inferior a los valores registrados por otros autores que se sitúan entre 13.30 y 18.30% (Carrasco, 1994; Mazuelos 1995, Silva, 1994; Orihuela, 1995; Castro *et al.*, 1998; Gómez, 2007). Por otro lado, el 18.20% de PC para el trigo (0/100 de arveja-trigo) se mostró superior al 15.44% reportado por Casa (2008), aunque inferior al 18.57% obtenido por Maldonado *et al.* (2013).

Altura de Planta (cm)

El tipo de asociación presentó un efecto altamente significativo (p < 0.01) y la interacción tipo de asociación por proporciones mostró un efecto significativo (p < 0.05) sobre la altura de planta, en tanto que las proporciones de las asociaciones no tuvieron un efecto significativo (Cuadro 1). No obstante, se observó diferencia significativa en altura entre la cebada (0/100 arveja-cebada) y la arveja (100/0 arveja-cebada) (Cuadro 6).

Cuadro 3. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre el contenido de materia seca (%) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 18.15 | 17.45 | 17.8 ^a |
| 20/80 | 17.76 | 18.5 | 18.13 ^a |
| 40/60 | 19.61 | 19.85 | 19.73 ^a |
| 60/40 | 17.32 | 15.42 | 16.37 ^a |
| 80/20 | 16.01 | 21.08 | 18.55 ^a |
| 100/0 | 15.98 | 14.62 | 15.3 ^a |
| Promedio | 17.47 ^A | 17.85 ^A | 17.65 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

Cuadro 4. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre el contenido de materia orgánica (%) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 91.59 ^{Aa} | 91.65 ^{Aa} | 91.62 |
| 20/80 | 85.74 ^{Bb} | 91.30 ^{Aa} | 88.52 |
| 40/60 | 91.35 ^{Aa} | 92.69 ^{Aa} | 92.02 |
| 60/40 | 88.91 ^{Aab} | 91.39 ^{Aa} | 90.15 |
| 80/20 | 85.95 ^{Bb} | 91.37 ^{Aa} | 88.66 |
| 100/0 | 91.25 ^{Aa} | 89.60 ^{Aa} | 90.42 |
| Promedio | 89.13 | 91.33 | 90.23 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

Por otro lado, la asociación arveja-cebada fue estadísticamente más alta que la asociación arveja-trigo ($p<0.05$) en las proporciones 0/100, 40/60 y 80/20 (Cuadro 6).

Los 16.78 cm de altura de la cebada (proporción 0/100 de arveja-cebada) fueron superiores a los 12.04 cm del trigo (propor-

ción 0/100 de arveja-trigo), aunque muy por debajo de los 25 y 20 cm obtenidos por Castro *et al.* (1998), para estas gramíneas, respectivamente.

Los 12.42 cm de altura promedio de la arveja (proporción 100/0 en ambas asociaciones) fueron bastante inferiores a los 25.0 cm registrados por Castro *et al.* (1998). Se

Cuadro 5. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre el contenido de proteína cruda (%) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 10.31 ^{Bf} | 18.20 ^{Ae} | 14.25 |
| 20/80 | 15.58 ^{Be} | 20.79 ^{Ad} | 18.19 |
| 40/60 | 17.84 ^{Bd} | 22.77 ^{Ac} | 20.30 |
| 60/40 | 21.19 ^{Bc} | 26.10 ^{Ab} | 23.64 |
| 80/20 | 26.88 ^{Ab} | 27.74 ^{Ab} | 27.31 |
| 100/0 | 29.84 ^{Ba} | 31.16 ^{Aa} | 30.50 |
| Promedio | 20.27 | 24.46 | 22.37 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística ($p<0.05$)^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

Cuadro 6. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre la altura de planta (cm) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 16.78 ^{Aa} | 12.04 ^{Ba} | 14.41 |
| 20/80 | 14.72 ^{Aab} | 12.05 ^{Aa} | 13.61 |
| 40/60 | 15.75 ^{Aab} | 12.61 ^{Ba} | 14.18 |
| 60/40 | 14.16 ^{Aab} | 13.00 ^{Aa} | 13.58 |
| 80/20 | 14.72 ^{Aab} | 10.79 ^{Ba} | 12.75 |
| 100/0 | 12.21 ^{Ab} | 12.63 ^{Aa} | 12.42 |
| Promedio | 14.72 | 12.26 | 13.49 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística ($p<0.05$)^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

asume que estas variaciones encontradas se deben al producto nitrogenado y a los 20-25 días de cosecha empleados en ese estudio.

