

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las tierras de labrantío están sobreexplotadas por la agricultura extensiva y la degradación de los suelos es evidente, por el uso indiscriminado de agentes químicos y por el lavado de nutrientes debido a las labores culturales de los cultivos, lo que conlleva a ver otras alternativas de producción evitando el uso del suelo y ahorrando otro suministro indispensable como es el agua.

Hoy en día el cambio climático afecta a todo el planeta y un recurso importante para la subsistencia de la humanidad es el agua, cuya disponibilidad se está agotando con el transcurso del tiempo, esto va de la mano con la sobrepoblación, por lo que se requiere producir más en menor extensión de terrenos y en menos tiempo, sin el uso de agentes químicos, y ahorrando los recursos no renovables que son vitales para la subsistencia del planeta y de los que lo habitan.

El Proyecto Pecuario de la SUBGOBERNACIÓN DE PADCAYA (2013) en el análisis de la problemática pecuaria describe lo siguiente:

Dentro de la producción pecuaria de manera general, la alimentación juega un rol fundamental y particularmente en los animales herbívoros, la disponibilidad de forraje de manera adecuada y continua que permita la mantención, cría, recría, desarrollo y producción de la especie animal. Las características climáticas que presenta la región son singulares y marcan diferencias significativas en la disponibilidad hídrica que permitan lograr una sostenibilidad permanente de forraje a lo largo del año, lo cual genera caída en la oferta forrajera para la producción ganadera, a causa de estos baches estacionales la productividad pecuaria se ve afectada de manera significativa, estas pérdidas oscilan entre un 35% a un 50% dependiendo el sistema productivo, siendo la producción lechera la que se ve más afectada representando una pérdida de aproximadamente 200.000 litros de leche en este periodo de bache estacional (SUBGOBERNACIÓN DE PADCAYA, 2013, pág. 125).

1. JUSTIFICACIÓN

Frente a esta problemática, la producción de forraje verde hidropónico (F.V.H.), podría ser una alternativa viable para cubrir este bache estacional de déficit de oferta forrajera, ya que la producción que consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) para su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo, se puede realizar todo el año en invernaderos, siendo viable tanto en el ámbito económico, como por su valor nutricional, debido a que por su precocidad y altos volúmenes de producción en un espacio reducido, es altamente digestible con lo que el animal puede aprovechar la totalidad del forraje.

En el departamento de Tarija en el ámbito de producción lechera en el periodo de invierno-primavera la oferta forrajera es baja o casi nula, razón por la que se consideraría la producción de forraje verde hidropónico con especies que rindan en estos tiempos, tales como la avena y la cebada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.), en cultivo puro y asociado y bajo dos técnicas de producción, sobre piso y en bandeja, con la finalidad de buscar alternativas para mejorar la disponibilidad de forraje para el ganado en la comunidad de la Mamora, Municipio de Padcaya, Provincia Arce del Departamento de Tarija.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar el rendimiento de forraje verde hidropónico de avena y cebada en cultivo puro frente al cultivo asociado.
- b) Evaluar el rendimiento de forraje verde hidropónico de avena y cebada con la técnica de producción en bandeja frente a la técnica de producción sobre piso.
- c) Interpretar el efecto de la interacción tipo de cultivo (puro y asociado) por técnica de producción (en bandeja y sobre piso) en la producción de forraje verde hidropónico de avena y cebada.

- d) Evaluar el valor nutricional (mediante análisis bromatológico) de cada tipo de cultivo (puro y asociado) y por técnica de producción (en bandeja y sobre piso) del forraje verde hidropónico
- e) Determinar la relación costo beneficio de cada tratamiento en estudio, en función a la calidad nutricional y relación semilla/volumen total FVH producido.

3. HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas en la producción de forraje verde hidropónico de avena y cebada, en función al tipo de cultivo (puro y asociado), técnica de producción (en bandeja y sobre piso) y características nutricionales

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. SISTEMA PRODUCTIVO DEL MUNICIPIO DE PADCAYA

En el ámbito rural, el municipio de Padcaya se caracteriza por presentar unidades familiares organizadas en torno al trabajo y articuladas en comunidades campesinas en su inmensa mayoría. Estas unidades productivas presentan estrategias productivas diversificadas adaptadas a la variabilidad del entorno ambiental y económico, donde la agricultura y la ganadería son actividades complementarias.

Las comunidades campesinas del municipio de Padcaya Provincia Arce, desarrollan sistemas productivos mixtos agrícola-ganaderos, bajo sistemas característicos de cada ecosistema, es decir diversificada integral y multiespecie, cada familia cría diferentes tipos de animales de manera simultánea organizados en pequeños hatos. En algunos casos cada productor campesino tiene sus propios campos de pastoreo, en otros comparten campos de pastoreo de uso colectivo a nivel comunal, desarrollando también labores agrícolas con cultivos estacionales y frutales propios de la zona con características agroecológicas.

Este sistema de producción agropecuaria juega un rol importante en la economía de las familias campesinas, ya que es la base económica que le permite sortear las fluctuaciones climáticas que muchas veces causan el colapso de la producción agrícola. Además, la producción campesina de animales aporta al mercado local de carne, leche y cueros con un importante porcentaje.

De acuerdo a la zona agroecológica, y según el acceso a factores productivos, estos sistemas productivos campesinos basan su estrategia en función a la disponibilidad de riego; a mayor disponibilidad de este, la estructura productiva está más ligada a la agricultura y a menor recurso de riego o a secano la estructura productiva se encuentra más apoyada en la ganadería, donde el ganado permite sortear las fluctuaciones climáticas adversas e impredecibles.

El proyecto pecuario elaborado por la SUBGOBERNACION DE PADCAYA (2013) describe:

La crianza de especies animales en el Municipio de Padcaya, tiene una trayectoria que data de mucho tiempo, cuando se introdujeron a estas zonas especies como el ganado vacuno, el ovino y el caprino que se fueron adaptando a las condiciones climáticas del lugar, a la disponibilidad de forrajes y agua, así mismo al ataque de parásitos y enfermedades.

Sin duda este proceso de adaptación fue largo, a través del cual se fueron dando cambios y mutaciones en estas especies, llegando a constituirse a través del tiempo en la raza criolla que hoy habita la región.

Al ser la explotación pecuaria una actividad secundaria, generalmente solo se tiene ganado de raza criolla, sin embargo, en la especie vacuna se genera un cambio sustancial con la introducción de ganado mejorado de la raza holando-uruguayo a través del programa de fomento lechero con cooperación del PMA lo que genera un cambio sustancial en la producción bovina llevando a la especialización de la producción lechera en gran parte de la zona del valle del Municipio de Padcaya, lo que le lleva a constituirse en el segundo Municipio con el 33% de producción de leche de la cuenca lechera del valle central de Tarija, siguiéndole al Municipio de San Lorenzo el cual concentra el 45% de la producción lechera, ubicándose en tercer lugar el Municipio de Cercado, con el 11% de producción lechera, siendo la producción restante, generada por los demás municipios aledaños.

La producción lechera en el Municipio de Padcaya se constituye en una de las actividades productivas de mayor relevancia que involucran a 117 familias productoras y 2.169 bovinos de razas lecheras, con una producción diaria de más de 12.000 litros de leche fluida, el sistema productivo es de régimen semi extensivo en base a pastoreo de pasturas y ramoneo nativos combinado con cultivos de forrajeras introducidas como son la alfalfa, maíz y sorgo como cultivos de primavera – verano y para el verdeo de otoño – invierno avena y vicia villosa. Dichos cultivos tienen las limitantes de la disponibilidad de riego que solo representa el 10% de los suelos cultivables; los

cultivos a secano son predominantes donde el maíz es el cultivo con mayor cantidad seguido por el sorgo los cuales tienen la finalidad de producirlo con la función de conservación para las épocas críticas donde la oferta forrajera es baja o nula.

Bajo condiciones naturales, la producción ganadera en el municipio está sujeta a grandes fluctuaciones estacionales, debido al sistema climático ciclónico y anticiclónico que genera una variación anual y quinquenal de consideración, afectando la previsión en los cultivos de manera general y particularmente en la producción forrajera, situación que influye en la previsión y disponibilidad de la reserva forrajera causando baches estacionales no fijos, siendo estos que oscilan de septiembre a diciembre.

Los baches estacionales provocan deficiencias de la oferta forrajera que se reflejan de diferente manera en la producción animal, donde esta situación es más evidenciable en el ganado dedicado a la producción de leche. En este, cualquier alteración diaria en su alimentación sea en volumen o en calidad repercute casi de inmediato en los rendimientos, alterándolos profundamente. En el ganado de carne el efecto es menos visible, pero no por ello menos importante. Un animal deficientemente alimentado deja de crecer y de ganar peso a un ritmo determinado.

En los casos extremos de penuria alimenticia, prologada por varios meses a causa de la baja producción de forrajes, el animal se debilita considerablemente; aumenta en este caso su susceptibilidad a las enfermedades, disminuye su capacidad para defenderse de los riesgos propios de la estación y en casos extremos el animal muere. (SUBGOBERNACIÓN DE PADCAYA, 2013, pág. 178).

Hernández L. (1999) describe al forraje verde hidropónico como una alternativa para la manutención del ganado.

El mundo está entrando en una tercera revolución tecnológica con posibilidades de transformar significativamente la producción de bienes, a lo largo de las cadenas agroalimentarias o en todo el complejo agroindustrial; y los países que no sean parte de esta nueva ola de progreso técnico difícilmente podrán mantener y desarrollar una

agricultura competitiva a nivel internacional, capaz de enfrentar las exigencias y desafíos de economías más abiertas (HERNÁNDEZ LOZANO, 1999, pág. 4).

La manutención del ganado en forma tradicional, cada día se hace más costosa lo que obliga a los ganaderos a buscar otras posibilidades para reducir costos como mano de obra, disminución de áreas, el uso de concentrados entre los que se encuentran aquellos que aportan proteína.

Todo esto conlleva a enfocar esfuerzos hacia la producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH), uno de los suplementos alimenticios que mejores resultados ha ofrecido en cuanto a la producción y calidad de leche y carne, en ganaderías de explotación intensiva de suplementación, es pasto fresco obtenido a partir de cereales germinados en unas condiciones óptimas y cosechado en un periodo entre ocho y doce días, tiempo en el cual la planta ha producido una considerable cantidad de proteína que hace que el forraje pueda reemplazar los concentrados utilizados para tal fin con la marcada economía para el ganadero (pág. 38).

El Forraje Verde Hidropónico es el cultivo de cereales en una cámara cerrada denominada “Cámara Hidropónica”, con iluminación permanente y riego automatizado, en bandejas colocadas en estantes para la producción ininterrumpida durante los 365 días del año de forraje fresco.

Es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa) que se realiza durante un periodo de hasta 15 días captando energía del sol con o sin soluciones nutritivas. Se utilizan técnicas de hidroponía sin utilizar ningún sustrato. El grano germinado alcanza una altura promedio de 25 centímetros, el animal consume la planta aérea formada por el tallo y las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz. Se puede alimentar ganado vacuno, cerdos, caprinos, equinos, conejos, con excelente calidad (pág. 39).

1.2. GENERALIDADES DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Abarca Reyes P. (2010) describe sobre el forraje verde hidropónico lo siguiente:

El término hidroponía, tiene su origen en las palabras griegas “hydro”, que significa agua, y “ponos”, que significa trabajo. Tradicionalmente se ha entendido como el cultivo de plantas en soluciones nutritivas, que contiene todos los elementos minerales necesarios, para el desarrollo y producción de plantas.

El forraje verde hidropónico consiste en la germinación de semillas de especies de gramíneas y leguminosas (poáceas y fabáceas) que pueden ser utilizadas como forrajeras, entre ellas, trigo, avena, centeno, cebada, maíz, alfalfa, entre otras. El método, es bastante antiguo, pues se remonta a la época de griegos y romanos, que hacían germinar la semilla para alimentar su ganado (ABARCA R., AGUIRRE A., SILVA R., MORA R., & CARRASCO J., 2010, pág. 160).

Según Carballo C. R. (2005):

Producir alimento de bajo costo se ha convertido en un problema, para la ganadería. Los esquilmos agrícolas y los alimentos balanceados son costosos y se tiene que ir a lugares lejanos para comprarlos y transportarlos. Una solución a este problema para animales omnívoros y herbívoros puede ser el grano germinado, ya que este lo pueden obtener los productores de sus propias cosechas y así aprovechar el grano dándole valor agregado (CARBALLO MONDACA, 2005, pág. 2).

1.2.1. ORIGEN DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO

Al respecto, López Luis A. (2005) explica lo siguiente:

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691), realizó los primeros experimentos de cultivos en agua (LÓPEZ MARTÍNEZ, 2005, pág. 7).

Agregando lo que expresa López Luis A., Molina A. (2018) menciona:

Uno de los primeros éxitos de la hidroponía ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) cuando las tropas estadounidenses que estaban en el Pacífico, pusieron en práctica métodos hidropónicos a gran escala para proveer de verduras frescas a las

tropas en guerra con Japón en islas donde no había suelo disponible y era extremadamente caro transportarlas.

Entre los años 60 y 70 la investigación en horticultura se enfocó en buscar nuevas alternativas, como respuesta a la problemática de los suelos (problemas de nutrición, agua, aumento de la resistencia de las plagas y enfermedades a las medidas de control) (MOLINA, OLMEDO, & TRUMPP, 2018, pág. 6).

Para concluir lo dicho por los anteriores autores, Carballo C. R. (2005) afirma:

A fines de los años treinta de este siglo, en Inglaterra y Escocia, se reporta el uso de cereales germinados en la alimentación del ganado con buenos resultados: La técnica utilizada era completamente rústica, obteniéndose una altura del pasto de 5 cm y solamente se duplicaba el peso del forraje con relación al peso de la semilla (CARBALLO MONDACA, 2005, pág. 4).

1.2.2. GERMINACIÓN DE LA SEMILLA

Luna P. R. (2013) mencionando a Bidwell (1993) manifiesta lo siguiente:

La semilla es una estructura en reposo, que generalmente ésta deshidratada. Se compone principalmente de tejido de reserva, rodeado de una cubierta esencialmente impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o son muy lentos, la semilla está en una condición de vida interrumpida, debido principalmente a la carencia de agua y oxígeno.

La germinación empieza ante la ruptura de la cubierta seminal, se patentiza de forma visible mediante la observación de la raicilla o el brote. Hasta entonces el crecimiento del embrión en el transcurso de la germinación depende de la movilización del almidón almacenado en el endospermo, esta movilización es la lisis enzimática del almidón para dar azúcares, que son transportados y usados como fuente de energía para el proceso germinativo (LUNA PABLO, 2013, pág. 22).

Para la germinación de la semilla se necesitan ciertas condiciones ambientales de humedad, oxigenación, temperatura y luminosidad. La humedad es indispensable, pues

sin ella se detiene el proceso enzimático; en todas las fases de la germinación debe haber humedad.

Mediante la oxigenación, la semilla puede realizar adecuadamente su respiración (intercambio gaseoso); sin oxígeno, la semilla se intoxica con sus propios gases.

El rango de temperatura, se sitúa entre 20 y 30°C, sin embargo, algunas semillas como la avena, el trigo, la cebada o el centeno, tiene un buen índice de germinación entre los 15 y 20°C.

En la producción de forraje verde hidropónico, la luz no inhibe ni retrasa los procesos de germinación. Después de la humedad, la temperatura es el factor más importante para lograr una buena germinación (pág. 23).

