

# 74

Fecha de presentación: febrero, 2022

Fecha de aceptación: mayo, 2022

Fecha de publicación: julio, 2022

## PROTOTIPO DE INVERNADERO

EN ZONAS ALTO ANDINAS DEL PERÚ PARA LA PRODUCCIÓN DE GRANOS GERMINADOS COMO COMPLEMENTO DIETÉTICO EN LA ALIMENTACIÓN DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

### GREENHOUSE PROTOTYPE IN THE HIGH ANDEAN ZONES OF PERU FOR THE PRODUCTION OF GERMINATED GRAINS AS A DIETARY SUPPLEMENT IN THE FEEDING OF SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Ezzard Omar Alvarez Díaz <sup>1</sup>

E-mail: [ealvarezd@unmsm.edu.pe](mailto:ealvarezd@unmsm.edu.pe)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7313-0533>

Rosmeri Agustina Mayta Huatuco <sup>1</sup>

E-mail: [emaytah@unmsm.edu.pe](mailto:emaytah@unmsm.edu.pe)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6130-8795>

Jorge Luis Rojas Rojas <sup>1</sup>

E-mail: [jrojasr@unmsm.edu.pe](mailto:jrojasr@unmsm.edu.pe)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3209-9637>

Víctor Genaro Rosales Urbano <sup>1</sup>

E-mail: [vrosalesu@unmsm.edu.pe](mailto:vrosalesu@unmsm.edu.pe)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4844-7293>

Oswaldo José Rojas Lazo <sup>1</sup>

E-mail: [orojasl@unmsm.edu.pe](mailto:orojasl@unmsm.edu.pe)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4085-7327>

Eulogio Guillermo Santos De la Cruz <sup>1</sup>

E-mail: [esantosg@unmsm.edu.pe](mailto:esantosg@unmsm.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8594-6716>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Álvarez Díaz, E. O., Mayta Huatuco, R. A., Rojas Rojas, J. L., Rosales Urbano, O. J., Rojas Lazo, E. J., Urbano, & Santos De la Cruz E. G., (2022). Prototipo de invernadero en zonas alto andinas del Perú para la producción de granos germinados como complemento dietético en la alimentación de camélidos sudamericanos. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(4), 708-717.

#### RESUMEN

La investigación se realizó en la sede El Mantaro del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ubicada en el distrito El Mantaro provincia de Jauja, región Junín y a una altura de 3320 msnm. Se ha diseñado e implementado un prototipo de invernadero para la producción de pastos germinados. Se seleccionó semillas de cebada (sin aditivos) para la producción de forraje verde hidropónico por ser de bajo costo, alto aporte de nutrientes, rápida adaptación hasta 3320 msnm. El experimento se realizó con 6 alpacas, 3 alimentados con el forraje verde hidropónico y las otras tres alpacas con pastos naturales de la zona (Muestra B). Los resultados indican que los camélidos de la muestra B incrementaron su peso y la longitud de fibra mejor que los de la muestra A. También se realizó el experimento con cuyes (conejiños de indias), se tomó una muestra de 24 cuyes formando 4 grupos de seis, que fueron alimentados con pastos naturales, cebada y forraje los cuyes alimentados con forraje y cebada en grano aumentaron su peso, en comparación con los cuyes alimentados con forraje de pasto natural y cebada.

**Palabras clave:** Invernadero, germinados, temperatura, luz solar.

#### ABSTRACT

The research was carried out at the El Mantaro branch of the Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura of the Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, located in the district of El Mantaro, province of Jauja, Junin region, at an altitude of 3320 meters above sea level. A greenhouse prototype was designed and implemented for the production of germinated grasses. Barley seeds (without additives) were selected for the production of hydroponic green fodder because of their low cost, high nutrient supply, and rapid adaptation up to 3320 m.a.s.l. The experiment was carried out with 6 alpacas, 3 fed with the hydroponic green forage and the other three alpacas with natural grasses of the area (Sample B). The results indicate that the camelids of the B sample increased their weight and fiber length better than those of the A sample. The experiment was also carried out with guinea pigs (guinea pigs), a sample of 24 guinea pigs was taken divided into 4 groups of six each, which were fed with natural grasses, barley and forage. The guinea pigs fed with forage and barley grain increased their weight, compared to the guinea pigs fed with natural grass and barley forage.

