

USO DE DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN CARPA SOLAR

Use of two production methods under three seeding densities in the green hydroponic barley crop (*Hordeum vulgare* L.) in greenhouse

Edwin Luis Nina Luque¹; Celia Fernández Chávez²

RESUMEN

En la actualidad la producción FVH es una alternativa para obtener forraje verde en menor tiempo y en época de déficit. El objetivo del estudio fue mejorar la producción del FVH utilizando tres densidades de siembra en relación a dos métodos de producción en el cultivo de cebada. El estudio fue realizado en la Estación Experimental Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se emplearon los métodos pre-germinativos de Tarrillo y FAO bajo tres densidades de siembra, resultando en seis tratamientos que fueron dispuestos bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial, asimismo se realizó la prueba de Duncan para los resultados de las variables altura de planta, largo de la raíz, rendimiento de biomasa y porcentaje de materia seca. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas en altura de planta, diferencias entre los métodos empleados, con mejor respuesta por el método de Tarrillo con un promedio de 8.33 cm y una densidad de 2.5 kg m⁻² de acuerdo a la prueba de Duncan, en cuanto al largo de la raíz existen diferencias, con la densidad de siembra de 2.5 kg m⁻² el largo de la raíz fue de 13.51 cm, con la misma densidad de siembra con el método de Tarrillo, el rendimiento de biomasa fue 7.8 kg 0.5m⁻². El porcentaje de materia seca fue 64.96% indicando que no influye la densidad ni el tipo de método pre-germinativo sobre esta variable. El forraje verde hidropónico obtenido en la investigación tuvo entre 10% y 11% de proteína cruda. Estos resultados muestran que el método de Tarrillo combinado con la densidad de siembra de 2.5 kg m⁻² da mejores resultados para la obtención de FVH que puede ser utilizado para la alimentación del ganado.

Palabras claves: *Hordeum vulgare* L., FVH, rendimiento, método de Tarrillo, método FAO.

ABSTRACT

Currently, FVH production is an alternative to obtain green fodder in less time and in deficit period. The objective of the study was to improve the production of the FVH using three planting densities in relation to two production methods in the barley crop. The study was carried out at the Cota Cota Experimental Station under the Faculty of Agronomy of the Major San Andrés University. The pre-germination methods of Tarrillo and FAO were used under three planting densities, resulting in six treatments that were arranged under a completely randomized blocks design with bifactorial arrangement, also the Duncan test was performed for the results of the variables plant height, root length, biomass yield and percentage of dry matter. The results show that there are statistical differences in height of plant, differences between the methods used, with better response by the method of Tarrillo with an average of 8.33 cm and a density of 2.5 kg m⁻² according to the Duncan test, in As for the length of the root there are differences, with the density of sowing of 2.5 kg m⁻² the length of the root was 13.51 cm, with the same density of sowing with the method of Tarrillo, the yield of biomass was 7.8 kg 0.5 m⁻² The percentage of dry matter was 64.96%, indicating that neither the density nor the type of pre-germinative method influences this variable. The green hydroponic forage obtained in the research had between 10% and 11% of crude protein. These results show that the Tarrillo method combined with the sowing density of 2.5 kg m⁻² shows better results for obtaining FVH that can be used for livestock feed.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., FVH production, yeild, Tarrillo method, FAO method.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. edwin-nina@hotmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la pérdida de fertilidad de los suelos cultivables es un problema del agricultor andino, debido a un deficiente manejo y la poca disponibilidad de los recursos hídricos.

Los fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten, muchas veces, con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados. Ello redundaría en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas en el ganado como abortos, disminución del peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa la implementación de un sistema de producción de forraje verde hidropónico FVH (Paucara, 2012).

El proceso de producción de FVH no requiere de grandes extensiones de tierra ni periodos largos de producción, mucho menos formas de conservación y almacenamiento, la implementación de este sistema es una alternativa interesante para los productores ganaderos por ser una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir de la germinación y crecimiento de plantas bajo condiciones ambientales controladas en ausencia de suelo, con una alta eficiencia en el uso del agua, a partir de semillas viables de cereales o de leguminosas (Gutiérrez, 2000).