1.2.3. PARTES DE LA SEMILLA

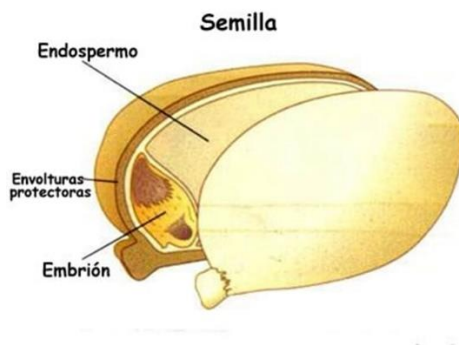


Fig. 1 Partes de la semilla

1.3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FVH

1.3.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON SALES NUTRITIVAS

López J. P. (2013) explica el sistema de producción con sales nutritivas

Selección de las especies utilizadas en FVH. Generalmente se utilizan semillas de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección de la semilla depende de la disponibilidad local y de su precio.

Selección de semilla. Se debe emplear semilla de excelente calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y

rendimiento. Se pueden usar semillas de cereales que se producen a nivel local. Es conveniente que las semillas se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas que podrían ser fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con agroquímicos. En este sentido, se debe evitar el empleo de semillas que se destinan para siembra (certificadas) puesto que tienen un tratamiento que incluye fungicidas e insecticidas, si bien esto favorece la germinación, tiene un inconveniente, los residuos de pesticidas pueden generar problemas en la alimentación del ganado.

Lavado y desinfección de semillas. Las semillas se deben lavar y desinfectar, con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado y desinfección tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias. El tiempo que se dejan las semillas en la solución de hipoclorito, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder los tres minutos. Sumergir las semillas por más tiempo en la solución desinfectante puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Una vez que se termina de lavar se procede a enjuagar las semillas de manera vigorosa con agua limpia.

Pre-germinación (remojo de las semillas). Esta etapa consiste sumergir completamente las semillas por un periodo no mayor a 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se divide en 2 periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se sacan para escurrirlas durante 1 hora. Después, se sumergen nuevamente por 12 horas, para finalmente escurrirlas por última vez. Mediante este fácil proceso se induce la rápida germinación de la semilla. Esta pre-germinación asegura un crecimiento inicial uniforme del FVH. Cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas.

Siembra y densidad. Las densidades óptimas por metro cuadrado oscilan entre 2.2 a 3.4 kg de semillas. Para la siembra, se distribuirá una delgada capa de semillas pregerminadas, la cual no debe ser mayor a 1.5 cm de altura o espesor (JUÁREZ LÓPEZ, 2013, pág. 19).

Germinación. Después de la siembra, las semillas se cubren con papel periódico para proporcionar condiciones de semioscuridad y se moja con la finalidad de generar alta humedad y temperaturas óptimas para favorecer la germinación y el crecimiento inicial. Una vez detectada la germinación de las semillas se retira el papel.

Riego. El riego de las bandejas de crecimiento del FVH puede realizarse a través de micro aspersores, nebulizadores o con una bomba aspersora portátil (mochila de mano). El riego por inundación no es recomendado dado que causa excesos de agua que provocan asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo. Al principio (primeros 4 días), no deben aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego se aplicará de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales del invernadero. Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Es recomendable dividir el volumen diario de riego en 6 o 9 veces en el transcurso del día, con una duración menor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada, por lo tanto, los mejores resultados se obtienen mediante el sistema de riego por aspersión o nebulización (JUÁREZ LÓPEZ, 2013, pág. 20).

Agregando a lo manifestado por López J. P. (2013) sobre riego, Luna P. R. (2013) explica:

Solución Nutritiva. Izquierdo (2000) y Marulanda (2003), definen a la solución nutritiva como el producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse como: Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, molibdeno y zinc. Estos elementos vienen en forma de sales minerales. Izquierdo (2000) y Marulanda (2003), afirman que existen varias fórmulas para preparar nutrientes y que han sido usadas en varios países. Molina (2004), menciona que la solución nutritiva es una mezcla de compuestos inorgánicos (fertilizantes) formulados adecuadamente y disueltos en agua, utilizando como fuente de nutrientes minerales para desarrollo del forraje verde hidropónico durante el riego en el área de producción. Es importante señalar que se puede producir forraje verde

hidropónico usando únicamente agua, pero con el uso de solución nutritiva producimos un forraje con mayor porcentaje de proteína cruda, un contenido mayor de minerales y un aumento en el rendimiento (pág. 38).

Riego con solución nutritiva. Cuando aparecen las primeras hojas, al cuarto o quinto día después de la siembra, se comienzan a aplicar riegos con solución nutritiva. Para los macronutrientes, en el (Cuadro 1) se presentan siete opciones para preparar 1,000 litros de solución nutritiva, en función de la disponibilidad de los fertilizantes (pág. 21).

Cuadro N.º1 Opciones para preparar la solución nutritiva con macronutrientes

Orden de disolución	Fertilizante	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7
1	Ácido sulfúrico	—	50 mL	—	50 mL	—	50 mL	—
2	Ácido fosfórico	175 mL	—	175 mL	—	175 mL	—	133 mL
3	Sulfato de potasio	—	551 g	890 g	558 g	558 g	—	600 g
4	Fosfato monoamónico	—	297 g	—	297 g	—	—	—
5	Nitrato de potasio	650 g	140 g	—	—	—	388 g	—
6	Fosfato monopotásico	—	—	—	—	—	351 g	600 g
7	Sulfato de magnesio	950 g	950 g	—	950 g	—	950 g	950 g
8	Nitrato de magnesio	—	—	800 g	—	605 g	—	—
9	Nitrato amonio	—	—	—	154 g	126 g	103 g	—
10	Nitrato de calcio	1230 g	1230 g	1230 g	1230 g	1230 g	1230 g	1230 g

Fuente: Velasco-Hernández y Nieto-Ángel (2006).

Los últimos dos días antes de la cosecha el riego se realiza únicamente con agua para eliminar rastros de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y raíces. Existen investigaciones que se han realizado sin la aplicación de riegos con soluciones nutritivas, es decir, se riega solamente con agua; sin embargo, el máximo rendimiento de FVH se obtiene cuando se aplican riegos con solución nutritiva

Cosecha y rendimiento. La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza en los días 7 y 8 después de la siembra, por lo que el mayor volumen y el rendimiento deben ser valorados con la calidad, dado que el factor tiempo es un elemento negativo en términos de una producción eficiente. En términos generales, de 10 a 14 días es el periodo óptimo de cosecha del FVH; sin embargo, en función del requerimiento de forraje, se puede

cosechar antes o después. La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas germinadas y no germinadas. Lo anterior forma un solo bloque alimenticio, el cual es fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, aunque no existen problemas sanitarios de conservación por dos o tres días, salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional. La conversión de semilla a pasto aproximadamente es de un kg de semilla por siete kg de forraje, y por su valor nutritivo, un kg de FVH reemplaza entre 3.1 y 3.4 kg de alfalfa verde (pág. 22).

1.3.2. SISTEMA DE PRODUCCIÓN SIN SALES NUTRITIVAS

Según el INTA (2006) explica la producción sin sales nutritivas

Consiste en una novedosa alternativa de producción de forraje, un modo de sembrar que no requiere tierra, la planta crece sólo con agua sin adición de sales nutritivas aprovechando la energía de la semilla en la primera etapa y la energía foliar por efecto de fotosíntesis en la segunda etapa. Técnicamente, la producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir de semillas con un alto poder germinativo para producir un forraje vivo de alta digestibilidad, calidad nutricional y apta para la alimentación de animales.

En esta fase, empieza en la semilla, una actividad enzimática que resulta de la reactivación de las propias enzimas contenidas en el grano y también de la síntesis de nuevas enzimas, así, las reservas almacenadas en el endospermo del grano, se trasformen en sustancias más simples; las grasas y los aceites son convertidos en ácidos grasos y después en azúcares; las proteínas en aminoácidos y los hidratos de carbono en azúcares directamente asimilables; Durante ésta etapa, las semillas germinadas, tienen un contenido elevado de proteínas, aminoácidos y vitaminas, siendo por lo tanto un alimento potencialmente muy superior a los granos de los que provienen. Concluida la germinación se inicia la fase del “Crecimiento” que coincide con la fotosíntesis, etapa, donde las plántulas germinadas empiezan a crecer a un ritmo muy acelerado hasta la edad de 10 a 15 días, formando hojas y tallos de alta calidad nutritiva y listo

para la “Cosecha”, que se hace retirando el FVH de las bandejas incluidas las raíces que son parte del FVH, esta fase dura el tiempo que demora la labor de cosecha.

El procedimiento es básicamente poner a germinar las semillas en una cámara de pre germinado (que posee un sistema controlado de temperatura y humedad) hasta que estén en condiciones de pasarlas a las bandejas, para su terminación (a mayor escala como en un vivero, se necesitan sistemas de riego automatizados).

El agua que las raíces no absorban, decantará por unos orificios que tienen las bandejas (que están inclinadas) ubicadas en sus extremos. Nada se pierde, parte del agua es recolectada y filtrada para poder ser reutilizada. Luego de 14 días a partir de la germinación, cuando las plantas han alcanzado los 20 cm de largo establecidos según la especie, se retira el forraje para alimentar al ganado. Por cada bandeja se estima una producción de 6 a 10 kilogramos de forraje. (El animal come todo el pan, semilla, raíz y hojas) (INTA, 2006, pág. 5).

Protocolo de producción de FVH sin sales nutritivas:

El mismo consiste en las etapas de imbibición, embandejado, pregerminado en cámara, producción de FVH en invernáculo.

Etapas de imbibición: Esta consiste en el lavado de la semilla y la posterior inmersión por un lapso de 18 a 24 hs. La cantidad de semilla es acorde a la especie utilizada y de acuerdo a los estudios preliminares.

Embandejado: la semilla embebida en el proceso anterior se escurre, se fracciona por peso/volumen uniforme y se colocan en las bandejas de producción de FVH.

Pregerminado en cámara: las bandejas de FVH se disponen en un carro apiladas una sobre otra bajo condiciones de humedad y temperatura controladas de acuerdo a la especie utilizada. Esta etapa se da por finalizada una vez que se ha formado el entrelazado de las raíces necesario para las plántulas estén fijas. Aproximadamente el periodo transcurre entre los 4-5 días.

Producción de FVH en invernáculo: las bandejas son llevadas a un invernáculo y son colocadas en unas estanterías diseñadas para permitir el riego y el escurrimiento del

agua en exceso. En el invernáculo cumplen con el objetivo de mantener una temperatura acorde para la producción de forraje. El riego se realiza por aspersión y el agua en exceso se reutiliza. Una vez dispuestas en el invernáculo aproximadamente a los 10 días se obtienen la producción deseada.

La etapa de producción de FVH a partir de la cual se obtiene el forraje que será distribuido y utilizado para la alimentación animal.

Densidad de la Siembra.

De acuerdo a la información obtenida de los diferentes productores y de tratados en la materia se obtuvieron diferentes informaciones en lo referente a las cantidades de semillas a sembrar en cada una de las charolas, con las cuales se hicieron pruebas, únicamente, a la avena y a la cebada.

En el siguiente cuadro, se muestran las diferentes densidades recomendadas por Taboada Garduño (2011) para la siembra de forraje verde hidropónico (FVH) (GARDUÑO TABOADA, 2011, pág. 6).

Cuadro N. °2 Densidad de la siembra según Taboada Garduño

SEMILLA	DENSIDAD	PROFUNDIDAD
Avena	20gr./decimetro ²	2cm
Cebada	20gr. /decimetro ²	2cm

Fuente Fernando Garduño Taboada, 2011

1.3.3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN FVH EN PISO SIN SALES NUTRITIVAS

Según Sánchez W. (2017) describe el sistema de producción en piso sin sales nutritivas.

Debido a que una de las limitantes en la producción de forraje verde hidropónico es que a medida que se requiera mayores volúmenes de producción la infraestructura debe también ampliarse; esto conlleva a un incremento considerable del costo de inversión de la misma, dicha situación ha planteado una alternativa novedosa de producción de

forraje verde hidropónico a mayor escala y bajo costo, técnica desarrollada en el Paraguay la cual se realiza en piso sobre platabandas lo que permite producir grandes volúmenes sin altas inversiones y aplicar esta tecnología en producciones pecuarias de grandes dimensiones no siendo restrictivo para pequeñas explotaciones productivas (SÁNCHEZ, 2017, pág. 2).

La técnica consiste que después de la etapa de imbibición de la semilla se la deposita en platabandas realizadas en piso sean esta de cemento o forradas con material impermeable (Plástico) que tengan 5% de desnivel las cuales son cubiertas por nailon negro u otro material que no deje pasar la luz por lapso de 48 hs, a continuación se retira esta cobertura y se procede a los riegos por aspersión estando estos sujetos a la condición climática que se presente a mayor temperatura mayor número de riegos así mismo si sucediera lo contrario.

El tiempo de terminación del material alimenticio contempla 3 días de pre siembra y 12 días de permanencia en el piso. Entonces, en 15 días se obtiene la relación de 1 kg de semilla a 7,5 kg de forraje. El concreto otorga mejores condiciones a este tipo de forrajes, por que mantiene esta temperatura junto con el agua. El sistema de riego fue replanteado, en el caso del forraje en bandejas se hablaba de una irrigación de 17 veces por día. Con el concreto se pasa a regar 41 veces, incluso por la noche. En periodos de mayor luminosidad (durante el día), el riego es en intervalos de 30 minutos, mientras que, en la noche, cada 60 minutos. Esta periodicidad es similar en épocas de verano e invierno (SÁNCHEZ, 2017, pág. 3).

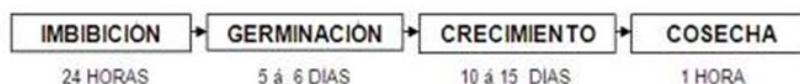


Fig. N.º 2 Etapas en días del forraje verde hidropónico

1.3.4. DOSIS RECOMENDADAS DE FVH PARA DISTINTAS ESPECIES ANIMALES.

Según López J. P. (2013) presenta:

Tomando datos proporcionados por la FAO, en el Cuadro N.º 3 se presentan las dosis recomendadas de FVH en función de la especie animal (LÓPEZ JUAREZ, 2013, pág. 24).

Cuadro N.º 3 Dosis recomendadas de FVH en función de la especie animal.

Especie animal	Dosis de FVH (kg por cada 100 kg de peso)	Observaciones
Vaca lechera	1.0 – 2.0	Suplementar con paja de cebada y otras fibras.
Vacunos de carne	0.5 – 2.0	Suplementar con fibra normal.
Cerdos	2.0	Crece más rápido y se reproducen mejor.
Aves	25 kg de FVH por cada 100 kilos de alimento seco.	Mejoran el factor de conversión.
Caballos	1.0	Agregar fibra y comida completa.
Ovejas	1.0 – 2.0	Agregar fibra.
Conejos	Conejos en engorde, de 180 a 300 g de FVH por día. Conejos madre en lactancia, hasta 500 g de FVH por día.	Suplementar con fibra y balanceados.

Fuente: FAO (2001).

1.3.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FVH

La FAO (2001) explica a continuación las ventajas y desventajas del FVH.

1.3.5.1. Ventajas:

-Ahorro de agua. En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro 4). Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18%. Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días (FAO, 2001, pág. 7).