**Keywords:** greenhouse, sprouts, temperature, sunlight

## INTRODUCCIÓN

Se diseñó e implementó un prototipo de invernadero para la producción de germinados que se utilizó como alimento de los camélidos y animales menores. La producción de germinados en los invernaderos tiene ventajas porque utiliza un espacio mínimo, y se puede obtener una producción de 7 a 15 veces más que su peso en comparación que el pasto natural. Es una manera de producir alimentos saludables más baratos, ahorrando energía, disminuyendo considerablemente el uso del agua, área de terreno y su cosecha puede ser todo el año (Álvarez-Holguín et al, 2022). La metodología utilizada para la producción de germinados consiste en selección, limpieza, lavado, remojo y germinación, pesado de la semilla, sembrado en bandejas e inicio de riego, germinación, crecimiento de la semilla, cosecha y ofrecimiento del FVH a alpacas y animales menores.

Para comprobar el valor nutricional de los cereales germinados en la alimentación de camélidos sudamericanos, en especial alpacas, se revisó las investigaciones relacionadas con las posibles diferencias en valores nutricionales que aportan los granos secos frente a los germinados de los mismos, (Guerrero et al, 2017) "Los valores proteicos en el grano fueron menores al germinado, indicando en todos los casos un incremento originado por el proceso. Hubo mayor rendimiento proteico en el germinado de maíz capio y menor en cebada" (p. 17), Afirmaron también: "El valor energético de los granos de triticale germinados está al mismo nivel, sino un poco más alto, que el de sus contrapartes no germinados... que muestra una ligera mejora en el valor nutricional de los monogástricos para los cereales que han germinado" (Shimada & Ávila, 1981)

La germinación es un proceso que da dividendos económicos que aumenta el valor nutritivo de estas semillas. Durante el proceso germinativo evoluciona la composición bioquímica y nutricional de las semillas. Las reservas contenidas en éste se utilizan para permitir el crecimiento de la plántula y los macronutrientes se degradan y simplifican. Estos cambios implican una disminución general en la cantidad de materia seca, pero aumenta la accesibilidad y elegibilidad de los nutrientes. Los factores antinutricionales desaparecen y los minerales se asimilan mejor .

Entre tanto (Morales et al, 2020) afirma que los granos germinados se pueden utilizar como alternativa a los ingredientes alimentarios convencionales ricos en energía o proteínas en las dietas de pollos de engorde. Los granos de forraje germinados también se pueden usar para promover el rendimiento de consumo y crecimiento de pollos de engorde. Además, los granos germinados pueden

usarse para mejorar el estado antioxidante y el estado de salud de los pollos de engorde. La revisión actual tuvo como objetivo dilucidar el método de germinación para mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de los granos alimenticios para pollos de engorde

### Invernaderos

El desarrollo constante de los fitomejoradores, abonos, materiales, equipos y técnicas de cultivo han permitido el mejoramiento de los cultivos en la resistencia a condiciones adversas y en el aumento del rendimiento (López et al, 2008). Una de estas técnicas es el cultivo en invernaderos mediante hidroponía. Según (Gutiérrez & Sánchez, 2012; Beltrano & Giménez, 2015), los cultivos protegidos son sistemas de producción en los cuales se actúa sobre el microclima que rodea a las plantas durante parte o todo el ciclo de cultivo (Martínez-Cruz et al, 2017).

Según (Beltrano & Giménez, 2015; Samperio-Ruiz, 2008), la tecnología de producción en invernaderos permite una explotación eficiente de los cultivos ya que permite modificar las condiciones del clima, además hace posible utilizar suelos no aprovechados. El comportamiento de una planta viene condicionado por el conjunto de variables que configuran el microclima y la rizosfera donde se desarrolla. Las condiciones óptimas para cada uno de estos factores permiten o conducen a la máxima respuesta vegetativa y reproductiva, condicionada por su genoma. A medida que cada variable se aparte del óptimo considerado, la planta se ve sometida a condiciones de estrés de incidencia variable según el momento fenológico del cultivo, la duración y la intensidad del estrés.