Mediante la implementación de los cultivos hidropónicos se puede aprovechar áreas reducidas e incrementar la eficiencia del uso de agua. Al cultivarse en ambientes protegidos como carpas solares o módulos hidropónicos, se evita factores climáticos adversos y se puede cultivar en regiones donde antes no se podía, también se puede descartar el suelo debido a que la planta puede tener su proceso fisiológico y obtención de nutrientes por medio del agua. Asimismo, la producción hidropónica de forraje permite tener disponibilidad de alimento para el ganado en la época de invierno, donde generalmente se tiene escasez de este insumo en el Altiplano boliviano.

El trabajo de investigación plantea alternativas para facilitar la producción de FVH, utilizando una densidad

apropiada y aplicando un método pre-germinativo en semillas no certificadas sin el uso de sustancias nutritivas durante 15 días, valorando así la semilla producida en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en el módulo hidropónico del Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se encuentra situado a 15 km al sureste del centro de la ciudad de La Paz en la zona de Cota Cota, provincia Murillo del departamento de La Paz, a 3445 m s.n.m. Geográficamente se encuentra a 68° 03' 44" de longitud oeste y 16° 32' 04" de latitud sur.

Metodología

La semilla de cebada (*Hordeum vulgare* L.) utilizada fue procedente de la comunidad de Escoma que se sitúa en la provincia Camacho del departamento de La Paz, la cantidad empleada para la evaluación fue de 27 kg.

El módulo donde se realizó la investigación tiene una superficie de 72 m², las dimensiones son de 12 m de largo y 6 m de ancho, con estructura tiene una capacidad de 32 bandejas y una cubierta de agrofilm de 2.5 micras de espesor. Se estableció una malla con 50% de semisombra a una altura de 2.5 m del suelo, el termómetro se instaló a 1.30 m de altura.

Para el procedimiento experimental se acondicionaron 18 bandejas con soportes de plástico, para dar más resistencia en su base, se efectuó la desinfección con hipoclorito de sodio. Cada bandeja tiene un área 0.5 m², con dimensiones de 1 m de largo, 0.50 m de ancho y una altura de 0.05 m.

La determinación de la calidad de la semilla se realizó con una prueba de germinación en los 27 kg de semilla, el resultado indicó que la semilla utilizada tiene una viabilidad de 82% y germinación del 97%.

Los métodos pre-germinativos consistieron en la desinfección de semilla con 10 ml de hipoclorito de sodio diluidos en un litro de agua, esto para que las semillas estén sumergidas en la solución, según el tiempo y la secuencia planteados por los métodos de la FAO (2001) y Tarrillo (2008) (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos pre-germinativos.

Pasos	Métodos	
	Tarrillo	FAO
Desinfección	2 horas	1 hora
Sumergido	24 horas	12 horas sumergidas
		1 hora de secado
		12 horas sumergidas
Secado	48 horas	1 hora de secado

Fuente: FAO (2001) y Tarrillo (2008).

Al concluir los métodos pre-germinativos, la siembra fue homogénea en las bandejas, aplicando las densidades de 2.5, 3.0 y 3.5 kg m⁻² en las unidades experimentales establecidas y delimitadas, las bandejas fueron trasladadas a un cámara oscura durante cinco días, en este tiempo el embrión rompe la cutícula de la semilla y emerge la raíz, posteriormente fue trasladado a la cámara de crecimiento hasta la cosecha (Figura 1).



Figura 1. FVH en la cámara de crecimiento.

En total se establecieron seis tratamientos con cuatro repeticiones que fueron dispuestos bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial (Ecuación 1), el diseño fue considerando que la luminosidad y la temperatura de la carpa es más intensa en la parte superior, en ese sentido estas fueron bloqueadas con el diseño. La cosecha fue a los 15 días después de que el FVH fue trasladado a la

cámara de crecimiento, al término de la misma, el forraje fue pesado por tratamiento.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + E_{ijk} \quad (1)$$

Dónde: Y_{ijk} = una observación cualquiera; μ = media general del experimento; β_k = efecto del k-ésimo bloque; α_i = efecto del i-ésimo método; γ_j = efecto del j-ésimo densidad de siembra; $(\alpha\gamma)_{ij}$ = efecto de la interacción del i-ésimo método con respecto al j-ésimo densidad de siembra; E_{ijk} = error experimental.

Los resultados que mostraron diferencias significativas y altamente significativas fueron evaluados mediante la comparación de promedios de la prueba de Duncan. Los factores de estudio se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de estudio.

