

Ciclo de Conferencias virtuales SOMEVE en Grandes Animales 2020

Forraje verde hidropónico: forraje verde siempre

Hydroponic green forage: always green forage

Verónica De Luca Sarobe

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Nutrición Animal
Chorroarín 280. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

e-mail: vdeluca@fvvet.uba.ar

Se espera en el futuro una mayor producción de productos ganaderos para alimentar a la creciente población mundial y en este sentido la producción de forrajes de pastoreo es crucial, la alimentación con forrajes verdes mejora los productos pecuarios^{1,2}. El crecimiento y el valor nutritivo de los pastos es muy variable, tanto intra como entre años, de modo que el forraje disponible para el ganado suele variar ampliamente en calidad y cantidad aumentando las restricciones de la ganadería^{3,4}. Cuando se hace referencia a forrajes verdes para la producción animal, no se deben omitir las limitaciones a las que se enfrentan muchas veces muchos productores: pequeñas propiedades de tierra, falta de disponibilidad de tierra para cultivo de forrajes, escasez de agua o agua salina, falta de disponibilidad de semillas forrajeras de buena calidad, mano de obra, fertilizantes, periodo de crecimiento largo (45-60 días), condiciones climáticas adversas, entre otras, todas cuestiones que hacen de la hidroponía una tecnología alternativa para la producción de forrajes⁵⁻⁷.

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

La hidroponía es una técnica agrícola importante que se utiliza actualmente en muchos países. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define al forraje verde hidropónico (FVH) como una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida en condiciones controladas de humedad, luminosidad y temperatura, a partir del crecimiento temprano de plántulas originadas de semillas viables⁷. Brevemente, el forraje producido por este método hidropónico es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal con excelente palatabilidad. Ofrece una producción sostenible de forraje durante todo el año y conserva agua, requiere mínima mano de obra para su producción y no se utilizan pesticidas.

La producción de forraje verde hidropónico se puede realizar en lugares donde no es posible la agricultura. No se requieren grandes extensiones de tierra, ni períodos largos de producción, ni formas de conservación y almacenamiento. No hay desperdicio de nutrientes ya que la masa forrajera producida mediante esta tecnología se consume en su totalidad, el follaje verde junto con los restos de semilla que hayan quedado y la raíz. El valor nutritivo puede variar con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha, son libres de gérmenes y podrían, por ejemplo, aumentar la producción de leche hasta en un 15% en una

granja lechera. Los sistemas de producción de FVH son complementarios (no competitivos) a la producción de forrajes convencionales a partir de especies adecuadas. El contenido en proteína, componentes estructurales, energía metabolizable y parámetros de fermentación ruminal, así como la alta producción de biomasa, le confieren a este tipo de forraje no convencional, características cualitativas deseables para la alimentación animal^{1,7-12}.

¿Cuándo, cómo y por qué sería oportuno incorporar forraje verde hidropónico en producción animal?

La respuesta tan amplia a este interrogante da noción de la versatilidad de su utilización. En situaciones restrictivas para el desarrollo de cultivos, Fuentes y col.¹³ han mostrado que es posible la producción de FVH como alternativa a la producción convencional de forrajes. Son varios los motivos por los cuales se deben buscar otras opciones para la producción de biomasa con alto contenido de proteína, que no se vea afectada por cambios climáticos y que no requieran grandes superficies⁶. Actualmente, la producción de FVH es una de las técnicas agrícolas más importantes en uso para la producción de forrajes verdes en muchos países, especialmente en las regiones áridas y semiáridas del mundo donde la sequía se extiende por varios meses y la falta de forraje verde se hace determinante en la producción ganadera.

Entre las ventajas eco amigables que ofrece esta tecnología se encuentra la mínima necesidad de agua para su producción. Hay autores que afirman que la producción de forraje verde hidropónico requiere alrededor del 2 al 3% del agua utilizada para producir la misma cantidad de forraje mediante el método convencional, el sistema hidropónico minimiza el desperdicio de agua ya que se aplica directamente a las raíces y a menudo se recicla y se usa varias veces^{5,14,15}. Así, el cultivo hidropónico proporciona una gran eficiencia tanto en la utilización del agua como en sus tiempos de producción, por cada kilo de materia seca obtenida en 14-15 días se produce un consumo total de 13-20 litros de agua y para producir un kilo de materia seca de forraje no hidropónico se necesitan 521 litros en la cebada, 635 litros en el caso de la avena, 505 litros en el maíz y 271 en el sorgo^{5,16}.