Producción de Forraje Verde

La producción de forraje verde no fue afectada por el tipo de asociación, proporción de las asociaciones e interacción aso-

ciación por proporción (Cuadro 2). La producción promedio de forraje verde hidropónico de arveja (proporción 100/0) no evidenció diferencias significativas, y estuvieron por debajo de los valores reportados por Castro *et al.* (1998).

Tampoco se encontraron diferencias significativas entre la asociación arveja-ce-

bada y arveja-trigo para la proporción 0/100 en términos de la producción de forraje verde hidropónico, siendo la media de 1270 g/1480 cm². Este valor es inferior a las producciones obtenidas por otros investigadores (Castro *et al.*, 1998; Gómez, 2007; Maldonado *et al.*, 2013), pero superior al valor reportado por Navarrete (2008); no obstante, estas diferencias probablemente se deben a los días de crecimiento y a la densidad de siembra.

Producción de Materia Seca

La producción de MS fue afectada por el tipo de asociación ($p<0.05$), la proporción de la asociación y la interacción proporción por tipo de asociación ($p<0.01$) (Cuadro 2). La asociación arveja-cebada tuvo una mayor producción de MS que la asociación arveja-trigo en la proporción 40/60 ($p<0.05$) (Cuadro 7). Este mismo comportamiento se presentó con la proporción 0/100 (arveja-cebada: 242.52 g/1480 cm² vs. asociación arveja-trigo: 195.07 g/1480 cm²).

La producción de MS de la asociación arveja-cebada en la proporción 0/100 (242.52 g/1480 cm²) fue inferior a los valores reportados por Gómez (2007) y Castro *et al.* (1998). Asimismo, la producción de MS (195.07 g/1480 cm²) encontrado en la proporción 0/100 de arveja-trigo es baja en relación con los 361.7 g/1480 cm² reportado por Maldonado *et al.* (2013), pero inferior a los 490 g/1480 cm² obtenidos por Castro *et al.* (1998). Por otro lado, no se constató diferencia significativa en la producción de MS entre la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en la proporción 100/0 (Cuadro 7), cantidad por debajo de los 607 g/1480 cm² reportados por Castro *et al.* (1998).

Producción de Materia Orgánica

La producción de materia orgánica fue afectada por la proporción de la asociación y la interacción proporción por tipo de asociación ($p<0.01$) (Cuadro 2).

El efecto de la proporción se atribuye exclusivamente a la asociación arveja-cebada, donde la proporción 40/60 presentó una mayor producción de materia orgánica (235.37 g/1480 cm²) que la proporción 80/20 (161.98 g/1480 cm²) (Cuadro 8).

La producción de materia orgánica, en las parcelas constituidas exclusivamente por cebada (proporción 0/100, Cuadro 8), estuvo por debajo de los 4576 g/1480 cm² señalado por Gómez (2007), cuyo periodo vegetativo fue de 13 días.

Producción de Proteína Cruda

La producción de proteína cruda fue afectada por el tipo de asociación y las proporciones ($p<0.01$); sin embargo, la interacción para las asociaciones por proporciones no fue significativa (Cuadro 2). La asociación arveja-trigo tuvo una mayor producción de proteína cruda que la asociación arveja-cebada ($p<0.05$; Cuadro 9).

La producción de PC fue superior en las proporciones 0/100 de la asociación arveja-cebada y 100/0 de ambas asociaciones a las producciones reportadas por Castro *et al.* (1998) y Gómez (2007).