Cuadro N. °4 Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo

Especie	Litros de agua / kg materia seca (promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: Carámbula, M. y Terra, J. 2000.

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se hallan observado y se observen generalmente en países con ecozonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo.

-Eficiencia en el uso del espacio. El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

-Eficiencia en el tiempo de producción. La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12 (pág. 7).

- Calidad del forraje para los animales. El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos.

En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg) (Pérez, 1987). Sin embargo, los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada el FVH se aproxima a los valores encontrados para el concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad (pág. 8).

Cuadro N. °5 Análisis comparativo del valor nutricional del grano de avena y el FVH obtenido de las semillas de avena a los 10 cm de altura y 13 días de crecimiento.

Nutriente o Factor	Grano	FVH
Materia seca (%)	91,0	32,0
Cenizas (%)	2,3	2,0
Proteína Bruta (%)	8,7	9,0
Proteína Verdadera (%)	6,5	5,8
Pared Celular (%)	35,7	56,1
Contenido Celular (%)	64,3	43,9
Lignina (%)	3,6	7,0
Fibra Detergente Ácido (%)	17,9	27,9
Hemicelulosa (%)	17,8	28,2

Fuente: Extractado de Dosal, Juan José, 1987 pág. 63.

Cuadro N. °6 Comparación entre las características del FVH (cebada) y otras fuentes alimenticias.

Parámetro	FVH (cebada)	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1,680	1,392
Proteína Cruda (%)	25	30,0	9,2	3,7
Digestibilidad (%)	81,6	80	47,0	39,0
Kcal Digestible/kg	488	2,160	400	466
kg Proteína Digestible/Tm	46,5	216	35,75	12,41

Fuente: Sepúlveda, Raymundo. 1994.

- **Inocuidad.** El FVH, representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente “cornezuelo” que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre. Asimismo, en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para la elaboración de quesos, artesanales fundamentalmente.

-Costos de producción. Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, que se presenta por su importancia en una sección específica del manual, revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. Investigaciones recientes sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio (pág. 9).

-Diversificación e intensificación de las actividades productivas. El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Has. de avena de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. De igual forma, el sistema FVH posibilita regularizar la disponibilidad de forraje a los animales. El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

1.3.5.2. Desventajas

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

-Desinformación y sobrevaloración de la tecnología. Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse

accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Asimismo, el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar.

-Costo de instalación elevado. Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997) que, utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileros han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro túneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible (pág. 9).

1.3.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FVH

A continuación, Tomalá Flores N. M. (2021) explica los factores que influyen en la producción de FVH

1.3.6.1. Calidad de la Semilla. El éxito del FVH inicia con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación de 90% para evitar pérdidas en rendimiento.

1.3.6.2. Iluminación. La calidad de la luminosidad va acorde a la longitud de onda que producen los rayos solares obteniendo un mejor crecimiento y desarrollo vegetativo cuando la luz que incide sobre las mismas es más alta en comparación que cuando solo contiene una pequeña parte de dicha intensidad.

En ausencia de luz la fotosíntesis se ve afectada negativamente, por lo que la radiación solar es básica para el crecimiento vegetal, en consecuencia, en el rendimiento final. En términos generales, un invernadero con cubierta plástica que proporcione 50 % de sombreo es suficiente para la producción de FVH.

1.3.6.3. Temperatura. Es la de mayor relevancia e importancia en la producción de forraje hidropónico, ya que efectúa un mejor control sobre la regulación de la misma, por otro lado, el rango más recomendado para la producción de FVH se encuentra entre los 18-26 °C. Las temperaturas son muy variables durante todo el ciclo de producción tanto en la germinación como en el proceso de crecimiento, por consiguiente, las temperaturas para otras especies de granos que son utilizadas para la producción de FVH oscilan entre los 18 a 21 °C.

1.3.6.4. Humedad. La humedad relativa en el interior del invernadero es muy importante. Ésta no debería ser menor a 70 %. Valores de humedad superiores a 90 % sin adecuada ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido enfermedades fungosas difíciles de eliminar, además de incrementar los costos operativos. La excesiva ventilación y baja humedad relativa, provoca un ambiente seco y disminución significativa de la producción por deshidratación del forraje.

1.3.6.5. Calidad del agua de riego. La calidad de agua de riego es otro de los factores importantes en la producción de FVH. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su potabilidad. Puede ser agua de pozo, agua de lluvia o agua de la llave. Si el agua disponible no es potable, se podrían tener problemas sanitarios por lo que se recomienda realizar un análisis microbiológico para usar el agua de manera confiable. Es recomendable realizar un análisis químico del agua, así como evaluar algún otro tipo de tratamiento que tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, acidificación, etc.).

1.3.6.6. Aireación. esta variable es indispensable para poder obtener el intercambio gaseoso, debe ir de acuerdo con el lugar en que se construya el invernadero (TOMALÁ FLORES, 2021, pág. 9).

Agregando en la calidad del agua de riego Romero M. E. (2016) explica:

Uno de los inconvenientes de la producción del FVH es el elevado costo inicial del invernadero, sin embargo, éste es rentable debido a la alternativa que ofrece y su equipamiento podrá hacerse en medida y tamaño conforme las necesidades de cada productor. El sistema de riego es fundamental, pues es necesario que la semilla

pregerminada cuente con suficiente agua de riego hasta su cosecha. El riego puede ser manual o automático, pero siempre deberá ser en la parte superior con el propósito que el agua vaya recorriendo cada charola hasta la parte inferior, permitiendo la oxigenación para finalmente depositarse en el tanque de retorno para su reciclado. Es muy importante que se defina la cantidad de agua y la frecuencia de los riegos, normalmente la frecuencia e intervalo es de 6 a 9 riegos con una duración no menor a 2 minutos, para mantener el grado de humedad y evitar los excesos de humedad que generen la presencia de enfermedades (ROMERO VALDÉZ, 2016, pág. 13)

1.3.6.7. pH del agua de riego. El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.5 y 6.5 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas empleadas en la producción de FVH, no se comportan eficientemente por arriba de 7. Para favorecer la disponibilidad y absorción de los nutrimentos se recomienda que el pH de agua de riego sea de 5.5 a 6.5.

1.3.6.8. Conductividad eléctrica del agua La conductividad eléctrica (CE) del agua indica cual es la concentración de sales en una solución. Su valor se expresa en deciSiemens por metro ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) y se mide con un conductímetro previamente calibrado. Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva estaría en torno a 1.5 a 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (pág. 18).

1.4. AVENA

1.4.1. TAXONOMÍA:

Reino:	Vegetal
Phylum:	Teleomorphytae
División:	Tracheomorphytae
Sub. división:	Anthomorphyta
Clase:	Angiospermae
Sub. clase:	Monocotyledoneae

Orden:	Poales
Flia.:	Poaceae
Sub. flia.:	Pooideae
Tribu:	Aveneae
Nombre Científico:	Avena sativa L.
Nombre Común:	Avena
Fuente:	(HERBARIO UNIVERSITARIO, 2021)

Mendoza K. (2020) describe la morfología de la avena, en los siguientes términos:

Avena es un género de plantas de la familia de las poáceas, es una gramínea utilizada como alimento y como forraje. Las especies más cultivadas son Avena sativa y Avena byzantina, en ese orden. La avena presenta raíces abundantes y fibrosas, penetran el suelo hasta los 50 cm. (Nestares, 2014). Posee hojas alargadas, tallos gruesos y erectos. Tiene baja tolerancia al exceso de agua.

La altura de la avena varía desde los 50 a 180 cm. (Flores, 2005). La inflorescencia de la avena es una gramínea anual con hojas planas, inflorescencias abiertas, efusas o contraídas, panículas de un solo lado o ambos lados con pedúnculos de espiguillas pediceladas. Las espiguillas son grandes, de una a varias flores y autógamas (hermafrodita) (MENDOZA LOAYZA, 2020, págs. 7,8).

1.4.2. CICLO VEGETATIVO DE LA AVENA

Respecto del ciclo vegetativo de la avena, Vázquez R. A. (2014) menciona lo siguiente:

La avena forrajera es de excelente calidad productiva y con un solo ciclo vegetativo de ciclo corto de 90 días si quiere ser utilizado como pastura; pero puede lograr su madurez fisiológica a los 120 días; con 100 días para iniciar su floración (VÁSQUEZ, 2014, pág. 12)

López A. H. (2016) presenta el siguiente cuadro sobre el ciclo vegetativo de la Avena.

Cuadro N. ° 7 - Periodos del ciclo vegetativo de la avena

ETAPA DE DESARROLLO	DÍAS APROXIMADOS DESPUES DE LA GERMINACIÓN	CARACTERISTICAS
0	Primera etapa visible	Germinación: hinchamiento de la semilla y germinación a través de la superficie del suelo
1	1	Desarrollo de la plántula: salida para llegar a ser visible.
2	5	Amacollamiento: iniciación y desarrollo de nuevos brotes.
3	37	Elongación del tallo: los nudos son visibles encima del suelo
4	48	Embuche: la panícula se ubica en una vaina de la hoja bandera
5	58	Panícula: existe un extendimiento de la hoja bandera.
6	60	Floración: el polen es diseminado y existe un desarrollo de semilla.
7	68	Grano lechoso: llenado del grano, desarrollando un líquido lechoso.
8	74	Grano masoso: los granos alcanzan a ser firmes.
9	80	Madurez fisiológica: los granos están completamente desarrollados.

Fuente: (LÓPEZ ANTONIO, 2016, pág. 12)

1.4.3. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA AVENA EN DIFERENTES ESTADOS

Respecto del contenido nutricional de la avena, INFOAGRO (2021) presenta los siguientes cuadros.

Cuadro N. °8 Contenido nutricional del grano de avena

Composición del grano de avena en 100 g de sustancia	
Hidratos de carbono	58.2
Agua	13.3
Celulosa	10.3
Proteínas	10.0
Materia grasa	4.8
Materias minerales	3.1

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

Cuadro N. °9 Contenido nutricional de la avena en floración

Composición de la avena verde en 100 g de sustancia	
Agua	77
Materia no nitrogenada	10
Celulosa	8
Materias minerales	2.5
Proteínas	1.9
Materia grasa	0.6

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

Cuadro N. °10 Contenido nutricional de la paja de avena

Composición de la paja de avena en 100 g de sustancia	
Celulosa	41.2
Materia no nitrogenada	35.6
Agua	14.3
Materias minerales	4.4
Proteínas	2.5
Materia grasa	2

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

1.5. CEBADA

1.5.1. TAXONOMÍA

Reino:	Vegetal
Phylum:	Teleomorphytae
División:	Tracheophytae
Sub. división:	Anthophyta
Clase:	Angiospermae
Sub. clase:	Monocotyledoneae
Orden:	Poales
Flia.:	Poaceae
Sub. flia.:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Nombre Científico:	Hordeum vulgare L.
Nombre Común:	Cebada forrajera

Fuente: (HERBARIO UNIVERSITARIO, 2021)

Tumiri E. (2018) describe la morfología de la cebada, de la siguiente manera:

La cebada (*Hordeum vulgare*), es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas). La cebada es un cereal de los conocidos como cereal de invierno. La raíz tiene un sistema radicular está compuesto por raíces fibrosas, primarias o seminales, y las secundarias o adventicias. El tallo es cañoso, erguido y ascendente. Hojas son lanceoladas en nervos de 4 a 6 por tallo. La inflorescencia está compuesta por 2 a 6 flores. La flor es hermafrodita presentan dos estilos que llevan unos estigmas plumosos. El grano es cariósipide de forma puntiaguda (TUMIRI TUMIRI, 2019, págs. 5,6,7).

1.5.2. CICLO VEGETATIVO DE LA CEBADA

Respecto al ciclo vegetativo de la cebada, Zamora M. R., et.al., (2017) mencionan lo siguiente:

Es de ciclo vegetativo precoz, su floración oscila de 45 a 57 días y su madurez fisiológica ocurre de 94 a 115 días (ZAMORA DÍAZ, y otros, 2017, pág. 3).

Ruano E. J. (2014) presenta el siguiente cuadro sobre el ciclo vegetativo de la cebada (RUANO PAUKAR, 2014, pág. 12)

Cuadro N. °11 Periodos del ciclo vegetativo de la cebada

EMERGENCIA	TERCERA HOJA	MACOLLAJE	ENCAÑADO	ESPIGA	FLORACIÓN	MADURACIÓN LECHOSA	MADURACIÓN PASTOSA	MADURACIÓN CÓRNEA
Aparición de las plantitas con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo	Momento en que observa la tercera hoja en la planta	Aparece el primer macollo en la planta ubicado en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. Se debe registrar el inicio de la fase cuando el macollo tenga 1 cm de longitud	Momento en el que aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Por lo general del primer nudo se localiza a una distancia de 2 a 3 cm sobre el suelo.	La mitad de las espigas empiezan a salir de la vaina foliar de la hoja superior	Momento en que se abren las primeras flores	Los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso	Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa	Los granos están duros no pueden ser cortados con las uñas de los dedos. Todas las partes de las plantas están secas

1.5.3. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA CEBADA EN DIFERENTES ESTADOS

Según INFOAGRO (2021) presenta los siguientes cuadros. (p. 2)

Cuadro N. °12 Contenido nutricional del grano de cebada

Composición del grano de cebada por 100 g de sustancia	
Proteínas	10
Materia grasa	1.8
Hidratos de carbono	66.5
Celulosa	5.2
Materias minerales	2.6
Agua	14

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

Cuadro N. °13 Contenido nutricional de la paja de cebada

Composición de la paja por 100 g de sustancia	
Proteínas	1.9
Materia grasa	1.7
Materia no nitrogenada	43.8
Celulosa	34.4
Cenizas	4
Agua	14.2

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

Cuadro N. °14 Contenido nutricional de la cebada en verde

Composición de la cebada verde por 100 g de sustancia	
Proteínas	2.5
Materia grasa	0.5
Materia no nitrogenada	8.8
Celulosa	5.6
Cenizas	1.7
Agua	80.9

Fuente: (INFOAGRO, 2021)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1. LOCALIZACIÓN

El Municipio de Padcaya se encuentra a 50 km. de la ciudad capital; está ubicado entre los paralelos: 22°35'51'' y 21°46'08'' de latitud sur; y entre los meridianos: 65°05'35'' y 64°04'39'' de longitud oeste, se encuentra localizado en la parte sur del departamento de Tarija.

El territorio del Municipio de Padcaya, comprende una extensión territorial de 4.225,17 Km², y representa aproximadamente el 81% del espacio geográfico provincial, que tiene una extensión de 5.205,00 Km²; el 12% del territorio departamental; y un 0,39% del territorio nacional. Según datos proporcionados por el Zonisig Tarija.

Mapa N. °1 Ubicación en el contexto regional



Fuente: PDTI Padcaya

Mapa N. °2 Ubicación del área de estudio



Fuente: Google maps.

El presente trabajo se realizó en la Comunidad de La Mamora, Distrito 13 del Municipio de Padcaya, Primera Sección de la Provincia Arce del Departamento de Tarija, se encuentra a 98 Km de la ciudad capital. Limita al norte con el Distrito 6 La Merced, al sur con el Distrito 9 El Badén y la República Argentina, al Este con el Distrito 8 Tariquía y al Oeste con el Distrito 5 El Carmen

2.1.1.1. Características del área

El área de influencia del estudio (La Mamora) pertenece a la cuenca del río Bermejo, que tiene una superficie de 12.000 km² que comprende el 32% del departamento de Tarija, ésta a su vez forma parte de la Cuenca del río de La Plata.