Factor A, métodos	Factor B, densidades	Tratamiento
Tarrillo (2008)	Densidad 1 = 2.5 kg m ⁻²	T 1
	Densidad 2 = 3.0 kg m ⁻²	T 2
	Densidad 3 = 3.5 kg m ⁻²	T 3
FAO (2001)	Densidad 1 = 2.5 kg m ⁻²	T 4
	Densidad 2 = 3.0 kg m ⁻²	T 5
	Densidad 3 = 3.5 kg m ⁻²	T 6

Las variables de respuesta fueron la altura de la planta (cm), largo de la raíz (cm), rendimiento de biomasa (kg 0.5m⁻²) y porcentaje de materia seca

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo de cebada

Durante el transcurso de la investigación, del 1 al 15 de abril del año 2016, la temperatura mínima extrema registrada fue de 6.2°C y la máxima de 34.1°C (Figura 2), con un promedio de 19.1°C.

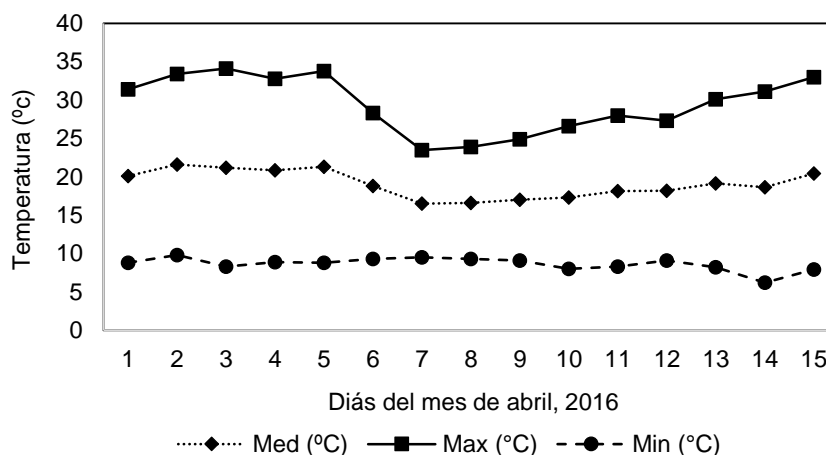


Figura 2. Temperaturas registradas durante el periodo de estudio.

Para Martínez (2001) la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH, el rango óptimo para producir se sitúa entre los 18°C a 26°C, es así que los granos de cebada, avena (*Avena sativa*) y trigo (*Triticum* spp.) requieren de temperaturas bajas para germinar, el rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C.

La temperatura máxima en el módulo, no coincide con los rangos recomendados, sin embargo no hubo alteraciones ni deficiencias visibles en la planta.

Altura de planta

Existe diferencias altamente significativas entre los bloques, esto significa que el bloquear el ingreso de la temperatura y luz al módulo, influye en la homogeneidad de la variable. Existe alta significancia en las unidades experimentales, la interacción de métodos y densidades no tiene significancia en cuanto a la diferencia en la altura. El coeficiente de variabilidad es de 5.58% indicando que el trabajo realizado y los datos tomados en campo son confiables (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	Prob > 0.05	Signif.
Bloque	2	11.3811	5.6905	30.07	<0001	**
Factor A	1	5.3355	5.3355	28.20	0.0003	**
Factor B	2	2.3644	1.1822	6.25	0.0174	**
A x B	2	0.5644	0.2822	1.49	0.2711	ns
Error	10	1.8922	0.1892			
Total	17	21.5377				

C.V.: = coeficiente de variación = 5.58%. FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; Prob. = probabilidad; Signif = significancia; ns = no significativo; ** = altamente significativo; altura media = 7.78 cm.

Luna (2013), obtiene alturas de planta de 17.8 cm por el método de Tarrillo y 14.2 cm por el método de la FAO con el uso de sustancias nutritivas químicas por excederse en en 22 días a la cosecha. En el presente trabajo de investigación no se aplicó ningún tipo de fertilizante puesto que la cosecha fue a los 15 días.

Choque (2015), en el estudio realizado de efecto del té de estiércol de llama (*Lama glama*) en la producción de FVH, obtuvo una altura promedio de 11 cm con el método de Tarrillo.

Se puede establecer que el método de Tarrillo obtuvo mayor altura, debido a que la semilla tuvo mayor hidratación al ser sumergida durante 24 horas.