Las variaciones encontradas en los tenores de la composición química y parámetros productivos del forraje verde hidropónico, tanto en las asociaciones y proporciones de 80/20, 60/40 y viceversa, podrían deberse a un efecto antagonístico ante la presencia de la leguminosa, donde puede ocurrir la secreción de algún inhibidor al momento de su crecimiento y desarrollo del cultivo. Evidencias de este tipo han sido encontradas en trabajos realizados con el sorgo como agente alelopático, que han demostrado efectos positivos o negativos sobre la germinación y crecimiento de otras plantas como el maíz (Díaz y González, 1998; Lorenzo y González, 1998; Ayala *et al.*, 2008).

Cuadro 7. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre la producción de materia seca (g/1480 cm²) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 242.52 ^{Aab} | 195.07 ^{Ba} | 218.79 |
| 20/80 | 236.97 ^{Aab} | 215.99 ^{Aa} | 226.48 |
| 40/60 | 257.69 ^{Aa} | 220.21 ^{Ba} | 238.95 |
| 60/40 | 205.60 ^{Abc} | 208.28 ^{Aa} | 206.94 |
| 80/20 | 188.49 ^{Ac} | 217.03 ^{Aa} | 202.76 |
| 100/0 | 186.31 ^{Ac} | 194.93 ^{Aa} | 190.62 |
| Promedio | 219.60 | 208.58 | 214.09 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística (p<0.05)

^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística (p<0.05)

Cuadro 8. Efecto de la interacción proporción x asociación sobre la producción de materia orgánica (g/1480 cm²) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 222.09 ^{Aa} | 178.79 ^{Ba} | 200.44 |
| 20/80 | 202.98 ^{Aab} | 197.25 ^{Aa} | 200.11 |
| 40/60 | 235.37 ^{Aa} | 204.23 ^{Ba} | 219.80 |
| 60/40 | 182.82 ^{Abc} | 190.38 ^{Aa} | 186.60 |
| 80/20 | 161.98 ^{Bc} | 198.50 ^{Aa} | 180.24 |
| 100/0 | 169.97 ^{Abc} | 174.49 ^{Aa} | 172.23 |
| Promedio | 195.87 | 190.61 | 193.24 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística (p<0.05)

^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística (p<0.05)

CONCLUSIONES

- El porcentaje de materia seca y el rendimiento de forraje verde en la forma de cultivos hidropónicos fueron estadísticamente similares en las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo.
- La calidad nutritiva de los cultivos hidropónicos en términos de materia orgánica (%) y proteína cruda (%) fue afectada por las asociación y por el nivel de proporción leguminosa/gramínea.
- Las asociaciones de los cultivos hidropónicos (arveja-cebada y arveja-trigo) son alimentos ricos en proteína cruda (22.37%).

Cuadro 9. Media y desviación estándar de la producción de proteína cruda ($\text{g}/1480 \text{ cm}^2$) de la asociación arveja-cebada y arveja-trigo en cultivos hidropónicos

| Proporción leguminosa / gramínea | Asociación | | Promedio |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | Arveja-Cebada | Arveja-Trigo | |
| 0/100 | 24.99 ± 1.53 | 35.51 ± 3.50 | 30.25 ^e |
| 20/80 | 36.92 ± 2.70 | 44.86 ± 3.84 | 40.89 ^d |
| 40/60 | 46.19 ± 7.92 | 50.22 ± 6.88 | 48.21 ^c |
| 60/40 | 43.49 ± 4.20 | 54.43 ± 5.32 | 48.96 ^{bc} |
| 80/20 | 50.68 ± 3.71 | 60.07 ± 7.41 | 55.38 ^{ab} |
| 100/0 | 55.52 ± 4.68 | 60.74 ± 4.60 | 58.13 ^a |
| Promedio | 42.97 ^B | 50.97 ^A | 46.97 |

^{A,B} Diferentes superíndices dentro de filas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

^{a,b} Diferentes superíndices dentro de columnas indican diferencia estadística ($p<0.05$)

- La proporción de leguminosa/gramínea no afectó la altura de planta del cultivo hidropónico.