Según (Serrano, 2005):

La luminosidad interviene en la fotosíntesis y en el fotoperiodismo; también en el fototropismo, en el crecimiento de los tejidos, en la floración y en la maduración de los frutos. A medida que aumenta la luminosidad en el interior del invernadero aumenta la temperatura, la humedad relativa y el CO<sub>2</sub> para obtener el máximo rendimiento en la fotosíntesis. La humedad interviene en la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la fecundación de las flores y en el desarrollo de enfermedades criptogámicas. El oxígeno no preocupa en los ambientes controlados, ya que por una parte el aire atmosférico contiene un porcentaje elevado (21 por 100), y además durante el día las plantas eliminan gran cantidad de oxígeno en el proceso de fotosíntesis. (p. 2)

Según (Beltrano & Giménez, 2015), la radiación solar que incide sobre una lámina de plástico que cubre un invernadero puede ser transmitida (atravesando dicha lámina), reflejada por dicha lámina (Comportamiento de la radiación solar al topar con una cubierta plástica es en función

del ángulo de incidencia) o absorbida. El estudio de la transmisión de la radiación solar de los invernaderos es provechoso para poder establecer mejoras que permitan una mayor penetración de la radiación, que posibiliten la máxima productividad y las mayores ganancias de energía cuando los invernaderos son utilizados como colectores solares. (Iglesias & Muñoz, 2007).

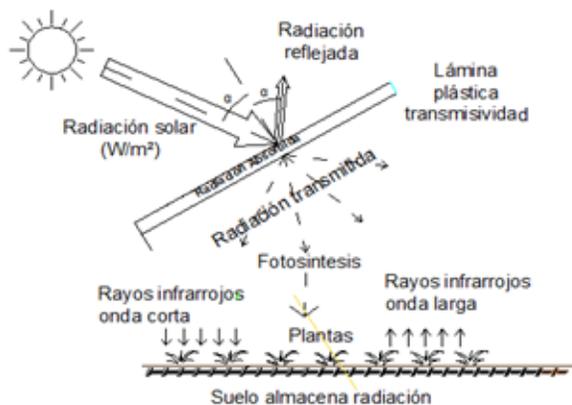


Figura 1. Funcionamiento de un invernadero. Fuente: Adaptado de (Hernández et al, 2001).

La luz solar, además de ser imprescindible para que las plantas realicen fotosíntesis, tiene una importancia fundamental desde el punto de vista del clima del invernadero para favorecer el incremento de temperatura dentro del mismo. La radiación que llega al interior de la cobertura, en combinación con el material de cubierta, son los principales responsables de la producción del clima del invernadero. Es fundamental que los materiales que se utilizan para cubrir los invernaderos reúnan dos características básicas: a) Máxima transparencia a la radiación solar de onda corta, que llega durante el día, para que la mayor cantidad posible alcance el interior del invernadero. b) Máxima opacidad a la radiación infrarroja de onda larga emitida por el suelo, plantas y estructuras para que no se pierda hacia el exterior y se produzca la elevación de la temperatura interna.

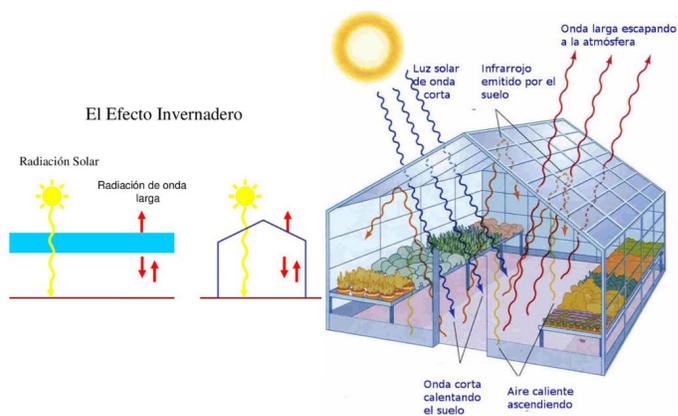


Figura 2. Efectos de un invernadero. Fuente: (Taleizadeh et al, 2020)

Según (Beltrano & Giménez, 2015), dentro de las características para la orientación de un invernadero deben permitir recibir mayor exposición al sol y duración de la foto período (orientación de este a oeste), la disposición del terreno, los vientos dominantes y la forma del invernadero van a condicionar su orientación y la disposición de las líneas de cultivo. Las líneas de cultivo deben situarse norte-sur para evitar la proyección de sombra de unas sobre otras y que sobre todas ellas incida la misma cantidad de radiación solar a medida que el sol se desplaza a lo largo del día.

Al techo de los invernaderos se les debe dar bastante pendiente (30%) para facilitar que las gotas de agua, producto de la condensación de la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo caigan hacia los lados y no sobre los cultivos. La estrategia de ubicar la ventana cenital opuesta a la dirección predominante del viento es facilitar el efecto Venturi, que apoya la ventilación natural de los invernaderos. Este fenómeno se produce por los cambios de presiones y temperaturas, donde el aire caliente tiende a subir y salir por la ventana cenital.