La prueba de Duncan (Tabla 4) muestra que la densidad 1 tiene mayor altura foliar con diferencias significativas de 8.3 cm respecto a la densidad 2 con 7.6 y 7.5 cm en la densidad 3. Esto se debe a que se utilizó una densidad de 2.5 kg m⁻² permitiendo mayor espacio que los demás para desarrollarse.

Tabla 4. Prueba de Duncan para la altura de planta con relación a las densidades de siembra.

Densidad	Promedio (cm)	Signif.
Densidad 1	8.3	a
Densidad 2	7.6	b
Densidad 3	7.5	b

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Estudios realizados por Quispe (2013), en el rendimiento de cebada como FVH, obtuvo 15.7cm de altura en 25 días, utilizando una densidad de 2.5 kg m⁻² con la aplicación de sustancias nutritivas.

La Tabla 5 muestra que el T1 obtuvo superior promedio altura de planta de 8.6 cm con respecto a T2, T3, T4 que estadísticamente son similares con 8.0, 7.9 y 7.6 cm, los valores bajos fueron para el T5 y T6 con una altura de 6.9 y 6.8 cm respectivamente.

El efecto de los métodos de cultivo sobre la altura indica que esta variable depende fundamentalmente de las condiciones externas inherentes al desarrollo de los cultivos temporales, tales como la luminosidad y el estado nutricional.

Las alturas de plantas registradas fueron diferentes a lo descrito por la FAO (2001), que sugiere que el FVH es un suculento alimento de aproximadamente 20 a 30 cm de altura en condiciones de invernadero con 18 a 26°C y 90% de humedad relativa. Las diferencias se deben a que no se aplicó ningún fertilizante. El análisis de varianza para la variable altura de planta (Tabla 3), muestra diferencias significativas entre los métodos de producción, poniendo al método Tarrillo y la densidad 1 como el mejor en cuanto a la altura

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable largo de la raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	Prob > 0.05	Signif.
Bloque	2	0.0344	0.01722	0.01	0.9930	ns
Factor A	1	1.5022	1.5022	0.61	0.4517	ns
Factor B	2	15.1744	7.5872	3.10	0.0898	*
A x B	2	7.2544	3.6272	1.48	0.2734	ns
Error	10	24.4988	2.4498			
Total	17	48.4644				

CV = 12.78%; * = significativo; longitud media = 12.24 cm.

Con la aplicación de la densidad 1 se tuvo mayor longitud de raíz de 13.51 cm con respecto a la densidad 2 y la densidad 3, con las que se tuvieron

de planta con 8.6 cm (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Duncan para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Promedio (cm)	Signif.
T1	8.6	a
T2	8.0	b
T3	7.9	b
T4	7.6	b
T5	6.9	c
T6	6.8	c

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Gallardo (1997), en el estudio realizado en la producción de forraje hidropónico de cebada con la aplicación de sustancias nutritivas en ambiente controlado obtuvo una altura de 10.5 cm en 15 días, estos resultados difieren a los hallados en la presente investigación, debido a la influencia de la densidad de siembra. Esto presume que a medida que se incrementa la densidad de siembra, disminuye la altura debido a un proceso de competencia por luz entre las plantas.

Largo de la raíz

El análisis de varianza (Tabla 6) muestra que no existe influencia significativa en los bloques, donde hubo 12.24 cm de largo de raíz promedio, el coeficiente de variación es 12.78%, por tanto los datos son confiables (Alcazar, 1982), existe diferencia significativa en la densidad y no en los métodos, como tampoco en la interacción entre el método y la densidad, por lo tanto se puede establecer que no influyen en desarrollo de la raíz.

menor largo de 11.83 y 11.38 cm (Tabla 7). Estas diferencias se atribuyen, al espacio de desarrollo de la raíz por efecto de la densidad.

Tabla 7. Prueba de Duncan del efecto de la densidad sobre el largo de la raíz.

Densidad	Promedio (cm)	Signif.
Densidad 1	13.51	a
Densidad 2	11.83	a b
Densidad 3	11.38	b

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Ortega (2004) indica que la formación de la raíz en las primeras etapas después de la germinación depende de las temperaturas y de la frecuencia de riego, mientras exista un riego uniforme, el largo de la raíz tendrá mayor absorción del agua. Luna (2013) en su trabajo de investigación, obtuvo 3.8 y 3.5 cm de longitud de raíz, utilizando una densidad de 5 kg m⁻²,

Tabla 8. Análisis de varianza para el rendimiento de biomasa.