El clima, determinado por la orografía, altitud sobre el nivel del mar (1.050 msnm) en general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas

y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones, asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración.

La temperatura media anual es de 17.7 °C, con una máxima y mínima promedio de 24.1 °C y 11.6 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a septiembre. La humedad relativa promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidad promedio de 2.6. Km./hora.

Las precipitaciones pluviales totales anuales, oscilan de 0,7 mm en el mes de agosto a una máxima de 182 mm en el mes de enero; identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril.

Las características físicas de los suelos profundos, generalmente tienen un contacto lítico próximo y se evidencia presencia de afloramientos rocosos, siendo su textura de pesada a mediana perteneciendo a la asociación Leptosol-Phaeozem-Cambisol que oscilan de superficiales a moderadamente profundos, con textura franco arenosa, la reacción es ligeramente ácida a ácida, la fertilidad natural es baja.

La topografía es bastante irregular, con variadas altitudes, en ellas se encuentra con frecuencia:

- Terrenos escarpados: con 75% de pendiente
- Fuertemente ondulados y quebrados: 20% de pendiente
- Ligeramente ondulados: de 4% de pendiente
- Terrenos casi planos (una mínima área): 1% de pendiente

La vegetación, es característica por estar ubicado entre dos provincias fisiográficas: la cordillera oriental que está cubierta por 5 tipos de vegetación: pastizales, arbustales altoandinos, pajonales-arbustales y matorrales-pastizales, bosques montanos nublados, matorrales xerofíticos de los valles interandinos y matorrales y bosques del chaco

serrano; y el subandino, caracterizado por vegetación comprendida entre bosques, matorrales y pastizales que cubren una secuencia de serranías y colinas subparalelas y alongadas en dirección norte-sur.

a) Principales Especies. -

Cuadro N°15 Especies no maderables del Municipio de Padcaya

ESPECIES NO MADERABLES DEL MUNICIPIO DE PADCAYA		
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
MIMOSACEAE	Acacia caven (Mol.) Hook. & Arn.	Churqui negro
MIMOSACEAE	Acacia sp.	Satajchi
MIMOSACEAE	Acacia sp.4	Garrancho
MIMOSACEAE	Acacia visco Lorentz ex Griseb.	Jarca
ADIANTACEAE	Adiantum pectinatum Ettingsh.	Helecho, cedacillo
VERBENACEAE	Aloysia cf. fiebrigii (V. Hayek) Moldenke	Cedrón
POACEAE	Aristida adscencionis L.	Cola de zorro
POACEAE	Aristida mandoniana Henr.	Pasto
POACEAE	Arundo donax L.	Caña hueca
CAESALPINIACEAE	Cassia carnaval Spegazzini	Carnaval
RUTACEAE	Citrus sp.	Naranja agrio

Fuente: Elaboración propia con información del PMOT

b) Recursos Forestales. -

Desde hace varias décadas, la explotación forestal en el municipio es generalmente de tipo familiar y/o comunal, principalmente la leña como combustible, siendo esta explotación en forma irracional sin un adecuado control y manejo de bosques, problema que se agudiza aún más por los desmontes y chaqueros para la actividad agrícola, lo que origina que se acelere el proceso erosivo.

Cuadro N°16 Especies maderables del Municipio de Padcaya

ESPECIES MADERABLES DEL MUNICIPIO DE PADCAYA		
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
MIMOSACEAE	Anadenanthera colubrina (Vell.Conc.) Benth.	Cebil colorado
ANACARDIACEAE	Astronium urundeuva Engler	Urundel, soto
MELIACEAE	Cedrela sp.1	Cedro
FABACEAE	Erythrina falcata Benth.	Ceiba
JUGLANDACEAE	Juglans australis Griseb.	Nogal
FABACEAE	Myroxylon peruiferum L.	Quina colorada, quina baya
LAURACEAE	Phoebe porphyria (Griseb.) Mez	Laurel, laurel del monte, peludo, amarillo, morado
PODOCARPACEAE	Podocarpus parlatorei Pilger	Pino del cerro, pino negro
MIMOSACEAE	Prosopis nigra Hieron.	Algarrobo negro, taquillo
ANACARDIACEAE	Schinopsis sp.	Soto
BIGNONIACEAE	Tabebuia heteropoda (A.DC.) Sandw.	Lapacho amarillo
BIGNONIACEAE	Tabebuia impetiginosa Standley	Lapacho rosado

Fuente: Elaboración propia con información del PMOT

2.1.2. MATERIAL VEGETAL

- Semilla (consumo) de Avena
- Semilla (consumo) de Cebada

2.1.3. MATERIAL DE CAMPO

- Bandejas o charolas
- Estantería
- Nylon
- Nebulizadores
- Cañería
- Depósito de agua
- Temporizador digital
- Bomba
- Cemento
- Hipoclorito de sodio (1%)

- Cal
- Cubetas o tachos
- Invernadero (alambre, malla, alicate, tijera, postes de cemento)
- Balanza
- Flexómetro
- Regla

2.1.4. MATERIAL DE REGISTRO

- Cámara fotográfica
- Libreta
- Planillas

2.2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación evaluación de producción de FVH se realizó mediante la técnica hidropónica sin sales nutritivas (descrita anteriormente) como se describe a continuación:

2.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el siguiente trabajo de investigación se utilizó el Diseño Experimental de “bloques al azar” con 6 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 18 unidades experimentales, los factores en estudio serán: las técnicas de producción (en bandeja y sobre piso) y los tipos de cultivo (avena cultivo puro) (cebada cultivo puro) y (avena + cebada, cultivo asociado)

2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

- Número de tratamientos.....6
- Número de repeticiones o bloques.....3
- Número de unidades experimentales.....18

2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro N. °17 Descripción de los tratamientos

TÉCNICA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE CULTIVO	TRATAMIENTO
En bandeja	Avena (cultivo puro)	T1= BACP
	Cebada (cultivo puro)	T2= BCCP
	Avena + Cebada (cultivo asociado)	T3= BACCA
Sobre piso	Avena (cultivo puro)	T4= PACP
	Cebada (cultivo puro)	T5= PCCP
	Avena + Cebada (cultivo asociado)	T6= PACCA

Fuente: Elaboración propia en base a protocolo.

DONDE:

T1= BACP: Bandeja, avena (cultivo puro)

T2= BCCP: Bandeja, cebada (cultivo puro)

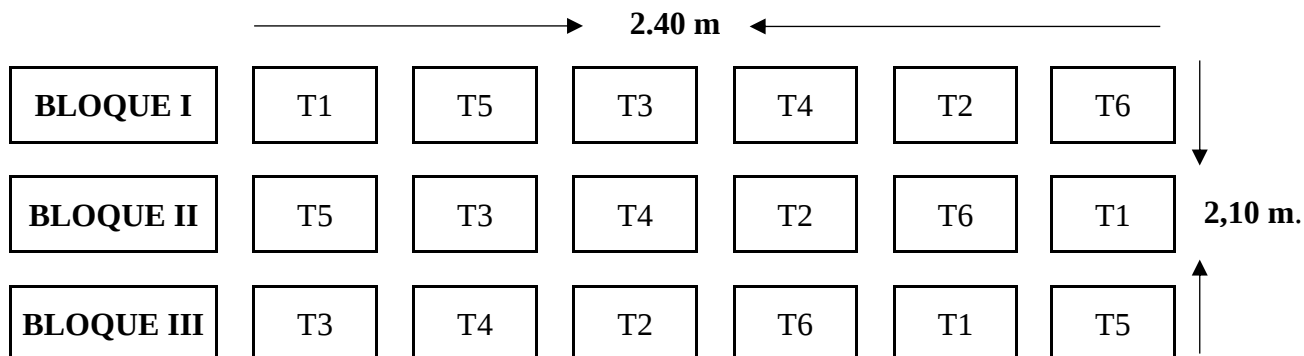
T3= BACCA: Bandeja, avena+cebada (cultivo asociado)

T4= PACP: Sobre piso, avena (cultivo puro)

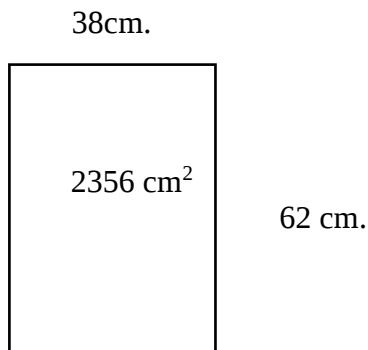
T5= PCCP: Sobre piso, cebada (cultivo puro)

T6= PACCA: Sobre piso, avena+cebada (cultivo asociado)

2.2.4. DISEÑO DE CAMPO



Tamaño de la bandeja y piso fue de una dimensión de 62cm. de largo x 38cm de ancho



2.2.5. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se basó en producir forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en cultivo puro y asociado y bajo dos técnicas de producción, sobre piso y en bandeja, la metodología a emplearse se describe a continuación.

2.2.5.1. Preparación del área de ensayo

Se procedió a la adecuación y preparación del área de ensayo el 15 de Julio con el acondicionamiento de la cobertura térmica (Carpa solar) y malla media sombra, construcción de estructuras de porta bandejas con declive del 5%, además se preparó un cantero con declive del 10%. Debe estar y contar con:

- Ubicación en una superficie plana
- Agua disponible para el riego por nebulización

El área afectada al estudio tuvo una superficie de 4,36 metros de largo y 4,60 metros de ancho a este se lo dividirá en dos subáreas, una donde se estableció las estructuras de porta bandejas y la otra donde estuvo la platabanda, hecha de piso de cemento liso y con una línea de riego con nebulizadores. El tiempo de terminación del FVH contempla, 2 días de germinación y 12 días de crecimiento permaneciendo en el piso y en las bandejas.

2.2.5.2. Adquisición de las semillas (avena y cebada)

La semilla de avena y cebada de consumo se adquirió el 30 de Julio en el mercado campesino proveniente de la comunidad de Huacata, para luego proceder con la prueba de germinación que se realizó poniendo en una bandeja un paño húmedo por debajo y encima de las semillas, colocando 100 semillas al azar de cada especie. Las mismas tuvieron un porcentaje de germinación de:

Avena: 92%

Cebada: 90%

Lo que significa que de 100 semillas germinaron 92 en el caso de la avena y 90 en la cebada (Ver anexo 5)

2.2.5.3. Desinfectado del área de estudio

Se desinfectó el área de estudio el 20 de septiembre con hipoclorito de sodio al 1%, para eliminar agentes patógenos que ocasionen problemas al forraje.

2.2.5.4. Instalación del sistema de riego

Para el armado del sistema de riego el cual se realizó el 25 de Julio, se utilizó una bomba de agua de 1/2" de la cual bombeo agua de un reservorio con capacidad de 1000 litros, se hizo el tendido de línea primaria con tubos PVC de 1/2" y 7 metros de manguera de politubo de 5/8" de línea secundaria donde se conectaron a micro-nebulizadores de la marca drips con un flujo de agua de 8-10 lt/hr. A continuación, se muestran las características de los micro-nebulizadores.

Cuadro N.º 18 Características de los micro-nebulizadores

Material	De plástico
Color	Negro + naranja
Tamaño de la conexión	4mm
La tasa de flujo	8 ~ 10 L/H
Presión de trabajo	1,5 ~ 3,0 bar
De diámetro	0,7 ~ 0,9 metros

Fuente: Alibaba (2021), Características de Micro nebulizadores

2.2.5.5. Densidad de siembra

Para cada tratamiento se utilizó una densidad de:

$$0,62\text{m} \times 0,38\text{m} = 0,2356\text{m}^2$$

$$3,61 \text{ kg de semilla} \text{ ————— } 1 \text{ m}^2$$

$$\times \text{ ————— } 0,2356 \text{ m}^2$$

$$x = 0,850 \text{ kg}$$

Entonces para cada tratamiento tanto de cebada y avena se utilizó 850 gr de semilla seca, con una profundidad de 1 cm, en el cultivo asociado se utilizó 425 gr de semilla de avena y la otra mitad de cebada. Entonces para todos los tratamientos utilizamos:

$$\text{Avena: } 0,850 \text{ kg} \times 9 = 7,65 \text{ kg.}$$

$$\text{Cebada: } 0,850 \text{ kg} \times 9 = 7,65 \text{ kg.}$$

Después del remojo la semilla aumento de peso el cual fue:

Cuadro N.º 19 Relación de semilla en peso seco a peso húmedo

SEMILLA	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Avena	7,65 kg	11,5 kg
Cebada	7,65 kg	11,5 kg

Fuente Elaboración propia en base a pesaje de semilla seca y húmeda.

2.2.5.6. Lavado de la semilla

El 23 de septiembre se depositó la semilla en un recipiente con agua para que las impurezas floten y así con un colador poder extraerlas, este procedimiento se realizó hasta que no flote ninguna impureza que pueda afectar a la semilla como ser granos rotos, que estén en malas condiciones para evitar acción de fitopatógenos que infecten a las demás semillas sanas y así evitar pérdidas que afectarían en el rendimiento de la cosecha.

2.2.5.7. Desinfección de la semilla

Una vez eliminada las impurezas se procedió a la desinfección de la semilla con hipoclorito de sodio al 1% (10 ml/ lt. de agua), entonces se utilizó 200 ml de hipoclorito de sodio en 20 lt. de agua para cada semilla, posteriormente se dejó en remojo por 3 minutos para eliminar hongos y bacterias, luego se enjuago con agua limpia.

2.2.5.8. Pre-germinación

Una vez desinfectada la semilla se dejó en remojo en un lapso de 24 horas, este tiempo se divide en 2 periodos de 12 horas donde se saca la semilla se la dejó airear durante 1 hora, se cambia el agua para mejorar la oxigenación luego se vuelve a sumergir la semilla en agua limpia que cubra por completo para inducir a la germinación.

2.2.5.9. Germinación

El 24 de septiembre, transcurrida las 24 horas se procedió a dejar la semilla en una malla colgando en un tacho para que se escurra el agua y tapándolo para simular un ambiente de oscuridad por un lapso de 48 horas. Estableciéndose que el tiempo de germinación fue similar para todos los tratamientos.

2.2.5.10. Siembra

El 26 de septiembre, transcurridas las 48 horas se procedió a la siembra en bandeja y en piso colocando 1,2 kg de semilla húmeda para los tratamientos de cultivo puro tanto en bandeja como en piso, para el cultivo asociado (avena + cebada) se colocó 600 gr de cada especie.

2.2.5.11. Riego

Para el riego se utilizaron nebulizadores regulables marca Drips con una velocidad de flujo de 8-10 lt/hr, el número de riego por día fueron de 5 por no más de 1 minuto (2 en la mañana, 2 en la tarde y 1 en la noche), cabe recalcar que el cuarto riego que fue a las 6 de la tarde se realizó con cal con una dosis de 50 gr por cada litro de agua esto para evitar la proliferación de agentes fitopatógenos como ser hongos y bacterias. El

agua que se utilizó para el riego tenía un pH de 6-7. Este sistema no se utilizarán sales nutritivas.

2.2.5.12. Cosecha y rendimiento

El 07 de octubre, transcurrido los 14 días se procedió al pesaje y cosecha para proporcionar a los animales. Una parte de cada tratamiento estuvo destinado para el análisis bromatológico en el laboratorio de CEANID con la finalidad de evaluar las características nutricionales.