Ángulo de techumbre: ángulo formado entre el techo de la cobertura y la pared lateral. Está relacionado con la forma del techo e influye decididamente en la captación de luz y en la homogeneidad de la distribución interna. Cuanto menor es este valor, más se favorece la reflexión de la radiación hacia el exterior. Las estructuras de techo curvo son las que permiten lograr mayor transmitancia, seguidas por las estructuras tipo capilla y capilla modificada. En general, la pendiente promedio óptima varía entre 25° y 30°. En cuanto a la homogeneidad, el de mejor comportamiento es el tipo curvo.

El aire dentro de un invernadero cerrado no calefaccionado es siempre más caliente durante el día y, generalmente

durante la noche que el aire externo. La diferencia de temperatura depende principalmente de la radiación y volumen del invernadero.

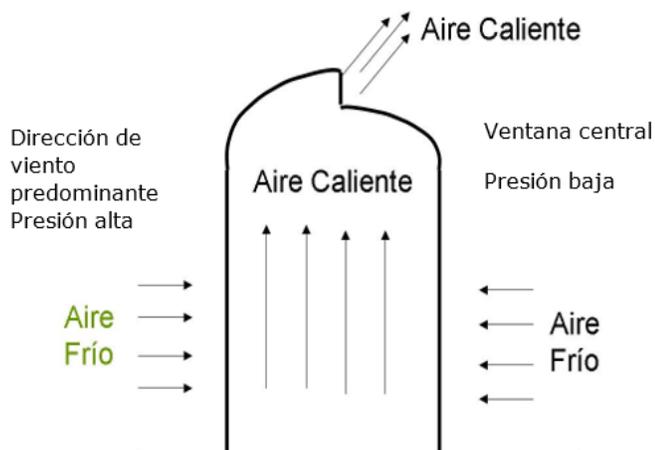


Figura 3. Circulación del aire en un invernadero. Fuente: Elaborado en base del manual Agrotecnología Tropical 2021

Los Invernaderos permiten utilizar tanto cubiertas flexibles (film plástico, malla de sombreado, malla monofilamento, etc.) como rígidas (policarbonato, chapa metálica, etc.). El cristal también puede ser utilizado. El plástico negro absorbe la mayor cantidad de radiación incidente sobre la superficie (capacidad para calentar el suelo), el plástico blanco refleja la mayor cantidad de radiación incidente sobre la superficie (capacidad para enfriar el suelo).

La variable más importante en el proceso de germinado es la temperatura, las técnicas de control del invernadero se evaluaron en tres diferentes puntos de referencia donde se compara el error que presentan y el tiempo que demoran en alcanzar el valor deseado. Las tres técnicas implementadas (control integral – proporcional – derivativo, control por lógica difusa y control por redes neuronales) no presentaron un error mayor a  $-0.6^{\circ} + C$ , por lo que se puede concluir que los tres controladores operan de forma adecuada; sin embargo, el control por redes neuronales para la germinación de semillas es el que presenta menor error en su implementación.

### Hidroponía

Según (Beltrano & Giménez, 2015; Samperio-Ruiz, 1997), la hidroponía es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. Un cultivo hidropónico consume una cantidad mucho menor de agua que un cultivo en tierra, donde el 80 % se infiltra a las capas inferiores del terreno y otro porcentaje se evapora; en cultivo hidropónico se evita totalmente la

infiltración del agua y gran parte de la evapotranspiración, por cuanto el cultivo se realiza en locales cerrados, con humedad relativa elevada.

### Material

El material inicial que se usó fue el cereal cebado (*Hordeum vulgare* L) con cáscara seleccionado para semilla (tamaño e impurezas), variedad Centenario 2, comprado en la ciudad de Jauja en un centro comercial de venta de granos. Con el material inicial se produjo germinado en invernadero por un tiempo de 15 días, obteniendo plántulas de 14 cm de promedio que será utilizado para la alimentación de los animales.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Diseño e implementación del prototipo de invernadero

##### Procedimiento

- Diseño del invernadero en IVITA
- Selección de los recursos para la construcción del invernadero
- Compra de los materiales de construcción e instrumentos de control
- Construcción del invernadero
- Poner en funcionamiento del invernadero

El invernadero se construyó en la estación del Instituto Veterinario de Investigación Tropicales y de Altura - El Mantaro de la FMV- UNMSM, que se encuentra ubicada en el distrito de El Mantaro provincia de Jauja, región Junín, se encuentra a una altura de 3 320 msnm. El riego es por microaspersión.

