

Recibido: 10 de Junio del 2021

Aceptado: 16 de Julio del 2021

## SUSTRATOS Y TIEMPOS DE COSECHA EN EL RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE LA CEBADA

### *Substrates and harvest times in the yield of the hydroponic green forage of barley.*

Curasma Ccente, James<sup>1</sup>; Contreras Paco, José Luis<sup>1</sup>; Huamán Jurado, Rodrigo <sup>1</sup>; Ochoa Antezana, Juan Lucho <sup>1</sup>

#### Resumen

El ensayo se realizó en predio de la Universidad Nacional de Huancavelica, entre los meses de enero y febrero del 2019, con el objetivo de evaluar los sustratos y tiempos de cosecha en el rendimiento del FVH de la cebada. Para ello se utilizó 54 bandejas (25.5x35.5cm), distribuidos en tres tratamientos; T0 (Tratamiento control o sin sustrato), T1 (aserrín), T2 (*Stipa ichu* molido), se añadió 100ml de urea 0.5% a las bandejas con sustrato (55g de 2 a 3mm de partícula) y dejando remojar por 24h. La densidad de siembra fue de 2.5kg/m<sup>2</sup>. El riego se realizó dos veces al día. Se cosecho en tres

tiempos (15, 19, 23 días), cortando así un cuadrante de 10x10cm/bandeja.

Los diferentes tiempos de cosecha no evidenciaron significativamente ( $P>0.05$ ) cambios en el en la producción de biomasa (3.54, 3.51 y 3.69kg/m<sup>2</sup> para 15, 19 y 23 días respectivamente), incrementando evidenciaron significativamente ( $P<0.05$ ) la altura de planta (8.11, 9.47 y 9.92cm para 15, 19 y 23 días respectivamente) y disminuyendo evidenciaron significativamente ( $P<0.05$ ) la producción de material seca (14.89, 12.94 y 11.35% para 15, 19 y 23 días respectivamente).

El uso de sustratos permite una mayor producción de biomasa en verde (3.34, 3.66 y 3.74 kg/m<sup>2</sup> con T0, T1 y T2 respectivamente), porcentaje de materia seca (13.66, 11.79 y 13.73% con T0, T1 y T2 respectivamente) permitiendo a la vez altura de planta (8.50, 9.44 y 9.56cm con

✉ Curasma Ccente James  
[james.curasma@unh.edu.pe](mailto:james.curasma@unh.edu.pe)

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Huancavelica  
Jr. Victoria Garma N° 275 y Jr. Hipólito  
Unanue N° 280 cercado de Huancavelica,  
Perú

T0, T1 y T2 respectivamente) superiores al control. Así concluyendo que el uso de sustratos permite una mayor producción de biomasa en verde, porcentaje de materia seca permitiendo a la vez altura de planta superiores al control, además de obtener mayor porcentaje de materia seca tratando con stipa ichu como sustrato y los tiempos de cosecha no influyen significativamente en la producción de biomasa en verde.

**Palabras clave:** sustrato, forraje, hidropónico, tiempo de cosecha.

**Palabras clave:** sustrato, forraje, hidropónico, tiempo de cosecha.

### Summary

The test was carried out on the grounds of the National University of Huancavelica, between the months of January and February 2019, with the objective of evaluating the substrates and harvest times in the performance of the FVH of barley. For this, 54 trays (25.5x35.5cm) were used, distributed in three treatments; T0 (Control treatment or without substrate), T1 (sawdust), T2 (Stipa ichu ground), 100ml of 0.5% urea was added to the trays with substrate (55g of 2 to 3mm of particle) and allowed to soak for 24 hours. The sowing density was 2.5kg / m<sup>2</sup>. Irrigation was done twice a day. It was harvested in three times (15, 19, 23 days), thus cutting a quadrant of 10x10cm / tray.

The different harvest times did not show significantly ( $P > 0.05$ ) changes in the biomass production (3.54, 3.51 and 3.69kg / m<sup>2</sup> for 15, 19 and 23 days respectively),

increasing significantly ( $P < 0.05$ ) the height of plant (8.11, 9.47 and 9.92cm for 15, 19 and 23 days respectively) and decreasing significantly evidenced ( $P < 0.05$ ) the production of dry material (14.89, 12.94 and 11.35% for 15, 19 and 23 days respectively).