2.2.6. ANALISIS QUÍMICO

Para la determinación de los parámetros de calidad se utilizó la metodología establecida por Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID”, en función a los parámetros nutricionales ordinarios de los alimentos y técnicas y/o método de ensayo de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N. °20 Parámetros nutricionales ordinarios de los alimentos

PARÁMETRO	TÉCNICA Y/O MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 38027:06	%
Materia seca	NB 313010:05	%
Proteína (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g
NB Norma boliviana		

Kcal.: Kilocalorias

ISO: Organización Internacional de Normalizacion

%. Porcentaje

g.: Gramos

Fuente: Laboratorio de “CEANID”

2.2.7. TOMA DE DATOS

Desde el 24 de septiembre al 07 de octubre, en función a que este sistema de producción es rápido y de corto tiempo, se tomaron datos diarios de producción e individuales desde el proceso de germinación, crecimiento y cosecha. Donde se midieron por cada etapa y variables propuestas.

- a) **Tiempo de germinación:** Se determinó el tiempo de germinación por tratamiento y por repetición de acuerdo al protocolo utilizado que fueron de 2 días (Ver anexo 11)
- b) **Crecimiento foliar:** Para el crecimiento foliar se midió la longitud desde el comienzo del tallo hasta la punta de la hoja en centímetros por día, por tratamiento y repetición utilizando una regla, la medición se realizó cada 24 horas al final de la tarde. (Ver anexo 12 al 25)
- c) **Crecimiento radicular:** Para el crecimiento radicular se midió la altura desde la semilla hasta el fondo del “colchón” formado por las raíces en centímetros por día, por tratamiento y repetición utilizando una regla, la medición se realizó cada 24 horas al final de la tarde. (Ver anexo 12 al 25)
- d) **Rendimiento a la cosecha de FVH en relación a kg de semilla utilizada:** Una vez transcurrido los 14 días se procedió al pesaje en kilogramos por tratamiento y repetición en una balanza en donde se depositó el forraje para luego anotar el peso y calcular el rendimiento de FVH en relación al Kg de semilla utilizada, el pesaje se realizó por la mañana antes de llevar las muestras al laboratorio de CEANID (Ver anexo 26-27)
- e) **Análisis bromatológico (a la cosecha):** Se tomo la muestra dividiendo el forraje en cuatro partes, las cuales dos de las cuatro partes fueron elegidas para su respectivo análisis bromatológico en el laboratorio en CEANID. (Ver anexo 28,32 y 33).

2.2.8. ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO

Se realizaron los cálculos económicos para determinar la utilidad que se obtiene con este ensayo para encontrar el Valor proyectado en un período de 12 meses que es el

tiempo necesario para obtener resultados en cualquier producción pecuaria en condiciones de suplementación con FVH.

Para comparar cual fue la relación costo-beneficio, se calculó el Valor Presente Neto proyectado si la suplementación se realizaría con concentrados de los comercialmente disponibles en el mercado local en relación con la suplementación de FVH, para un período de igual duración, lo que demostró la viabilidad o inviabilidad de esta tecnología para el uso en la producción pecuaria local

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.1. TIEMPO DE GERMINACIÓN DE LA SEMILLA

El tiempo de germinación de la semilla tanto de avena como de cebada es de 2 días según el protocolo utilizado.

Cuadro N. ° 21 Tiempo de Germinación de las Semillas de Avena y Cebada (Días)

TRATAMIENTOS		TIEMPO DE GERMINACIÓN (Días)
Bandeja, avena cultivo puro	T1R1	2
Bandeja, avena cultivo puro	T1R2	2
Bandeja, avena cultivo puro	T1R3	2
Bandeja, cebada cultivo puro	T2R1	2
Bandeja, cebada cultivo puro	T2R2	2
Bandeja, cebada cultivo puro	T2R3	2
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3R1	2
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3R2	2
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3R3	2
Piso, avena cultivo puro	T4R1	2
Piso, avena cultivo puro	T4R2	2
Piso, avena cultivo puro	T4R3	2
Piso, cebada cultivo puro	T5R1	2
Piso, cebada cultivo puro	T5R2	2
Piso, cebada cultivo puro	T5R3	2
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6R1	2
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6R2	2
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6R3	2

Fuente: Elaboración propia en base al tiempo de germinación de las semillas.

3.1.2. CRECIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

3.1.2.1. Crecimiento Foliar

En el análisis estadístico de bloques al azar para el crecimiento foliar se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_t_{0,05}$) (Ver cuadro N.º 23). Los tratamientos T4 (sobre piso, avena cultivo puro) y T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más altos con medias de 26,73cm. y 26,67cm. respectivamente, seguido por los tratamientos T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) y

T1 (bandeja, avena cultivo puro) tuvieron medias del orden de 25,77cm. y 24,50cm., mientras que los tratamientos T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) y el T2 (bandeja, cebada cultivo puro) tuvieron los valores más bajos con medias de 23,50cm. y 22,00cm.

Cuadro N. ° 22 Valores medios de Crecimiento Foliar (cm)

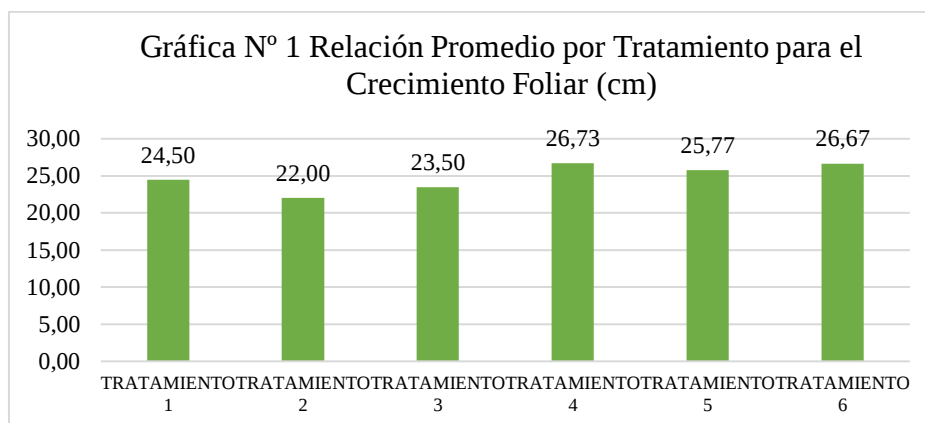
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	25,0	23,5	25,0	73,5	24,50
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	23,0	22,0	21,0	66	22,00
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	23,0	24,0	23,5	70,5	23,50
Piso, avena cultivo puro	T4	27,0	27,5	25,7	80,2	26,73
Piso, cebada cultivo puro	T5	25,0	26,3	26,0	77,3	25,77
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	27,5	25,5	27,0	80	26,67
Σ		150,5	148,8	148,2	447,5	

Fuente: Elaboración propia en base a la medición del crecimiento foliar de los tratamientos y sus repeticiones.

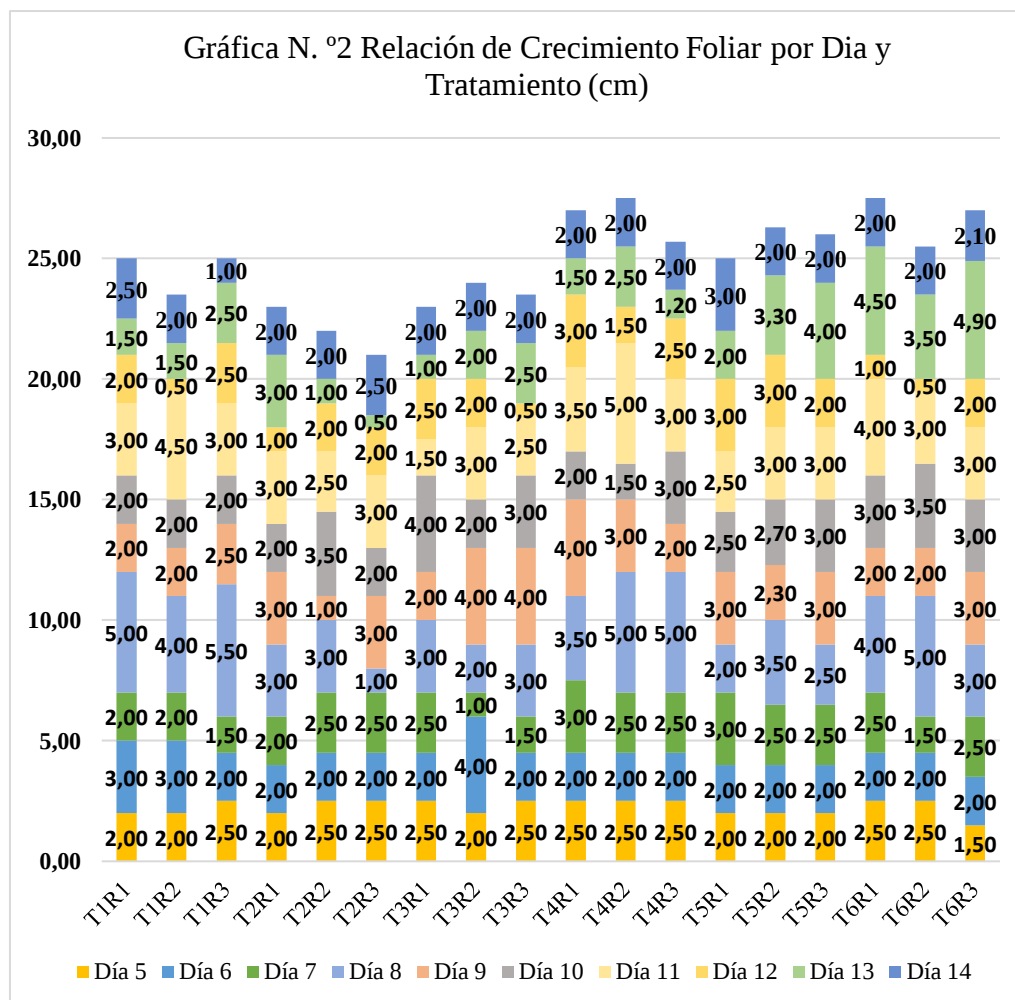
Cuadro N. ° 23 ANOVA para la Variable Crecimiento Foliar

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	53,26	10,65	12,76	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,4744	0,2372	0,28	4,10	7,56
ERROR	10	8,346	0,8346			
TOTAL	17	62,08				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a las mediciones determinadas en el cuadro N.º 22.



Fuente: Elaboración propia en base a las mediciones del crecimiento foliar por día de los tratamientos y sus repeticiones.

El tratamiento T4 (sobre piso, avena cultivo puro) tuvo el mayor crecimiento teniendo sus picos más altos en los días 8, 9 y 11 que van desde los 3 cm. a los 5 cm., los demás días el crecimiento fueron de 1,5 cm. a los 2,5 cm.

El segundo tratamiento con más altura fue el tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvo sus picos de crecimiento más altos en los días 8, 11 y 13 que va desde los 3 cm. a los 5 cm., los demás días el crecimiento fueron de 0,5 cm. a 2,5 cm. Como se muestra a continuación en la gráfica N. ° 2.

Cuadro N. °24 Análisis de Duncan para la Variable Crecimiento Foliar (cm).

Duncan					
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T2=BCCP	3	22,00			
T3=BACCA	3	23,50	23,50		
T1=BACP	3		24,50	24,50	
T5=PCCP	3			25,77	25,77
T6=PACCA	3				26,67
T4=PACP	3				26,73
Sig.		,052	,175	,093	,200

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.

Fuente: Elaboración propia en base a la medición del crecimiento foliar de los tratamientos y sus repeticiones

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable crecimiento foliar, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra los tratamiento (T2 =Bandeja, cebada cultivo puro y T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias entre ellos pero si con los demás subconjuntos) con medias de 22,00 cm. y 23,50 cm, en el subconjunto 2 donde se observa que la prueba ha agrupado los tratamientos (T3= Bandeja, avena + cebada cultivo asociado y T1=Bandeja, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos, pero si con los demás subconjuntos) con medias de 23,50 cm. y 24,50cm., en el subconjunto 3 se encuentran los tratamientos (T1=Bandeja, avena

cultivo puro y T5=Piso, cebada cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 24,50cm. y 25,77cm., y por último en el subconjunto 4 la prueba ha agrupado los tratamientos (T5= Piso, cebada cultivo puro, T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado y T4=Piso, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 25,77cm., 26,77cm., 26,73cm. presentando los valores más altos.

3.1.2.2. Crecimiento Radicular

En el análisis estadístico de bloques al azar para el crecimiento radicular se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t_{0,05}}$) (Ver cuadro N.º 25). Los tratamientos T4 (sobre piso, avena cultivo puro) y el T1 (bandeja, avena cultivo puro) tuvieron los valores más altos con medias de 4,83cm. y 4,50cm. respectivamente, seguido por los tratamientos T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado), T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) y T2 (bandeja, cebada cultivo puro) tuvieron medias del orden de 3,67cm., 3,37cm. y 3,33cm., mientras que los tratamientos T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvo el valor más bajo con una media de 2,07cm.

Cuadro N.º 25 Valores medios de Crecimiento Radicular (cm)

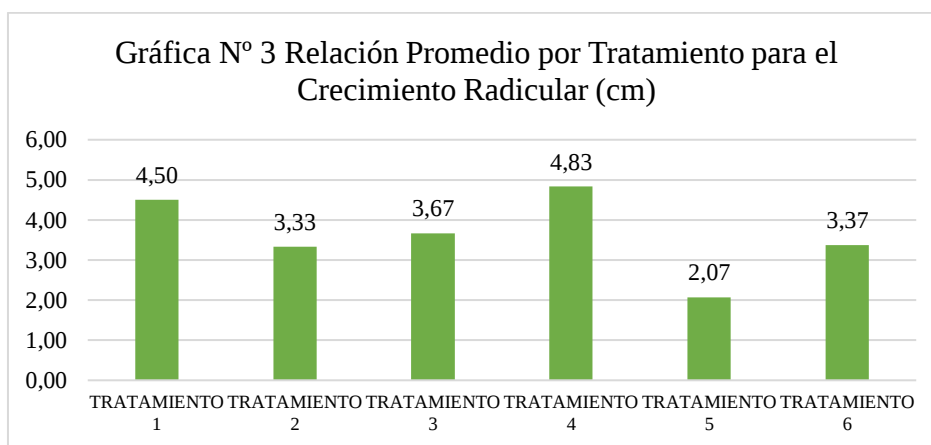
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	5,0	4,0	4,5	13,5	4,50
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	3,0	4,0	3,0	10	3,33
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	3,5	4,0	3,5	11	3,67
Piso, avena cultivo puro	T4	5,0	4,5	5,0	14,5	4,83
Piso, cebada cultivo puro	T5	2,2	2,0	2,0	6,2	2,07
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	4,0	4,0	2,1	10,1	3,37
Σ		22,7	22,5	20,1	65,3	

Fuente: Elaboración propia en base a la medición del crecimiento radicular de los tratamientos y sus repeticiones.

Cuadro N. ° 26 ANOVA para la Variable Crecimiento Radicular (cm)

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	14,42	2,88	8,92	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,6978	0,3489	1,08	4,10	7,56
ERROR	10	3,236	0,3236			
TOTAL	17	18,36				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a las mediciones determinadas en el cuadro N ° 25

Cuadro N. °27 Análisis de Duncan para la Variable Crecimiento Radicular (cm).