Tabla 1. Características del invernadero hidropónico forrajero

N°	Partes	Características generales
1	Base	Loza de concreto de 5cm de espesor, con un sobre cemento de 25 cm, con una gradiente del 1% para el flujo sobrante del agua, piso frotachado.
2	Estructura lateral	Columnas y travesaños con perfiles metálicos, cubierta de film de polietileno, sujetos por grapas y tornillos sujetadores.
3	Techo	A dos aguas con perfiles metálicos, con cubierta de láminas de polivinilo.
4	Ventilación	Ventana cenital en el techo, situado en el sotavento de la estructura.
5	Puerta	Una puerta a bisagras que se abre hacia afuera, forrada con film de polietileno. Medidas 2,4 x 1 m.

6	Módulo de germinación	Estructura metálica de 10 pisos, con bandejas de plástico y cubierta con plástico negro. Medidas 2,15 hx1,20x0,70m
7	Módulo de producción	Estructura metálica de 6 pisos, con bandejas de plástico. Medidas 1,85hx2,85x0,85m
8	Sistema de riego	Tanque de 1 000 litros, bomba centrífuga, tuberías de distribución de PVC y rociadores
9	Sistema eléctrico	Temporizador para el control automático de rociadores

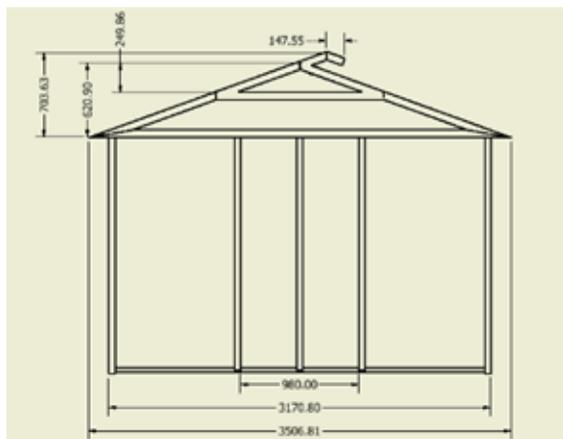


Figura 3. Diagrama del módulo de invernadero.

Estructura del invernadero



Figura 5. Estructura del invernadero.

Módulo de invernadero

La vista interior del invernadero así como la vista externa se muestran en la Figura 6



Figura 6. Vista interior del invernadero.



Figura 7. Vista exterior del invernadero.



Figura 8. Sistema de bombeo de agua y tablero de control y temporizador. Fuente: Invernadero en funcionamiento

### Proceso de producción de forraje verde hidropónico

Selección de la Semilla: A pesar de existir gran cantidad de semillas que pueden ser utilizados para la producción de FVH se ha elegido la semilla de cebada el motivo fue porque es un producto al alcance del lugar de estudio

como también a la adaptación de la cebada en un ambiente de altura (3320 msnm).

**Limpieza y lavado de la semilla:** La limpieza de la semilla se realizó antes del lavado dicho proceso consiste en eliminar impurezas (otras semillas, paja, etc.) existentes. Seguidamente se realizó el lavado colocando en un tacho de 50 litros de capacidad y agregar agua (sobrepasando unos 10 cm del nivel de la semilla de cebada) aproximadamente 40 litros de agua a las cuales fueron agregadas 40 ml de hipoclorito de sodio (para eliminar los hongos y bacterias contaminaste liberarlas de residuos y dejar limpias las semillas) este proceso tiene una duración no mayor de 3 horas puesto que un tiempo prolongado al hipoclorito puede inactivar las semillas.

**Remojo y germinación de las semillas:** Se vuelve a llenar con agua limpia el tacho con las semillas para el respectivo remojo que tuvo una duración de 12 horas, posterior a este proceso se coloca la semilla en otro tacho de igual capacidad pero que contiene pequeños orificios en la base; este proceso permite el oreo de la semilla; ambos procesos (remojo y oreo) induce rápidamente la germinación, así mismo asegura el crecimiento vigoroso de FVH.

**Pesado de la Semilla:** La semilla se pesó con una balanza electrónica de precisión y empezando el experimento con una siembra por lotes, como se muestra en el cuadro 2.