The use of substrates allows a greater production of biomass in green (3.34, 3.66 and 3.74 kg / m<sup>2</sup> with T0, T1 and T2 respectively), percentage of dry matter (13.66, 11.79 and 13.73% with T0, T1 and T2 respectively) allowing at the same time plant height (8.50, 9.44 and 9.56cm with T0, T1 and T2 respectively) higher than the control. Thus, concluding that the use of substrates allows a greater production of biomass in green, percentage of dry matter allowing at the same time higher plant height than the control, in addition to obtaining a higher percentage of dry matter treating with stipa ichu as substrate and harvest times. they do not significantly influence the green biomass production.

### 1. Introducción

Un sustrato en hidroponía es todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir activamente en el proceso de la nutrición vegetal (Mikel, 2010). Las funciones básicas los sustratos deben tener la capacidad de: retener agua en forma disponible para la planta, permitir la

oxigenación para la respiración radicular y actuar como un soporte para la planta en crecimiento (Ibalpe, 2002).

El perfeccionamiento del manejo de los sistemas de producción agrícola usando sustratos, requiere una base de conocimientos mayor sobre la variación en las características físicas durante el ciclo de cultivo para poder manejar el suministro de agua y nutrimentos (Medrano *et al.*, 2001; Suay *et al.*, 2003) y mejorar los sistemas de producción comercial (Kláring *et al.*, 1999; Roca *et al.*, 2003).

Actualmente se comercializan sustratos de características y orígenes diversos, de forma pura o en mezclas de dos o más materiales, que buscan satisfacer las necesidades específicas de cada cultivo; sin embargo, sus altos precios (varios de ellos son de importación) limitan su acceso y uso a muchos productores. En las últimas décadas, se ha encontrado aplicación como medios de crecimiento a materiales que son subproductos o residuos de desecho de muy diversas actividades domésticas, urbanas e industriales (Resh, 1998; Sánchez y Escalante, 1988; Maher *et al.*, 2008). La incorporación de estos materiales posibilita tener productos más baratos y, a largo plazo, un impacto ecológico positivo.

El aserrín, que proviene de la industria maderera, es un material que tiene potencial como sustrato. Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y se recomienda que del 20–

40 % sean inferiores a 0.8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 gcm<sup>-3</sup>. La porosidad total es superior al 80%, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (Maher *et al.*, 2008). La ventaja principal del aserrín es su bajo costo, pero al ser un material orgánico entra en descomposición, lo que reduce su vida útil como sustrato. Es posible que mezclando el aserrín con materiales inorgánicos como el tezontle (arena volcánica), los cambios en sus propiedades físicas sean más lentos, proporcionando un sustrato más durable sin incrementar los costos.

El forraje verde hidropónico (FVH) es un sistema de producción de biomasa verde 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 (Cassman., 1999). 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). 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.

La utilización de sustratos de origen orgánico o inorgánico en el FVH influye en la producción y productividad, debido a la presencia de los diferentes nutrientes favorables para el desarrollo del forraje.

El objetivo del trabajo fue evaluar los sustratos y tiempos de cosecha en el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*).

**Keywords:** substrate, forage, hydroponic, harvest time.

## 2. Materiales y métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, con el objetivo de evaluar los sustratos y tiempos de cosecha en el rendimiento de biomasa del forraje verde hidropónico de la cebada (variedad INIA 411). El trabajo de campo se realizó entre enero y febrero del 2019.

Para el estudio se utilizó 54 bandejas (25.5x35.5cm), adicionando: aserrín, *Stipa ichu* molido y sin tratamiento, a los cuales se añadió 100 ml de urea 0.5% y dejando remojar por 24 h. La cebada, se desinfecto con lejía al 1% x 2 min y oreado por 24 h (Sanchez, *et al.*, 2013), con densidades de siembra de 2.5 kg/m<sup>2</sup> (226.31g x bandeja)

que contenían 55 g de sustrato respectivamente (Nina, 2017), donde los sustratos tuvieron un tamaño de partícula de 2 a 3mm y con una profundidad de 0.5 cm por bandeja. El riego se realizó dos veces al día en el mismo horario con agua potable (De la Cruz, 2019).