FV	GL	SC	CM	Fc	Prob >0.05	Signif.
Bloque	2	2.0952	1.0476	3.28	0.0802	ns
Factor A	1	1.6501	1.6501	5.17	0.0463	*
Factor B	2	11.0252	5.5126	17.27	0.0006	**
A x B	2	0.1602	0.0801	0.25	0.7827	ns
Error	10	3.1913	0.3191			
Total	17	18.1223				

CV= 7.53%; media = 7.49 kg.

Dosal (1994) indica que no es conveniente prolongar el periodo de cultivo por la pérdida de biomasa, aunque se recurra a prácticas de fertilización. Al utilizar el método de Tarrillo se obtuvo mayor producción de FVH con un promedio de 7.8 kg 0.5m⁻², con el método de la FAO se obtuvo menor producción de forraje verde, con una media de 7.2 kg 0.5m⁻² (Tabla 9). Se puede decir que al sumergir por mayor tiempo la semilla, este rompe su estado de latencia, obteniendo mejores resultados en la germinación.

Tabla 9. Prueba de Duncan del efecto del método pre-germinativo sobre el rendimiento de biomasa.

Método	Promedio (kg 0.5m ⁻²)	Signif.
Tarrillo	7.8	a
FAO	7.2	b

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Mediante la prueba de Duncan (Tabla 10), se establece que al utilizar la densidad 1 se registra valores altos de producción de FVH con un promedio de 8.46 kg 0.5m⁻², al aplicar la densidad 2 se obtiene menor producción de 7.47 kg 0.5m⁻² y al aplicar la densidad 3 se tiene resultados mas bajos de 6.55 kg 0.5m⁻².

aplicando sustancias nutritivas en un periodo de 12 días.

Rendimiento de biomasa

El análisis de varianza para el rendimiento de biomasa en la cosecha, evidencia que el bloqueo de temperatura y luz influyó en la ganancia de la biomasa durante todo el periodo de estudio, con diferencias significativas para el método de siembra y diferencias altamente significativas para las densidades, el coeficiente de variación de 7.53% y el peso promedio para todos los tratamientos fue de 7.49 kg (Tabla 8).

Tabla 10. Prueba de Duncan del efecto de la densidad sobre el rendimiento de biomasa.

Densidad	Promedio (kg 0.5m ⁻²)	Signif.
Densidad 1	8.46	a
Densidad 2	7.47	b
Densidad 3	6.55	c

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Las plantas al recibir cualquier tipo de fertilización entran en un proceso de absorción, translocación y metabolización de los nutrientes, realiza un gasto de energía que se desvía de la formación de biomasa total, pero cuando son regados solo con agua no ocurre tal gasto, además que la planta al no disponer de fuentes de nutrientes incrementa su volumen radicular para tratar de interceptarlos del medio, aunque estos nutrientes no se encuentren en él, situación que reflejan los rendimientos, aunque este aumento de biomasa no signifique un aumento de su valor nutritivo (Martínez, 2001).

Estos datos son similares a los reportados por Mendoza (2009), en la zona de Humachua y Achocalla, donde obtuvieron rendimientos de 8.07 kg 0.5m⁻², durante un periodo de 11 días y 5.47 kg 0.5m⁻² en 20 días.

Gallardo (1997), en estudios realizados en Huayrocondo de la provincia Los Andes, obtuvo un rendimiento de 6.13 kg 0.5m⁻², en un periodo de cosecha de 15 días, estos resultados fueron similares ya que la cosecha fue en 15 días.

Tabla 11. Análisis de varianza para materia seca.

FV	GL	SC	CM	Fc	Prob > 0.05	Signif.
Bloque	2	369.5740	184.7870	1.00	0.4033	ns
Factor A	1	207.5363	207.5363	1.12	0.3152	ns
Factor B	2	353.5586	176.7793	0.95	0.4182	ns
A x B	2	468.6150	234.3075	1.26	0.3244	ns
Error	10	1855.9480	185.5948			
Total	17	3255.2322				

CV= 20.97%; media = 64.96%.