Tabla 2. Peso de las semillas por Lotes

Lote	Pesos/Bandeja
I	650 gr
II	750 gr
III	700 gr
IV	705 gr
V	715 gr

Observándose luego del experimento y recomendando que el peso que presta mayor facilidad y buena producción de FVH es el Lote V de 715 gr por bandeja (25 cm de ancho por 50 cm de largo).

**Sembrado en bandejas e inicio de riego:** El sembrado se realizó en bandejas (25 cm de ancho x 50 cm de largo) con las dosis de siembra antes mencionada tratando en todo momento de esparcir las semillas en toda la bandeja. El riego en esta primera etapa (germinación) se realizó 3 veces al día por 5 minutos cada riego con micro aspersores con agua limpia en una estructura tipo estantes tapados completamente con doble capa de polietileno de color negro (evitando el ingreso de luz). Tal como se observa en la Figura 8.

**Germinación de la semilla:** Este proceso dura 5 días las semillas se encuentran en estantes protegidos de la luz directa, un indicador importante del éxito de este proceso es la germinación a partir del segundo día y al quinto se observó crecimiento aproximado de 5 cm.

**Crecimiento de la semilla y cosecha:** Al sexto día las bandejas se colocan a otra estantería que tiene contacto directo con la luz sometidos a de riego de goteo durante 10 días (teniendo en cuenta que por la producción realizada se cosecharon en los 5 días posteriores), mostrado en la Figura 10. La cosecha realizada de FVH se pesó registrando en un formato para su posterior evaluación.



Figura 9. Semillas en contacto directo con la luz.



Figura 10. Semillas al quinto día de germinación.

**Ofrecimiento del FVH en alpacas:** El experimento en alpacas duró 35 días, observando el aumento del peso vivo, crecimiento de fibra y la finura. El ofrecimiento del FVH se realizó diariamente observándose un comportamiento peculiar de los camélidos, siendo el consumo mínimo o nulo del FVH: a la siguiente semana empezaron a consumir hasta en un 30 %, luego se incrementó en aproximadamente 70 a 80%. En el tiempo restante los animales consumían con normalidad todo el FVH ofrecido. Así como se muestran en las figuras 11 y 12.



Figura 11. Alpacas sin consumo de FVH.



Figura 12. Alpacas con consumo de FVH.

## RESULTADOS

### Producción de FVH por lotes

En el Cuadro 3 se muestra la producción de FVH desde un punto de vista de rendimiento observándose que no existe mucha diferencia, siendo correlativo a la cantidad de semilla sembrada en cada bandeja, teniendo un promedio total de 3.5 kg de FVH por 1 kg de semilla sembrada. Comparando la plántula de cebada (FVH) y la cebada seca, los resultados obtenidos de análisis son mostrados en el Cuadro 4, donde se aprecia cambios en los componentes químicos tanto de grano como de la plántula de cebada, que ha incrementado sus componentes químicos a excepción que el zinc y hierro ha disminuido.

Tabla 3. Rendimiento de la semilla por lotes

Lotes	Rendimiento (kg)
Lote I	3,20
Lote II	4,89
Lote III	3,25
Lote IV	2,49
Lote V	3,72

Tabla 4. Plántula de la cebada (forraje verde hidropónico)

Cebada	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Na (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (%)	Fe (ppm)	B (ppm)	M.S (%)
Grano	2.83	0.4	2	0.22	0.24	0.2	0.04	40	11	24	67	39	7.11
Germinado	1.51	0.4	0.7	0.35	0.14	0.2	0.04	89	8	21	104	37	92.4

### Experimento con Camélidos

Característica de la fibra:

- Finura. - Es la medida del grosor de la fibra, también se le conoce con el nombre de diámetro de la fibra y se mide en micras. Es muy importante porque determina la calidad y precio de la fibra.
- Longitud. - Es el largo de la fibra y se mide en centímetros. Esta característica es influenciada por la alimentación.
- Rizo. - son las ondas o número de ondulaciones y amplitud y distancia de las ondas. Esta característica es muy importante porque influye en el volumen y elasticidad durante la torsión del hilo y también en la conservación del calor.
- Uniformidad. - Es la característica que se relaciona con la finura. Se mide como porcentaje de variabilidad (CV)

Categorización: La categorización de fibra es la calificación del vellón entero, sin fragmentarlo, de acuerdo a la cantidad de calidad superiores e inferiores, longitud y colores definidos. En la Norma Técnica peruana NTP 230.302.2004 (Tabla 5). Se clasifica en cuatro categorías