Se ha cosechado en tres tiempos de cosecha (15, 19, 23 días), donde se cortó un cuadrante de 10 x 10 cm/bandeja, para posteriormente realizar un muestreo de mediciones de la altura de la hoja. Las distribuciones de las parcelas experimentales fueron de 54 bandejas aleatoriamente en los 3 niveles bajo un arreglo factorial de 3x 3, conducido en un diseño completamente al azar con 6 repeticiones.

Las muestras tomadas en campo fueron enviadas al laboratorio de Nutrición y Evaluación de Alimentos (LUNEA) de la Universidad Nacional de Huancavelica para su análisis de porcentaje de materia seca (%MS) según método de AOAC, 2019. Los datos fueron procesados con el Programa Estadístico SAS 9.4, incluyendo un 5% de probabilidad a través de prueba de medias Tukey.

## 3. Resultados

La producción de biomasa no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los diferentes tiempos de cosecha, la altura de planta no presentó diferencias estadísticas entre los tiempos de 19 y 23 días (Tabla 1).

La media de materia seca (%) presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para los

diferentes tiempos de cosecha, observando que cuando incrementa los tiempos de cosecha disminuye la producción de materia seca. Los tratamientos con Aserrín,

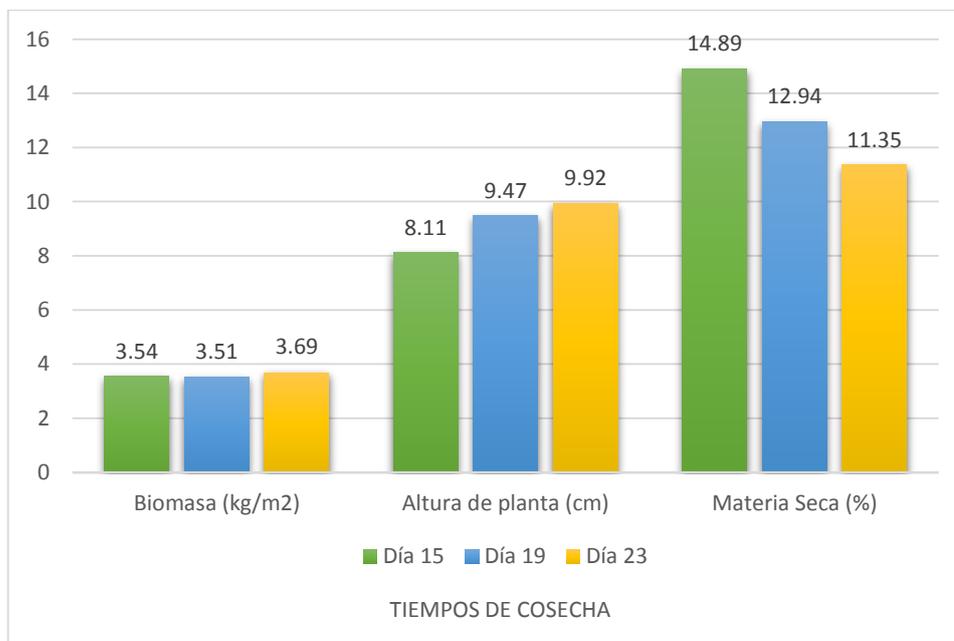
presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) respecto a la biomasa en verde de cebada, tratadas con Stipa Ichu y sin sustrato (Figura 1).

**Tabla 1.- Comparación de medias de biomasa, altura de planta y materia seca de forraje verde hidropónico de la cebada con diferentes sustratos y tiempos de cosecha.**

Variables	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Altura de planta (cm)	Materia seca (%)
<b>Tiempos</b>			
Día 15	3.54 <sup>a</sup>	8.11 <sup>b</sup>	14.89 <sup>a</sup>
Día 19	3.51 <sup>a</sup>	9.47 <sup>a</sup>	12.94 <sup>b</sup>
Día 23	3.69 <sup>a</sup>	9.92 <sup>a</sup>	11.35 <sup>c</sup>
<b>Tratamientos</b>			
Sin sustrato	3.34 <sup>b</sup>	8.50 <sup>b</sup>	13.66 <sup>a</sup>
Aserrín	3.66 <sup>a</sup>	9.44 <sup>a</sup>	11.79 <sup>b</sup>
Stipa ichu	3.74 <sup>a</sup>	9.56 <sup>a</sup>	13.73 <sup>a</sup>