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T5=PCCP	3	2,0			
T2=BCCP	3		3,3		
T6=PACCA	3		3,3		
T3=BACCA	3		3,6	3,6	
T1=BACP	3			4,5	4,5
T4=PACP	3				4,8
Sig.		1,000	,511	,100	,489

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia en base a la medición del crecimiento radicular de los tratamientos y sus repeticiones

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable crecimiento radicular, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra los tratamiento (T5 =Piso, cebada cultivo puro) con una media de 2,0 cm. en el subconjunto 2 donde se observa que la prueba ha agrupado los tratamientos (T2= Bandeja, cebada cultivo puro, T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado y T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias significativas entre ellos, pero si con los demás subconjuntos) con medias de 3,3 cm., 3,3cm. y 3,6 cm., en el subconjunto 3 se encuentran los tratamientos (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado y T1=Bandeja, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 3,6 cm. y 4,5 cm., y por último en el subconjunto 4 la prueba ha agrupado los tratamientos (T1= Bandeja, avena cultivo puro y T4=Piso, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 4,5 cm. y 4,8 cm. presentando los valores más altos.

3.1.3. RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA Y CEBADA EN CULTIVO PURO FRENTE AL CULTIVO ASOCIADO.

En el análisis estadístico de bloques al azar para el peso final se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N. °27). El tratamiento T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) tuvo el valor más alto con una media 6,767 Kg., seguido por los tratamientos T2 (bandeja, cebada cultivo puro), T4 (sobre piso, avena cultivo puro), T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvieron medias de 5,983 Kg., 5,867 Kg., 5,850 Kg. y 5,817 Kg. respectivamente, mientras que el tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvo el valor más bajo con una media 5,350 Kg.

Cuadro N. ° 28 Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico de Avena y Cebada en Cultivo Puro frente al Cultivo Asociado (Kg.)

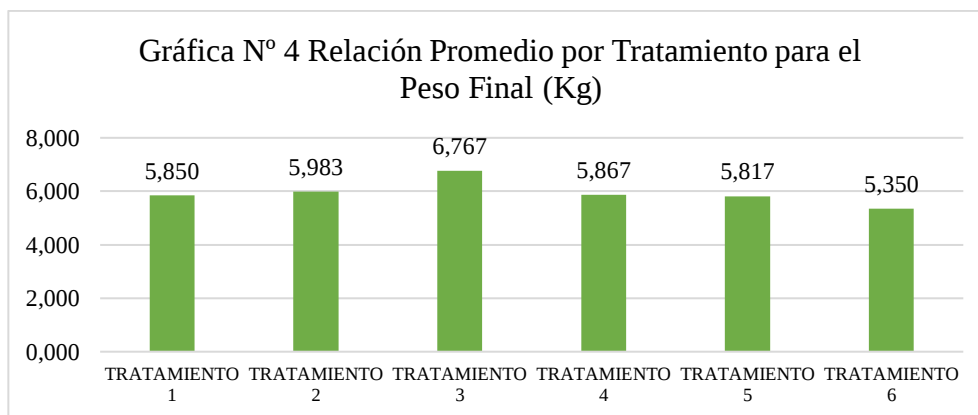
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ȳ
Bandeja, avena cultivo puro	T1	5,150	6,150	6,250	17,550	5,850
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	6,300	6,050	5,600	17,950	5,983
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	7,000	6,850	6,450	20,300	6,767
Piso, avena cultivo puro	T4	5,600	6,000	6,000	17,600	5,867
Piso, cebada cultivo puro	T5	5,800	5,700	5,950	17,450	5,817
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	6,000	5,100	4,950	16,050	5,350
Σ		35,850	35,850	35,200	106,900	

Fuente: Elaboración propia en base al rendimiento de FVH de avena y cebada en cultivo puro frente al cultivo asociado.

Cuadro N. °29 ANOVA para la Variable Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	3,19	0,64	3,37	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,05	0,02	0,12	4,10	7,56
ERROR	10	1,890	0,1890			
TOTAL	17	5,12				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a las mediciones determinadas en el cuadro N ° 28.

Cuadro N. °30 Análisis de Duncan para la Variable Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico (Kg).

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T6=PACCA	3	5,350	
T5=PCCP	3	5,817	
T1=BACP	3	5,850	
T4=PACP	3	5,867	
T2=BCCP	3	5,983	
T3=BACCA	3		6,767
Sig.		,103	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia en base a la medición del Rendimiento de forraje verde hidropónico de los tratamientos y sus repeticiones

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable rendimiento del forraje verde hidropónico se concluye que existen diferencias significativas entre las medias. El subconjunto 1 (T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado, T5=Piso, cebada cultivo puro, T1=Bandeja, avena cultivo puro, T4=Piso, avena cultivo puro, T2=Bandeja, cebada cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos, pero si con el subconjunto 2) mostraron medias de 5,350 Kg, 5,817 Kg, 5,850 Kg, 5,867 Kg y 5,983 Kg respectivamente, mientras que en el subconjunto 2 (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) presentó la media más alta con 6,767 Kg.

3.1.4. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE AVENA Y CEBADA CON LA TÉCNICA DE PRODUCCION EN BANDEJA FRENTE A LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN SOBRE PISO.

El tratamiento T4 (sobre piso, avena cultivo puro) con 5,867 kg. tuvo un mayor rendimiento frente al tratamiento T1 (bandeja, avena cultivo puro) con 5,850 Kg. teniendo una diferencia de 0,017 Kg.

El tratamiento T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con 5,983 Kg. tuvo un mayor rendimiento frente al tratamiento T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) con 5,817 Kg. teniendo una diferencia de 0,166 Kg.

El tratamiento T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con 6,767 Kg. tuvo un mayor rendimiento frente al tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) con 5,350 Kg. teniendo una diferencia de 1,417 Kg.

Se determinó que los tratamientos asociados de semilla de avena y cebada produjeron un mayor rendimiento que aquellos tratamientos con semillas puras en lo que respecta al ensayo en bandeja, comportándose de manera contraria en el ensayo a piso ya que los cultivos de semillas puras presentaron un mayor rendimiento en peso que los asociados.

Cuadro N. ° 31 Diferencias en el Rendimiento en Kg de la Técnica de Bandeja frente a la Técnica Sobre Piso.

Tratamientos		$\bar{Y}$	Diferencia
Bandeja, avena cultivo puro	T1	5,850	0,017
Piso, avena cultivo puro	T4	5,867	
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	6,767	1,417
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	5,350	
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	5,983	0,166
Piso, cebada cultivo puro	T5	5,817	

Fuente: Elaboración propia en base al rendimiento de FVH de avena y cebada en los tratamientos y sus repeticiones.

3.1.5. RELACIÓN DE RENDIMIENTO SEMILLA/VOLUMEN TOTAL DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.

En función a los resultados obtenidos en relación a la semilla utilizada y total de Forraje Verde Hidropónico, se determinó que el tratamiento T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) presentó una mayor relación semilla/volumen el cual fue de 1 kg de semilla se obtiene 8 kg de FVH, seguido por los tratamientos T1 (bandeja, avena cultivo puro), T2 (bandeja, cebada cultivo puro), T4 (sobre piso, avena cultivo puro) y T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) con una relación de 1 kg de semilla se obtiene 7 kg de FVH, siendo el tratamiento con menor rendimiento el T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) con una relación de 1 kg de semilla se obtiene 6 kg de FVH.

Cuadro N. ° 32 Relación del Rendimiento Kg de Semilla/Volumen Producido de FVH.

Tratamientos		Peso de semilla seca utilizada para la siembra (Kg)	Peso de semilla húmeda utilizada para la siembra (Kg)	Rendimiento a la cosecha de FVH (Kg)	Relación semilla/volumen producido de FVH	Ȳ
Bandeja, avena cultivo puro	T1R1	0,850	1,200	5,150	6,060	7,000
	T1R2	0,850	1,200	6,150	7,240	
	T1R3	0,850	1,200	6,250	7,350	
Bandeja, cebada cultivo puro	T2R1	0,850	1,200	6,300	7,410	7,000
	T2R2	0,850	1,200	6,050	7,120	
	T2R3	0,850	1,200	5,600	6,590	
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3R1	0,850	1,200	7,000	8,240	8,000
	T3R2	0,850	1,200	6,850	8,060	
	T3R3	0,850	1,200	6,450	7,590	
Piso, avena cultivo puro	T4R1	0,850	1,200	5,600	6,590	7,000
	T4R2	0,850	1,200	6,000	7,060	
	T4R3	0,850	1,200	6,000	7,060	
Piso, cebada cultivo puro	T5R1	0,850	1,200	5,800	6,820	7,000
	T5R2	0,850	1,200	5,700	6,710	
	T5R3	0,850	1,200	5,950	7,000	
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6R1	0,850	1,200	6,000	7,060	6,000
	T6R2	0,850	1,200	5,100	6,000	
	T6R3	0,850	1,200	4,950	5,820	

R1, R2 y R3: Número de repeticiones de cada tratamiento

Fuente: Elaboración propia en base al rendimiento de FVH de avena y cebada en los tratamientos y sus repeticiones.

3.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA

3.1.6.1. Ceniza

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de Ceniza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{c>Ft_{0,05}}$) (Ver cuadro N.º 31). El

tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) y T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) presentaron un mayor contenido de ceniza con una media de 0,96 % en ambos tratamientos, seguido por el T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con una media de 0,82 %, mientras que el T4 (sobre piso, avena cultivo puro) tuvo una media de 0,75 %, por último, los tratamientos T1 (bandeja, avena cultivo puro) con una media de 0,58 % y el T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) que presentó una media de 0,51%.

Cuadro N. ° 33 Valores Porcentuales para la Variable Ceniza (%)

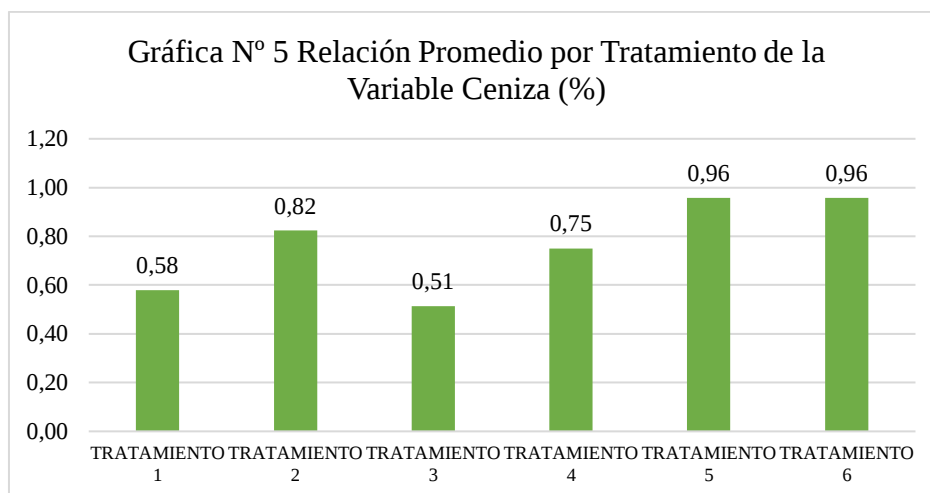
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	0,59	0,52	0,63	1,74	0,58
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	0,82	0,90	0,75	2,47	0,82
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	0,55	0,50	0,49	1,54	0,51
Piso, avena cultivo puro	T4	0,72	0,78	0,75	2,25	0,75
Piso, cebada cultivo puro	T5	0,99	0,91	0,97	2,87	0,96
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	0,93	0,95	0,99	2,87	0,96
Σ		4,6	4,56	4,58	13,74	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 34 ANOVA para la Variable Ceniza

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	0,52	0,10	39,49	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,00013	0,0001	0,03	4,10	7,56
ERROR	10	0,027	0,0027			
TOTAL	17	0,55				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable ceniza determinados en el cuadro N. °33.

Cuadro N. °35 Análisis de Duncan para la Variable Ceniza (%).

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3=BACCA	3	0,51		
T1=BACP	3	0,58		
T4=PACP	3		0,75	
T2=BACP	3		0,82	
T5=PCCP	3			0,96
T6=PACCA	3			0,96
Sig.		,109	,081	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable ceniza en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable ceniza, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra los tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado y T1=Bandeja, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) presentaron medias de 0,51% y 0,58%, en el subconjunto 2 donde se observa que la

prueba ha agrupado los tratamientos (T4=Piso, avena cultivo puro y T2=Bandeja, cebada cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos, pero si con los demás subconjuntos) con medias de 0,75% y 0,82%, y por último en el subconjunto 3 la prueba ha agrupado los tratamientos (T5= Piso, cebada cultivo puro y T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 0,96% para los dos tratamiento siendo estos los valores más altos.

3.1.6.2. Fibra Detergente Neutra (FDN)

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de Fibra Detergente Neutra se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N. °33). El tratamiento T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvo el valor más alto con una media de 3,64%. Para los tratamientos T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado), T2 (bandeja, cebada cultivo puro) y T4 (sobre piso, avena cultivo puro) tuvieron una media de 2,93%, 2,90% y 2,85% respectivamente, por último, los tratamientos T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más bajos con medias del orden de 2,67% y 2,57%.

Cuadro N. ° 36 Valores Porcentuales para la Variable Fibra Detergente Neutra (%)

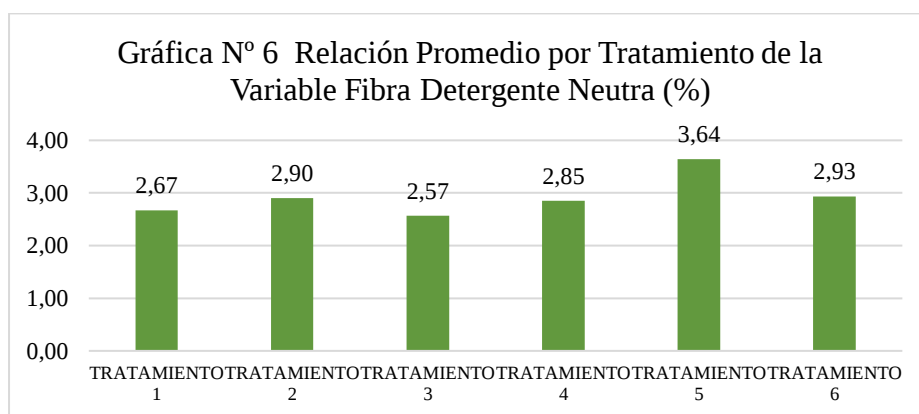
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	2,69	2,71	2,62	8,02	2,67
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	2,97	2,90	2,84	8,71	2,90
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	2,59	2,51	2,6	7,7	2,57
Piso, avena cultivo puro	T4	2,82	2,88	2,85	8,55	2,85
Piso, cebada cultivo puro	T5	3,64	3,61	3,68	10,93	3,64
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	2,92	2,98	2,9	8,8	2,93
Σ		17,63	17,59	17,49	52,71	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 37 ANOVA para la Variable Fibra Detergente Neutra

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	2,14	0,43	179,96	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,00	0,001	0,36	4,10	7,56
ERROR	10	0,02	0,002			
TOTAL	17	2,17				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable fibra detergente neutra determinados en el cuadro N. ° 36.