Quispe (2013) en el estudio realizado en la producción de cebada como forraje verde hidropónico realizado en 18 días, obtuvo 16.5% de materia seca, con una densidad de 3 kg m⁻². Choque (2015) obtuvo un porcentaje de materia seca comprendido entre 19.64% y 20.17%.

Porcentaje de proteína cruda

La producción de FVH es apta para la alimentación animal y debe tener un ciclo de 10 a 15 días, no puede extenderse más de 15 días, porque a partir de este inicia el descenso en el valor nutricional del FVH (Corona, 2011).

La proporción de proteína cruda del FVH obtenido en el estudio varía entre 10% y 11% estos datos concuerdan con los estudios realizados por Choque (2015) que obtuvo 10.57% y 11.47% de proteína cruda en el cual aplicó sustancia nutritiva de té de estiércol de llama, lo que demuestra que la investigación alcanzo los parámetros esperados.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos se determinó que la altura de planta en la cebada hidropónica mostró diferencias entre los métodos empleados, con mejor respuesta por el método de Tarrillo con un promedio de 8.33 cm bajo una densidad de 2.5 kg m⁻².

En cuanto al largo de la raíz se alcanzó 13.51 cm aplicando la densidad de 2.5 kg m⁻², debido a que al no disponer de fuentes de nutrientes incrementa su

Porcentaje de materia seca

Se tienen diferencias no significativas para los métodos de germinativos, densidad de siembra, asimismo no existe diferencia estadística entre la interacción de estos, el promedio del porcentaje de materia seca para todos los tratamientos fue 64.96% (Tabla 11).

volumen radicular para tratar de interceptarlos del medio.

El rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico alcanzó un peso mayor a 7.8 kg, con la densidad de siembra de 2.5 kg m⁻² se tuvo un promedio de 8.46 kg con el método de Tarrillo, debido a que entre los métodos empleados existe una diferencia en la estimulación del embrión de la semilla. El porcentaje contenido de materia seca fue de 64.96%, esta variable no es influenciada con la aplicación de los tratamientos establecidos.

El forraje verde hidropónico cosechado en la investigación puede ser utilizado para la alimentación de los animales ya que cuenta con un porcentaje de proteína cruda entre 10% y 11%, considerando el requerimiento del animal y su alimentación combinada con alimento balaceado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar, C. 1982. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra. Buenos Aires, Argentina. 260 p.
- Dosal, J. 1994. Hidroponía, como cultivar sin tierra. Cuarta edición. Buenos Aires, Argentina. 93 p.
- Choque, V. 2015. Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada en condiciones controladas. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 86 p.

- Corona, L. 2011. Producción de forraje verde una alternativa nutricional para la época de sequía Puebla México. Disponible en: www.cosechandonatural.com.mx. Consultado el 06 julio 2016.
- FAO, 2001. Manual técnico forraje verde hidropónico. Oficina Nacional de la FAO para la América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Disponible en: www.rlc.fao.org/pubs. Consultado el 15 enero 2015.
- Gallardo, G. 1997. Producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en ambiente controlado con tres soluciones nutritivas en dos concentraciones. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 98 p.
- Gutiérrez, I. 2000. Cultivos hidropónicos. Fascículo 9. Bogotá, Colombia.
- Luna, G. 2013. Rendimiento del cultivo de cebada forrajera verde en relación a tres métodos de producción hidropónica estándar. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 84 p.
- Martínez, E. 2001. Producción de cultivos hidropónicos populares. Ed. Mangutano. Maldonado, Uruguay.
- Mendoza, M. 2009. Producción de cebada bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 72 p.
- Ortega, R. 2004. Cultivos hidropónicos, principios y métodos de cultivo. Ed. la Imprenta Universitaria. Universidad Autónoma de Chanpingo, México. 194 p.
- Paucara, A. 2012. Variedades de cebada y su alimentación bajo el uso de producción hidropónica. Tenuco, Chile. pp. 23-24.
- Quispe, A. 2013. Rendimiento de cebada y avena como forraje verde hidropónico en relación a la densidad de siembra en carpa solar. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 95 p.
- Tarrillo, H. 2008. Manual de producción de forraje verde hidropónico. Segunda edición. Ed. Forraje Hidropónico E.I.R.L. Perú. pp. 41.

Artículo recibido en: 3 de agosto 2017

Aceptado en: 12 de septiembre 2017