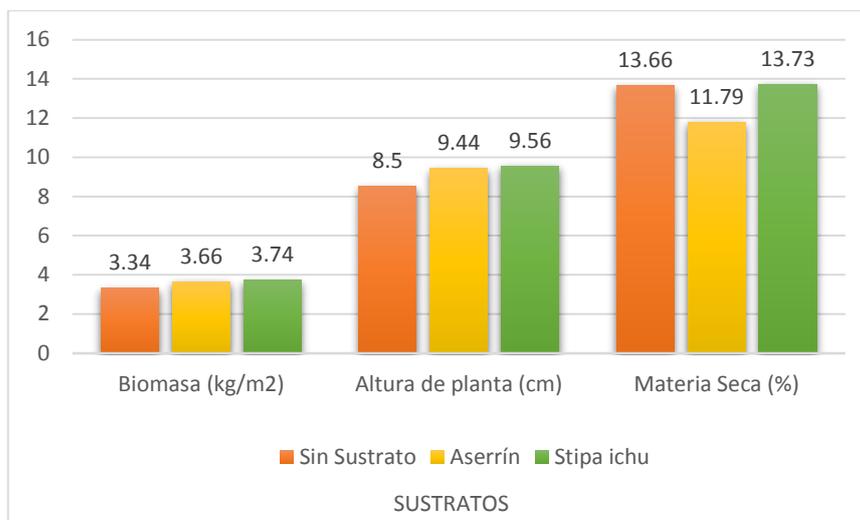
Letras diferentes en la misma columna difieren entre sí, para la prueba de Tukey 5%

**Figura 1.- Comparación de medias de biomasa en verde, altura de planta y porcentaje de materia seca de forraje verde hidropónico de la cebada con diferentes tiempos de cosecha.**



El sustrato de Stipa ichu, fue superior, respecto a los parámetros de biomasa en verde, altura de planta y tenor de porcentaje de materia seca, en comparación al sustrato con aserrín y el testigo sin sustrato (Figura 2).

**Figura 2.- Comparación de medias de biomasa en verde, altura de planta y materia seca de forraje verde hidropónico de la cebada con diferentes sustratos.**



#### 4. Discusión

La media de biomasa verde (3.34 kg/m<sup>2</sup>) sin sustrato, fue inferior significativamente ( $p > 0.05$ ) a lo reportado por Gutiérrez y Camacho (2019), quienes reportaron 7.84 kg/m<sup>2</sup> de biomasa, trabajando en forraje verde hidropónico de variedades (criolla) de cebada con cero tratamientos y cosechando a los 15 días, en la ciudad de La Paz – Bolivia a una altitud de 3200 m.s.n.m., además se observó que la media de altura (8.50 cm) de plantas sin sustrato fueron inferiores significativamente ( $p > 0.05$ ) a 15.77 cm y 14.03 cm en promedio reportado por Gutiérrez y Camacho (2019) y Sotelo (2020) (quien trabajo en la ciudad de Huaraz- Perú a una altitud de 3067 m.s.n.m.), respectivamente. Estas diferencias se deben por la diferencia de altitudes, a la vez podrían deber también a la variación de temperatura de ambiente entre la noche y el día y existe en otros

estudios las variaciones mínimas se podría deber a la variedad de la especie.

Sotelo (2020), reporto la media de producciones de biomasa en verde superiores al estudio realizado de 9.77 kg/m<sup>2</sup> frente a 3.34 kg/m<sup>2</sup> en condiciones de sin sustrato cosechados a los 15 días. Estas diferencias podrían deber a la variedad de cebada donde no se porta el uso de la variedad.

Tenores en porcentaje de materia seca que reporto Quispe *et al.* (2016) fue de 13.66 %, estudio trabajado sin sustrato, considerando la variedad de cebada UNA 80 y Sotelo (2020), obtuvo rangos similares en tenores de 16.66 y 18.8% de materia seca respectivamente. Estas diferencias se deben a la variedad de cebada usada en el trabajo y la latitud del lugar de trabajo.