Cuadro N. °38 Análisis de Duncan para la Variable Fibra Detergente Neutra (%)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T3=BACCA	3	2,57			
T1=BACP	3		2,67		
T4=PACP	3			2,85	
T2=BCCP	3			2,90	
T6=PACCA	3			2,93	
T5=PCCP	3				3,64
Sig.		1,000	1,000	,056	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable fibra detergente neutra en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable fibra detergente neutra, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) presentó la media mas baja con 2,57%, en el subconjunto 2 se encuentra el tratamiento (T1=Bandeja, avena cultivo puro) con una media de 2,67%, mientras que en el subconjunto 3 se encuentran los tratamientos (T4= Piso, avena cultivo puro, T2= Bandeja, cebada cultivo puro y T6= Piso, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 2,85%, 2,90% y 2,93%, por último en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T5= Piso, cebada cultivo puro) presentó la media más alta con 3,64%

3.1.6.3. Grasa

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de Grasa se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t_{0,05}}$) (Ver cuadro N. °35). El tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvo el valor más alto con una media de 0,74 %, mientras que los tratamientos T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) y T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) presentaron medias de 0,55% y 0,54% respectivamente, seguido por los tratamientos T4 (sobre piso, avena cultivo puro) y T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con medias del orden de 0,35% y 0,34%, mientras que el tratamiento T1 (bandeja, avena cultivo puro) tuvo el valor más bajo con una media de 0,25%.

Cuadro N. ° 39 Valores Porcentuales para la Variable Grasa (%)

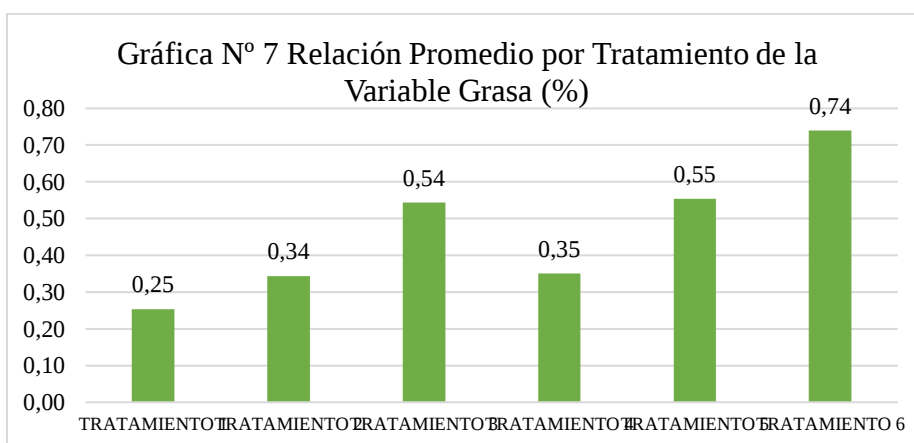
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	0,21	0,29	0,26	0,76	0,25
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	0,38	0,30	0,35	1,03	0,34
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	0,52	0,58	0,53	1,63	0,54
Piso, avena cultivo puro	T4	0,35	0,39	0,31	1,05	0,35
Piso, cebada cultivo puro	T5	0,56	0,59	0,51	1,66	0,55
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	0,74	0,7	0,78	2,22	0,74
Σ		2,76	2,85	2,74	8,35	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 40 ANOVA para la Variable Grasa

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	0,487	0,097	56,90	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,001	0,001	0,33	4,10	7,56
ERROR	10	0,017	0,002			
TOTAL	17	0,505				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable grasa determinadas en el cuadro N. ° 39.

Cuadro N. ° 41 Análisis de Duncan para la Variable Grasa (%)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1=BACP	3	0,25			
T2=BCCP	3		0,34		
T4=PACP	3		0,35		
T3=BACCA	3			0,54	
T5=PCCP	3			0,55	
T6=PACCA	3				0,74
Sig.		1,000	,838	,759	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Grasa en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable grasa, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T1=Bandeja, avena cultivo puro) presentó la media más baja con 0,25%, en el subconjunto 2 se encuentra el tratamiento (T2=Bandeja, cebada cultivo puro y T4 =Piso, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 0,34% y 0,35%, mientras que en el subconjunto 3 se encuentran los tratamientos (T3= Bandeja, avena + cebada cultivo asociado y T5= Piso, cebada cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) con medias de 0,54% y 0,55%, por último en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T6= Piso, avena + cebada cultivo asociado) presentó la media más alta con 0,74%.

3.1.6.4. Humedad

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de Humedad se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N.º 37). Los tratamientos T4 (sobre piso, avena cultivo puro), T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más altos con medias de 90,76%, 90,64% y 90,62% respectivamente, seguido por los tratamientos T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) y T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con

medias de 89,91% y 89,29%, mientras que el tratamiento T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvo el valor más bajo con una media de 87,40%.

Cuadro N. ° 42 Valores Porcentuales para la Variable Humedad (%)

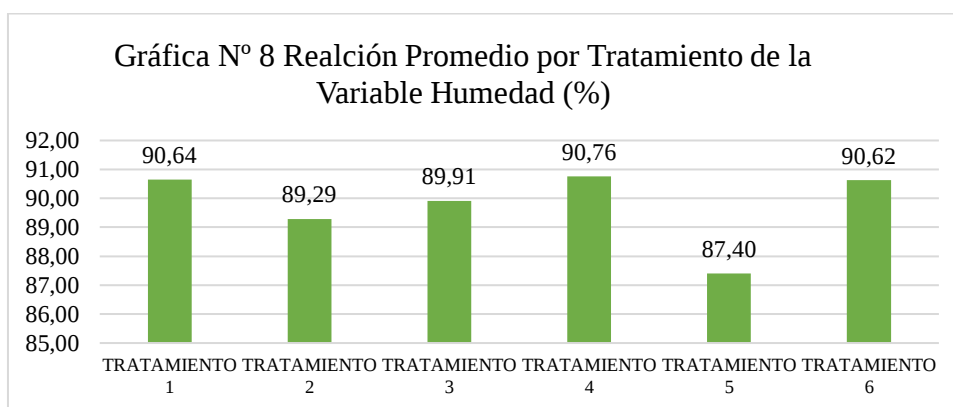
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ȳ
Bandeja, avena cultivo puro	T1	90,66	90,58	90,69	271,93	90,64
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	89,21	89,30	89,35	267,86	89,29
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	89,90	89,92	89,91	269,73	89,91
Piso, avena cultivo puro	T4	90,73	90,76	90,79	272,28	90,76
Piso, cebada cultivo puro	T5	87,37	87,4	87,42	262,19	87,40
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	90,66	90,58	90,63	271,87	90,62
Σ		538,53	538,54	538,79	1615,9	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 43 ANOVA para la Variable Humedad

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	25,07	5,014	3166,83	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,01	0,004	2,28	4,10	7,56
ERROR	10	0,02	0,002			
TOTAL	17	25,09				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable humedad determinados en el cuadro N. ° 42.

Cuadro N. °44 Análisis de Duncan para la Variable Humedad (%)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T5=PCCP	3	87,40				
T2=BCCP	3		89,29			
T3=BACCA	3			89,91		
T6=PACCA	3				90,62	
T1=BACP	3				90,64	
T4=PACP	3					90,76
Sig.		1,000	1,000	1,000	,587	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Humedad en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable humedad, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T5= Piso, cebada cultivo puro) presentó la media más baja con 87,40%, en el subconjunto 2 se encuentra el tratamiento (T2=Bandeja, cebada cultivo puro) con una media de 89,29%, mientras que en el subconjunto 3 se encuentra el tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con una media de 89,91%, en el subconjunto 4 se encuentran los tratamientos (T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado y T1=Bandeja, avena cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) presentaron medias de 90,62% y 90,64% y por último en el subconjunto 5 se encuentra el tratamiento (T4=Piso, avena cultivo puro) con la media más alta de 90,76%.

3.1.6.5. Hidratos de Carbono

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de Hidratos de carbono se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N.º 39). Los tratamientos T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) y T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más altos con medias de 5,88% y 5,45% respectivamente, seguido por los tratamientos T2 (bandeja, cebada cultivo puro) y T1 (bandeja, avena cultivo puro) con medias del orden de 4,61% y 4,45%, mientras los

tratamientos T4 (sobre piso, avena cultivo puro) y T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más bajos con medias de 3,64% y 3,25% correspondientemente.

Cuadro N. ° 45 Valores Porcentuales para la Variable Hidratos de Carbono (%)

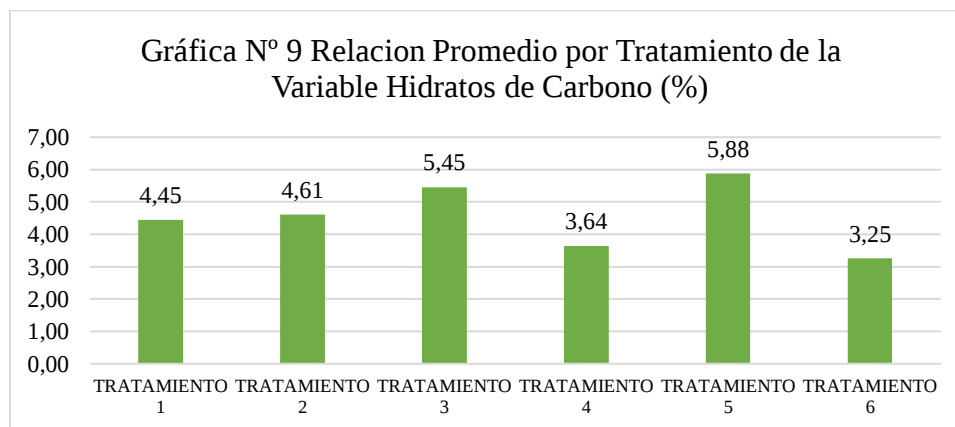
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	4,48	4,35	4,52	13,35	4,45
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	4,67	4,60	4,57	13,84	4,61
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	5,26	5,60	5,50	16,36	5,45
Piso, avena cultivo puro	T4	3,65	3,58	3,7	10,93	3,64
Piso, cebada cultivo puro	T5	5,98	5,89	5,78	17,65	5,88
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	3,18	3,28	3,3	9,76	3,25
Σ		27,22	27,3	27,37	81,89	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 46 ANOVA para la Variable Hidratos de Carbono

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB. 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	15,33	3,07	264,70	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,002	0,001	0,08	4,10	7,56
ERROR	10	0,12	0,01			
TOTAL	17	15,45				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable hidratos de carbono determinadas en el cuadro N. ° 45.

Cuadro N. °47 Análisis de Duncan para la Variable Hidratos de Carbono (%)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T6=BACCA	3	3,25				
T4=PACP	3		3,64			
T1=BACP	3			4,45		
T2=BCCP	3			4,61		
T3=PACCA	3				5,45	
T5=PCCP	3					5,88
Sig.		1,000	1,000	,066	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Hidratos de carbono en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable hidratos de carbono, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T6= Piso, avena + cebada cultivo asociado) presentó la media más baja con 3,25%, en el subconjunto 2 se encuentra el tratamiento (T4=Piso, avena cultivo puro) con una media de 3,64%, en el subconjunto 3 se encuentran los tratamientos (T1=Bandeja, avena cultivo puro y T2=Bandeja, cebada cultivo puro, no presentan diferencias significativas entre ellos) presentaron medias de 4,45% y 4,61%, mientras que en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con una media de 5,45%, y por último en el subconjunto 5 se encuentra el tratamiento (T5=Piso, cebada cultivo puro) con la media más alta de 5,88%.

3.1.6.6. Materia Seca (MS)

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de materia seca se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N.º 41). El tratamiento T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvo el valor más alto con una media de 12,60%, seguido por los tratamientos T2 (bandeja, cebada cultivo puro) y T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con medias de 10,71% y 10,09%

respectivamente, mientras que los tratamientos T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado), T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T4 (sobre piso, avena cultivo puro), tuvieron los valores más bajos con medias del orden de 9,38%, 9,36% y 9,24%.

Cuadro N. ° 48 Valores Porcentuales para la Variable Materia Seca (%)

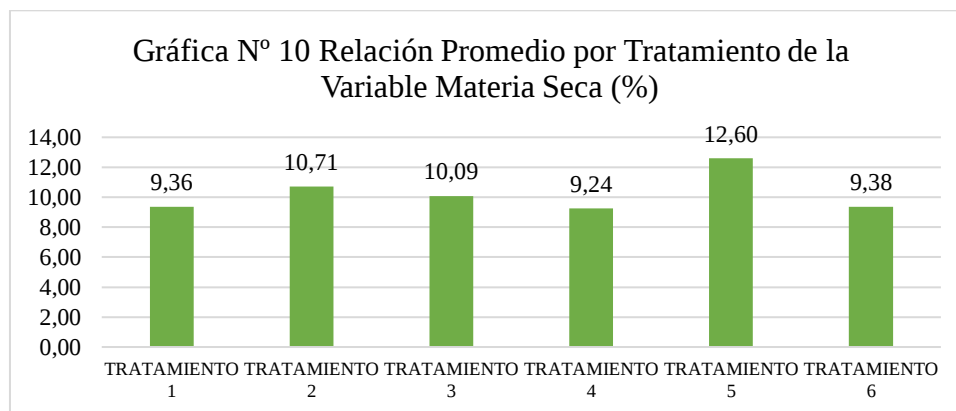
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	Ȳ
Bandeja, avena cultivo puro	T1	9,34	9,42	9,31	28,07	9,36
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	10,79	10,70	10,65	32,14	10,71
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	10,10	10,08	10,09	30,27	10,09
Piso, avena cultivo puro	T4	9,27	9,24	9,21	27,72	9,24
Piso, cebada cultivo puro	T5	12,61	12,6	12,58	37,79	12,60
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	9,34	9,42	9,37	28,13	9,38
Σ		61,45	61,46	61,21	184,12	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 49 ANOVA para la Variable Materia Seca

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	24,98	5,00	3204,32	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,007	0,003	2,14	4,10	7,56
ERROR	10	0,02	0,002			
TOTAL	17	25,00				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable materia seca determinados en el cuadro N. ° 48.

Cuadro N. ° 50 Análisis de Duncan para la Variable Materia Seca (%)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T4=PACP	3	9,24				
T1=BACP	3		9,36			
T6=PACCA	3		9,38			
T3=BACCA	3			10,09		
T2=BCCP	3				10,71	
T5=PCCP	3					12,60
Sig.		1,000	,580	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Materia seca en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable materia seca, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T4= Piso, avena cultivo puro) presentó una media de 9,24%, en el subconjunto 2 se encuentran los tratamientos (T1=Bandeja, avena cultivo puro y T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias significativas entre ellos) presentaron medias de 9,36% y 9,38%, %, en el subconjunto 3 se encuentra el tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con una media de 10,09, mientras que en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T2=Bandeja, avena cultivo puro) con una media de 10,71% y por último en el subconjunto 5 se encuentra el tratamiento (T5=Piso, cebada cultivo puro) presentando la media más alta de 12,60%.

3.1.6.7. Proteína Bruta (PB)

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de proteína se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t_{0,05}}$) (Ver cuadro N.º 43). El tratamiento T2 (bandeja, cebada cultivo puro) tuvo el valor más alto con una media de 12,10%, seguido por el tratamiento T4 (sobre piso, avena cultivo puro) con una media de 10,83%, mientras que los tratamientos T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) y T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvieron medias de 9,65% y 9,10%

respectivamente. Los tratamientos T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T3 (bandeja avena + cebada cultivo asociado) tuvieron los valores más bajos con medias del orden de 8,42% y 7,28%.