- Extrafina

- Fina
- Semifina
- Gruesa

Tabla 5. Categorización de la fibra de alpaca

<b>NTP 23 1.3 02.2004 Categorización de fibra de alpaca</b>					
<b>Categorías</b>	<b>Calidades superiores %</b>	<b>Calidades inferiores %</b>	<b>Longitud</b>	<b>Color</b>	<b>Contenido mínimo de BABY</b>
Extrafina	70 a más	30 a menos	6.5 cm	Entero	20
Fina	55 a 60	45 a 31	7 cm	Entero	13
Semifina	45 a 55	60 a 45	7 cm	Entero canoso pintado	3
Gruesa	Menos de 60	Más de 60	7 cm	Entero canoso	

Fuente: Adaptado del Programa Regional Sur DESCO

En la Tabla 6, se muestra el cambio del peso en kg de animal al ser alimentado con germinado.

Tabla 6. Peso, Longitud de Mecha y Fibra con hidroponía

	<b>Alpaca</b>	<b>Con hidroponía</b>	
		<b>Inicio del experimento</b>	<b>Final del experimento</b>
Peso vivo (kg)	H002	71	70
	H006	74	74
	H008	68	66
Longitud de mecha (cm)	H002	12	13
	H006	8.5	9
	H008	6	7
Crecimiento de fibra (mm)	H002	Se sabe cuántos fueron al inicio para comparar	4
	H006		3
	H008		2

Fuente: Camélidos alimentados con hidroponía

Los Camélidos alimentados con forraje y pasto natural a los cuales se pusieron como referencia y comprobado sus pesos son mostrados en la Tabla 7

Tabla 7. Peso, Longitud de Mecha y Fibra sin hidroponía

	<b>Alpaca</b>	<b>Sin hidroponía</b>	
		<b>Inicio del experimento</b>	<b>Final del experimento</b>
Peso vivo (kg)	H004	74	74
	H010	55	58
	H012	52	52

Longitud de mecha (cm)	H004	10	10.5
	H010	9.5	10.5
	H012	9	10
Crecimiento de fibra (mm)	H004	¿Hay valores?	
	H010		5
	H012		6

En la Tabla 8 son mostradas las variables tomadas en el experimento con camélidos teniendo a incremento de peso vivo (kg), incremento de longitud de mecha (cm) y crecimiento de fibra de alpaca (mm).

Tabla 8. Cuadro comparativo con/sin hidroponía

	Con Hidroponía	Sin Hidroponía
Peso vivo (kg)	-1	1
Longitud de mecha (cm)	-0,5	0,83
Crecimiento de fibra (mm)	3	5

En el grupo de hidroponía se observa una pérdida de peso vivo que es insignificante y es negativa al igual que el crecimiento de la longitud de mecha comparado con el grupo de camélidos sin dieta hidropónica. En cuanto a la fibra se observó un mayor crecimiento en el grupo sin hidroponía.–

## DISCUSIÓN

Los cultivos protegidos como hidroponía donde se origina microclima que rodea a las plantas durante parte o todo del ciclo de cultivo donde se suministran de manera racional los factores que permiten en el desarrollo de las plantas como luz, suministro de agua (riego), temperatura (por lo general a mayor temperatura que en el exterior), humedad relativa, concentración de gases en el ambiente ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ), ventilación, acidez del suelo (pH), radiación y nutrientes se logran la mayor productividad de cultivos, además actúa como valla de separación entre el cultivo y el ambiente externo y proteger de animales, plagas y enfermedades (Estupiñán et al, 2021; Ramírez et al, 2016).

Los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo), aportan con una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta. El forraje verde hidropónico es de alta calidad por el aporte de niveles óptimos de energía, vitaminas y minerales.

## CONCLUSIONES

El invernadero brinda condiciones adecuadas para el buen desarrollo de la producción de germinados, y producir en más cantidad por superficie que en el campo abierto. Además, el rendimiento por unidad de superficie y lote de producción es de 4 a 5 veces más.

El sistema de riego utilizado es por microaspersión, permitió uso más eficiente del agua. La producción en el invernadero puede ser cualquier época del año, sin importar si es invierno o verano, por tener para invierno su propia calefacción y para el verano ventilación y enfriamiento. Los germinados obtenidos son de buena calidad, libre de daños físicos por elementos ambientales como la lluvia, granizadas, heladas etc.