## 5. Conclusiones

El uso de sustratos permite una mayor producción de biomasa en verde, porcentaje de materia seca permitiendo a la vez altura de planta superiores al control, además de obtener mayor porcentaje de materia seca tratando con stipa ichu como sustrato.

Los tiempos de cosecha no influyen significativamente en la producción de biomasa en verde. Por otro lado, al

aumentar los tiempos de cosecha incrementan la altura de planta y disminuyen el porcentaje de materia seca.

## 6. Agradecimientos

Al equipo de investigadores del Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Universidad Nacional de Huancavelica por la gentileza de facilitar las instalaciones para la ejecución del presente trabajo

**Referencias Bibliográfica**

- AOAC: Association of Official Analytical Chemists. (2019) Official Methods of Analysis. 21st ed. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.
- Cassman, K. G., 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.
- De la Cruz Gastelo, Edgar W., 2019. Optimización del tiempo de aplicación de soluciones hidropónicas en el agua de riego en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*). Tesis post grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. 128p. URL: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4918>.
- Espinoza 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.
- FAO, (2001). Forraje Verde Hidropónico. Manual técnico. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Gutiérrez, S. F., & Camacho, E. C. (2019). Aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico, en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Centro Experimental de Cota Cota. Apthapi, 5(1), 1430-1440.
- Ibalpe. (2002). Manual Agropecuario. Bogotá, Colombia: Ibalpe. 1093p.
- Kläring, H. P.; Schwarz, D.; Cierpinski, W. 1999. Control of concentration of nutrient solution in soilless growing systems, depending on greenhouse climate. Advantages and limitations. Acta Horticulturae 507: 133–139.
- Maher, M.; Prasad, M.; Raviv, M. 2008. Organic Soilless Media Components. In Soilless Culture: Theory and Practice. Raviv, M.; Lieth J. H. (Eds.). Editorial Elsevier. United States of America 459–504 pp.
- Medrano, E.; Lorenzo, P.; Sánchez, M. C. 2001. Evaluation of a greenhouse crop transpiration model with cucumber under high radiation conditions. Acta Horticulturae. 559: 465–470.
- Mikel, P. (2010). Evaluación de sustratos de fibra de madera de pino frente a sustratos convencionales en cultivo hidropónico de tomate. Pamplona. 111p.
- Nina Luque, Edwin L., 2017. Uso de diferentes métodos de producción

- bajo tres densidades de siembra en el cultivo verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en carpa solar. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés, Ciudad de La Paz. Bolivia. URL: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12939>
- Quispe Cusi, A., Paquiyauri, Z., Ramos, Y. V., Contreras, J. L., & Véliz, M. A. (2016). Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(1), 31-38.
- Resh, H. 1998. *Cultivos Hidropónicos*. Editorial Mundi-Prensa. España. 369 p.
- Roca, D.; Martínez, P. F.; Suay, R.; Martínez, S. 2003. Nitrate and water uptake rates on a short term basis by a rose soilless crop under greenhouse. *Acta Horticulturae*. 614: 181–187.
- SAS. (2009). "Statistical Analysis System". user's Guide: Statistics. Release 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Sánchez DEL C. F.; Escalante R. E. 1988. *Hidroponia. Un sistema de producción de plantas*. Universidad Autónoma Chapingo
- Sánchez Del Castillo, F., Moreno Pérez, E. D. C., Contreras Magaña, E., & Morales Gómez, J. (2013). Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso de borregos. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(4), 35-43.
- Sotelo Toledo, J. M., 2020. Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare l.*) Cultivar variedad centenario, aplicando tres volúmenes de riego por microaspersión, bajo condiciones de invernadero en Huaraz, año 2019. Tesis post grado. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú. 66p. URL: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4076?show=full>
- Suay, R. P. F.; Roca D.; Martínez, M.; Herrero, J. M.; Ramos, C. 2003. Measurement and estimation of transpiration of a soilless rose crop and application to irrigation management. *Acta Horticulturae* 614: 625–630.