Cuadro N. ° 51 Valores Porcentuales para la Variable Proteína Bruta (%)

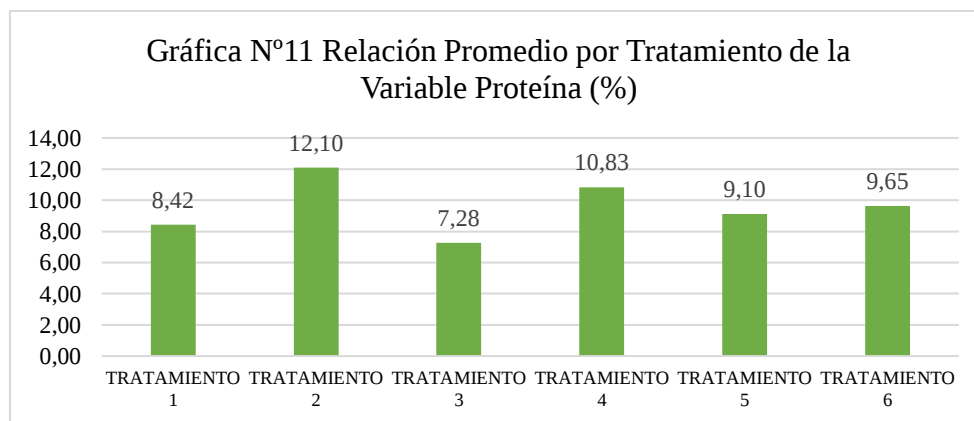
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$	FACTOR F
Bandeja, avena cultivo puro	T1	8,56	8,44	8,25	25,253	8,42	6,25
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	12,19	12,00	12,13	36,318	12,11	6,25
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	7,38	7,40	7,06	21,835	7,28	6,25
Piso, avena cultivo puro	T4	10,81	11,06	10,63	32,503	10,83	6,25
Piso, cebada cultivo puro	T5	9,13	8,88	9,31	27,315	9,11	6,25
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	9,69	9,38	9,88	28,948	9,65	6,25
Σ		57,75	57,16	57,26	172,17		

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 52 ANOVA para la Variable Proteína Bruta

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	44,46	8,89	209,55	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,034	0,017	0,41	4,10	7,56
ERROR	10	0,42	0,04			
TOTAL	17	44,91				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable proteína determinados en el cuadro N. ° 51.

Cuadro N. °53 Análisis de Duncan para la Variable Proteína Bruta (%)

Duncan

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
T3=BACCA	3	7,28					
T1=BACP	3		8,42				
T5=PCCP	3			9,10			
T6=PACCA	3				9,65		
T4=PACP	3					10,83	
T2=BCCP	3						12,10
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Proteína bruta en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable proteína bruta, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T3= Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) presentó una media de 7,28%, en el subconjunto 2 se encuentran los tratamientos (T1=Bandeja, avena cultivo puro) con una media de 8,42%, en el subconjunto 3 se encuentra el tratamiento (T5 Piso, cebada cultivo puro) con una media de 9,10%, mientras que en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado) presentó una media de 9,65%, en el subconjunto 5 se encuentra el tratamiento (T4=Piso, avena cultivo puro) con una media de 10,83% y por último en el subconjunto 6 se encuentra el tratamiento (T2=Bandeja, cebada cultivo puro) presentó la media mas alta con el 12,10%

3.1.6.8. Valor Energético

En el análisis estadístico de bloques al azar para la variable de valor energético se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_c > F_{t\ 0,05}$) (Ver cuadro N.º 45). El tratamiento T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvo el valor más alto con una media de 34,68 Kcal/100g., seguido por los tratamientos T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) y T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con medias de 30,63 Kcal/100g. y 29,82 Kcal/100g. respectivamente, mientras que los tratamientos T6

(sobre piso, avena + cebada cultivo asociado), T1 (bandeja, avena cultivo puro) y T4 (sobre piso, avena cultivo puro) presentaron medias del orden de 25,57 Kcal/100g., 25,31 Kcal/100g. y 24,52 Kcal/100g.

**Cuadro N. ° 54 Valores Porcentuales para la Variable Valor Energético
(Kcal/100 gr)**

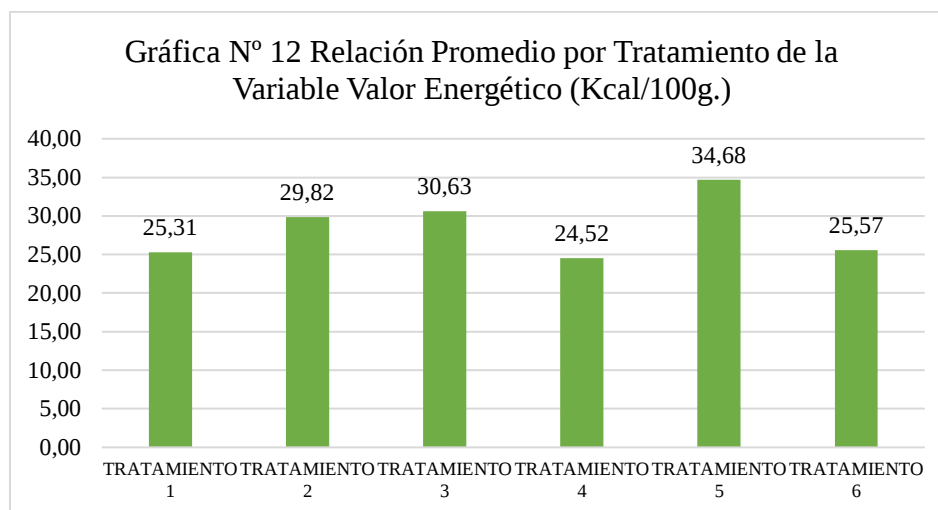
Tratamientos		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Σ	$\bar{Y}$
Bandeja, avena cultivo puro	T1	25,29	25,10	25,55	75,94	25,31
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	29,90	29,85	29,72	89,47	29,82
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	30,44	30,64	30,80	91,88	30,63
Piso, avena cultivo puro	T4	24,67	24,32	24,58	73,57	24,52
Piso, cebada cultivo puro	T5	34,80	34,71	34,53	104,04	34,68
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	25,58	25,82	25,32	76,72	25,57
Σ		170,68	170,44	170,5	511,62	

Fuente: Elaboración propia en base a valores proporcionados por CEANID.

Cuadro N. ° 55 ANOVA para la Variable Valor Energético

	GL	SC	CM	F. CAL	F. TAB 0,05	F. TAB. 0,01
TRATAMIENTOS	5	236,90	47,38	1160,87	3,33	5,64
BLOQUES	2	0,005	0,003	0,06	4,10	7,56
ERROR	10	0,41	0,04			
TOTAL	17	237,31				

Fuente: Elaboración propia según metodología Bosque M. J.



Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la variable valor energético determinados en el cuadro N. ° 54.

Cuadro N. °56 Análisis de Duncan para la Variable Valor Energético (Kcal/gr.)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T4=PACP	3	24,52				
T1=BACP	3		25,31			
T6=PACCA	3		25,57			
T2=BCCP	3			29,82		
T3=BACCA	3				30,63	
T5=PCCP	3					34,68
Sig.		1,000	,112	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Prueba de Duncan para la variable Valor energético en base a datos proporcionados por CEANID.

Mediante el análisis de la prueba de Duncan (IBM SPSS) para la variable valor energético, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias, en el subconjunto 1 se encuentra el tratamiento (T4= Piso, avena cultivo puro) presentó una media de 24,52 Kcal/100gr., en el subconjunto 2 se encuentran los tratamientos (T1=Bandeja, avena cultivo puro y T6=Piso, avena + cebada cultivo asociado, no presentan diferencias significativas entre ellos) presentaron medias de 25,31 Kcal/100gr. y 25,57 Kcal/100gr., en el subconjunto 3 se encuentra el tratamiento (T2=Bandeja, cebada cultivo puro) con una media de 29,82 Kcal/100gr., mientras que

en el subconjunto 4 se encuentra el tratamiento (T3=Bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con una media de 30,63 Kcal/100gr. y por último en el subconjunto 5 se encuentra el tratamiento (T5=Piso, cebada cultivo puro) presentando la media más alta con 34,68 Kcal/100gr.

3.1.7. RELACIÓN COSTO BENEFICIO POR TRATAMIENTO EN FUNCIÓN AL RENDIMIENTO DE KG DE SEMILLA/VOLUMEN TOTAL DE FVH PRODUCIDO.

De acuerdo a la relación de semilla con el rendimiento total en FVH por cada tratamiento, el menor costo por kilogramo de FVH producido fue del Tratamiento T3 (bandeja, avena + cebada cultivo asociado) con 0.21 Bs. de costo total y con un costo útil de 0,13 Bs. respectivamente en correlación a la potencialidad de remplazo del 40% del uso de concentrados, seguido por el tratamiento T2 (bandeja, cebada cultivo puro) con un costo por kilogramos de FVH de 0,24 Bs. y con un costo útil de 0,14 Bs. Mientras que los tratamientos T1 (bandeja, avena cultivo puro), T4 (sobre piso, cebada cultivo puro) y T5 (sobre piso, cebada cultivo puro) tuvieron un costo por kilogramo de FVH producido de 0,24 Bs. y con un costo útil de 0,15 Bs. Por último, el tratamiento T6 (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) tuvo el mayor costo por kilogramos de FVH producido con 0,27 Bs. y con un costo útil de 0,16 Bs.

En relación al Valor Proyectado para un periodo de 12 meses (como tipo se tomó al consumo y gasto de producción de una vaca de leche con un promedio de 10 litros de leche día o lactación de 3500 litros por 305 días de producción al año) en correlación del uso de suplementación alimenticia con concentrados comerciales y la sustitución del 40% en base a FVH donde la Utilidad Proyectada representa el 36% menor en relación a una ración con concentrados (no existiendo diferencias entre tratamientos).

Cuadro N. ° 57 Relación Costo Beneficio por Tratamiento en Función del Rendimiento Kg de Semilla/Volumen Total FVH producido.

Tratamientos		Costo general								
		Costo insumos (Bs.)	Costo elaboración FVH (Bs.)	Rendimiento FVH (kg)	Costo por kg FVH (Bs.)	Costo por kg Concentrado (Bs.)	**Valor presente neto (Bs.)	*Valor proyectado FVH (Bs.)	*Utilidad proyectada FVH (Bs.)	*Utilidad proyectada FVH (%)
Bandeja, avena cultivo puro	T1	1,82	2,44	17,55	0,24	2,61	3980,25	2536,45	1443,80	36,27
Bandeja, cebada cultivo puro	T2	1,82	2,44	17,95	0,24	2,61	3980,25	2533,15	1447,10	36,36
Bandeja, avena + cebada cultivo asociado	T3	1,82	2,44	20,30	0,21	2,61	3980,25	2516,36	1463,89	36,78
Piso, avena cultivo puro	T4	1,82	2,44	17,60	0,24	2,61	3980,25	2536,03	1444,22	36,28
Piso, cebada cultivo puro	T5	1,82	2,44	17,45	0,24	2,61	3980,25	2537,30	1442,95	36,25
Piso, avena + cebada cultivo asociado	T6	1,82	2,44	16,05	0,27	2,61	3980,25	2550,31	1429,94	35,93

*Valor Proyectado en relación a sustitución del 40% del concentrado por FVH en la ración en 305 días de lactación

** Valor Presente Neto con concentrado comercial en función en 305 días de lactación en bovinos

Fuente: Elaboración propia en base a los costos de los materiales e insumos y el rendimiento del FVH de los tratamientos y sus repeticio

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos se concluye en lo siguiente:

- El tratamiento T3 (bandeja, Avena + Cebada en cultivo asociado), fue el que mejor producción de FVH generó en relación a 1 kg de semilla. Con una relación de 1 kg de semilla se obtiene 8 kg de forraje verde.
- El rendimiento de FVH en relación a la técnica de producción, fue mayor en bandeja con un peso promedio de 55,80 kg, contra 51,10 kg producidos mediante la técnica en piso.
- En función al efecto de interacción según tipo de cultivo (puro y asociado) Se determinó que los tratamientos asociados de semilla de avena y cebada produjeron un mayor rendimiento (6.767 kg) que aquellos tratamientos con semillas puras en lo que respecta al ensayo en bandeja, comportándose de manera contraria en el ensayo a piso ya que los cultivos de semillas puras presentaron un mayor rendimiento en peso que los asociados (sobre piso, avena + cebada cultivo asociado con 5,350 Kg) teniendo una diferencia de 1,417 Kg.
- En relación al valor nutricional los tratamientos de cultivos en piso obtuvieron valores ligeramente mayores a los tratamientos de cultivos en bandeja. Encabezando la lista con el tratamiento T5 (Sobre piso, cebada cultivo puro) que tuvo los valores más altos en: Ceniza=0,96%, Fibra Detergente Neutra=3,64%, Hidratos de carbono=5,88%, Materia seca=12,6% y Valor energético=34,68 Kcal/100 gr., seguido por el tratamiento T2 (Bandeja, cebada cultivo puro) que presentó el valor más alto en Proteína=12,11%. Cabe resaltar que esta diferencia nutricional reflejada se deba a que los tratamientos en piso generan mayor volumen foliar.

- Los tratamientos de cultivos en piso obtuvieron los valores más altos de crecimiento foliar que los tratamientos de cultivos en bandeja. Siendo los tratamientos T4 (Sobre piso, avena cultivo puro), T5 (Sobre piso, cebada cultivo puro) y T6 (Sobre piso, avena + cebada cultivo puro) presentaron valores de 26,73 cm., 25,77 cm. y 26,67 cm. respectivamente.
- En relación al crecimiento radicular el sistema de cultivo a piso o en bandeja no influye, esto está más definido por la especie y/o variedad del germoplasma utilizado, siendo el cultivo de avena ya sea en piso o bandeja con mayor crecimiento radicular. Presentando diferencias en la formación radicular siendo el cultivo en bandeja un entramado radicular compacto forma de colchón y en piso entramado disperso rectilíneo suelto.
- El tratamiento T3 (bandeja, Avena + Cebada en cultivo asociado), es el tratamiento que mostro menor costo por kilogramo de FVH producido con 0,21 Bs. por kilogramo, mientras que el tratamiento T6 (Sobre piso, avena + cebada cultivo asociado) es el tratamiento que mostro mayor costo por kilogramo de FVH producido con 0,27 Bs. por kilogramo.
- Por lo que se concluye que existen diferencias relevantes al nivel de la significancia aceptada en las características nutricionales, en la producción de forraje verde hidropónico de avena y cebada en función al tipo de cultivo (puro y asociado) y a la técnica de producción (en bandeja y sobre piso) por lo cual se rechaza la hipótesis nula.

5.2. RECOMENDACIONES

En relación a los resultados y conclusiones establecidas consideramos:

- La técnica de producción de FVH en piso se adapta a cualquier condición productiva tanto para pequeños y medianos productores de ganado y otras criaciones de herbívoros.
- La versatilidad y el bajo costo de implementación de la técnica de producción de FVH en piso se adecua a cualquier ecosistema productivo.

- En el marco del estudio realizado, se considera que se debe difundir la técnica de producción de FVH en piso, como una tecnología que permite disponer forraje fresco a bajo costo, sin limitantes estacionales, fenológicas e hídricas para el ganado en el municipio de Padcaya provincia Arce del departamento de Tarija.