En el grupo de animales alimentado con germinado se observó una pérdida de peso, pero insignificante, igual que el crecimiento de la longitud de mecha comparado con los alimentados sin el germinado. En momentos de escasez de forraje de alfalfa o de avena, es recomendable la producción de forraje verde hidropónico germinado de cebada que se puede elaborar todo el año. Los cambios de alimentación en las alpacas no deben ser bruscos, porque son muy susceptibles, tienen que adaptarse poco a poco a la nueva alimentación. Además, se debe aplicar registro de control y de monitoreo diario, para hacer un programa de alimentación.

Al suministrar forraje verde hidropónico de cebada agregar siempre un alimento seco, puede ser alimento formulado o granos, no es recomendable solo germinado por el alto contenido de agua porque afectar en el peso vivo. La cosecha debe realizarse a los 15 días, después de esto comienza a amarillarse y tener problemas fitosanitarios y días antes el forraje está muy verde, que puede producir enfermedades digestivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C., Avendaño-Arrazate, C., Corrales-Lerma, R., Villarreal-Guerrero, F., & Gil-Vega, K. (2022). Variabilidad Fenotípica Y Genética Inducida Mediante Irradiación Gamma En Pasto Garrapata *Eragrostis superba*(PEYR.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(1), 55-64. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/45-1/6a.pdf>
- Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). Cultivo en hidroponía - Modificación artificial del ambiente de cultivos protegidos. Editorial de la Universidad de la Plata. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Estupiñán, J., Domínguez, J., Barcos, I., Macías, J., & Moreno, N. (2021). Neutrosophic K-means for the analysis of earthquake data in Ecuador. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44(1), 1-9. [https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1877&context=nss\\_journal](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1877&context=nss_journal)
- Guerrero, L., Apráez, E., & Calderón, D. (2017). Valoración nutricional y productiva de diferentes granos de cereales germinados. *Agro sur*, 45(2), 11-19. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v45n2/art02.pdf>
- Gutiérrez, O., & Sánchez, M. (2012). Automatización de un sistema invernadero con hidroponía. (tesis de grado de la Universidad Nacional Autónoma de México). <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1563/Tesis.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, J., Escobar, I., & Castilla, N. (2001). La radiación solar en invernaderos mediterráneos (Vol. 157, pp. 18-27). *Caja Rural*. [http://www.horticom.com/pdf/h157\\_8.pdf](http://www.horticom.com/pdf/h157_8.pdf)
- Iglesias, N., & Muñoz, A. (2007). Comparación de la transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en invernaderos del norte de la Patagonia. *Horticultura Argentina*, 26(60), 10-16. <https://www.horticulturaar.com.ar/es/pdf/10/comparacion-de-la-transmision-de-la-radiacion-fotosinteticamente-activa-par-en-invernaderos-del-norte-de-la-patagonia.pdf>
- López, A., Hernández, L., & Iglesias, C. (2007). Selección varietal participativa para el mejoramiento de la yuca con agricultores en la región Caribe colombiana: desarrollo de una metodología. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 31-41. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5624669.pdf>
- Martínez-Cruz, M., Ríos-Labrada, H., Ortiz-Pérez, R., Miranda-Lorigados, S., Acosta-Roca, R., Moreno-Moreno, I., Ponce-Brito, M., Fé-Montenegro, C. F. D. I., & Martín, L. (2017). Metodología del Fitomejoramiento Participativo (FP) en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 132-138. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n4/ctr18417.pdf>
- Morales, D., Jiménez, L., Burneo, J., & Capa, E. (2020). Producción De Forrajes De Avena Y Trigo Bajo Sistemas hidropónico Y Convencional. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-16. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1386/723>
- Ramírez, J., Leyva, M., Morejón, M., & Olivera, D. (2016). Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(4), 28-42. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v10n4/rcci03416.pdf>
- Samperio-Ruiz, G. (2008). Perennial Production of Green Hydroponics Forage. In *International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics* 843(1), 241-248.
- Serrano, Z. (2005). Construcción de invernaderos. Editorial Mundi-Prensa. 3a edición. <https://books.google.com.pe/books?id=Glip3Q7T9mEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Shimada, A., & Ávila, E. (1981). El valor nutritivo del triticale como alimento potencial para el hombre y los animales. *Investigación nacional. Ciencia Veterinaria*, 3(1), 355-357. <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol3/CVv3c11.pdf>
- Taleizadeh, A., Hazarkhani, B., & Moon, I. (2020). Joint pricing and inventory decisions with carbon emission considerations, partial backordering and planned discounts. *Annals of Operations Research*, 290(1), 95-113. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-018-2968-y>