LITERATURA CITADA

1. **AOAC. 1995.** The official methods of analysis of AOAC International. 15th ed. Washington: AOAC. 500 p.
2. **Ayala JR, Ruesga GI, González M, Cheda P, Carménate O. 2008.** Producción de hidroforraje a partir de una asociación de gramíneas y leguminosas. Rev Cienc Tunas 14(2): [Internet]. Disponible en: <http://innovaciontecnica.idict.cu/innovacion/article/view/117>
3. **Carrasco JI. 1994.** Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ Nacional Agraria La Molina. 64 p.
4. **Casa CR. 2008.** Efecto de la utilización de forraje verde hidropónico de avena, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista.
5. **Castro J, Chirinos D, Pineda M. 1998.** Uso de forraje hidropónico de avena, cebada y arveja en cuyes. En: XXI Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
6. **Chang M, Hoyos M, Rodríguez A. 2000.** Producción de forraje verde hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú. [Internet]. Disponible en: [http://www.omarbolsos.com.uy/forraje%20\(1\).pdf](http://www.omarbolsos.com.uy/forraje%20(1).pdf)
7. **Cordero AF, Meza LF, Contreras PJ. 2008.** Composición química y producción de forraje hidropónico de maíz amiláceo a dos edades de cosecha con tres soluciones nutritivas de urea-suplemento mineral. En: XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú.
8. **Espinosa FP, Argenti G, Urdaneta C, Araque A, Fuentes J, Palma, Bello C. 2004.** Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de

- toretes mestizos. Zootecnia Trop 22(4): 303-315.
9. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2001.** Manual técnico: forraje verde hidropónico. Primera parte. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 68 p.
10. **Figueroa M, Bórquez F, Tima M, Leighton P. 1999.** Condiciones ambientales y uso de solución nitrogenada en producción de forraje «hidropónico» de avena (*Avena sativa L.*) en invernadero. Agro-Ciencia 15: 195-206.
11. **Flores ZG, Urdaneta E, Montes J. (2004)** Densidad de siembra de maíz (*Zea mays*) para producción de forraje verde hidropónico. Memoria 12º Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracay, Venezuela.
12. **Guillermo J, Carpio H, Salvatierra J. 2006.** La cuyecultura buscando ganancias económicas. En: Memorias VII Congreso Latinoamericano de Cuyecultura. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
13. **Gómez MI. 2007.** Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 110 p.
14. **López PP, Guzmán OF, Santos LE, Prieto GF, Román GA. 2005.** Evaluación de la calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en el estado de Hidalgo y Talaxcala, México. Rev Chil Nutr 32: 247-253. doi: 10.4067/S0717-75182005000300010
15. **Maldonado R, Álvarez MA, Cristóbal D, Ríos E. 2013.** Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Rev Chapingo Ser Hortic 19(2): 211-223. doi: 10.5154/r.rchsh.2011.10.053
16. **Mazuelos CV. 1995.** Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) germinados en la alimentación de cuyes hembras durante el empadre, gestación y lactancia. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ Nacional Agraria La Molina. 95 p.
17. **Morales M, Fuente B, Juárez M, Ávila E. 2009.** Effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. World Rabbit Sci 17: 35-38. doi: 10.4995/wrs.2009.668
18. **Navarrete RO. 2008.** Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *Triticum aestivum*) y una leguminosa (*Vicia sp*) para forraje verde hidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Ibarra, Ecuador: Pontificia Univ Católica del Ecuador. 89 p.
19. **Orihuela TB. 1995.** Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes en crecimiento hasta las 12 semanas. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ Nacional Agraria La Molina. 95 p.
20. **Perez OM. 1995.** Producción de forraje en base a germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ Nacional Agraria La Molina. 105 p.
21. **Rodríguez C, Rodríguez H, Ruiz O, Flores A, Grado J, Arzola C. 2005.** Use of green fodder produced in hydroponics systems as supplement for Salers lactating cows during the dry season. En: Proc Am Soc Anim Sci Western Section 56: 271-274.
22. **Silva E. 1994.** Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) germinado en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ Nacional Agraria La Molina. 110 p.