El forraje producido hidropónicamente requiere de un corto período de tiempo para alcanzar el desarrollo y crecimiento necesarios para convertirse en una opción nutricional. Lo que en el sistema hidropónico requiere 8 días para que se desarrolle una semilla, en el sistema convencional se necesitan al menos 45 días, la producción

de forraje se acelera hasta en un 25% al llevar los nutrientes directamente a las plantas sin desarrollar grandes sistemas de raíces para buscar alimento¹⁴. En la literatura se encuentran algunas diferencias respecto al día de cosecha del FVH, pero en gran medida estas diferencias se deben a que el día 0 desde el cual se comienzan a contar los días de crecimiento son tomados de diferente manera, como veremos más adelante, serán diferentes según se comience a contabilizar desde el comienzo del remojo, desde el día de siembra o desde el día en que comienza a verse la raicilla. En nuestra experiencia, para la producción de FVH de avena, contabilizamos desde el día en que se ponen las semillas en remojo y se cosechará luego de 16 a 18 días de crecimiento¹⁷. Por otra parte, algunos autores consideran que el crecimiento puede acelerarse si se incluyen en el riego macro y micronutrientes⁵.

En condiciones naturales, el suelo actúa como un depósito de nutrientes minerales, pero el suelo en sí no es esencial para el crecimiento de las plantas. La tecnología utilizada para la producción de FVH permite independizarse del suelo y producir en altura, en estanterías que aumentan considerablemente la superficie aprovechable^{5,7}. Es así como, los sistemas hidropónicos, requieren mucho menos espacio respecto a la superficie a utilizar para su producción, por ejemplo, se necesita un área de 150 metros cuadrados para producir 1000 kg de masa vegetal por día contra 2 a 12 hectáreas de tierra que son necesarias en un sistema convencional, sumado, como se manifestó anteriormente, al ahorro de agua de aproximadamente un 95%^{8,15}. Además, hay autores que han observado que el rendimiento de forraje hidropónico de maíz en base fresca es 5 a 6 veces mayor que el obtenido en una producción agrícola tradicional y es más nutritivo¹⁸.

Respecto a la inocuidad, es máxima en el FVH, a diferencia de la agricultura tradicional al aire libre la cual debe depender de herbicidas, fungicidas y/o insecticidas para una producción óptima. El FVH se cultiva en un ambiente controlado, sin suelo y, por lo tanto, sin enfermedades transmitidas por el suelo, sumado el corto período de tiempo en el que se produce, no es necesario el uso de agroquímicos.

¿Cómo producir FVH?

Son varias las publicaciones donde se hace referencia de la técnica de producción de FVH y es factible encontrar variaciones entre ellas en algunos aspectos; a continuación, trataré de unificar las coincidencias y puntualizar las diferencias remarcando la metodología utilizada en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires.

La técnica de producción de FVH es simple, accesible, versátil. Se considera que es una tecnología de bajo costo económico y que puede ser realizada tanto a baja como a gran escala. Si bien existen sistemas hidropónicos comerciales totalmente automatizados que requieren de una alta inversión inicial, también hay sistemas hidropónicos de bajo costo que se desarrollan utilizando la infraestructura disponible localmente. Es así como podemos observar dos extremos en la escala de complejidad del sistema con muchos intermedios: por un lado, la producción a pequeña escala que no requiere equipamiento especial, y por el otro, los diseños comerciales con gran capacidad de producción de forraje, donde las unidades productivas son construcciones cerradas más sofisticadas, generalmente con luz artificial, en donde se busca mantener temperatura de 18 a 25°C, buena ventilación y humedad relativa entre 65 y 70%^{5-7,10,13}.

Selección de la semilla: Las semillas deben ser

sometidas a una prueba de germinación para comprobar su viabilidad antes de ser utilizadas. El porcentaje de germinación de la semilla está dado por la relación entre el número de semillas sembradas y germinadas, el mismo no debe ser inferior al 75%. Una vez seleccionada la semilla a utilizar y, previo a comenzar con la técnica, se eliminarán los granos rotos y los materiales extraños que pueden afectar el desarrollo del cultivo, ya que pueden provocar la pudrición y la propagación de enfermedades.

Desinfección e hidratación de las semillas: La hidratación de la semilla es fundamental para activar el proceso germinativo, pero, antes de comenzar con la etapa de remojo, las semillas seleccionadas deberán ser desinfectadas mediante su inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1% entre 30 segundos y 3 minutos^{5,7}. Este tratamiento con hipoclorito de sodio es fundamental para evitar el crecimiento de hongos durante la etapa de producción del forraje. Es un paso que se realiza, según el manual técnico de la FAO⁷, previo al remojo, sin embargo, hay autores que lo estarían realizando posteriormente a las 24 h de remojo⁵, una metodología menos práctica.

Luego de la inmersión en la solución de hipoclorito de sodio, las semillas serán muy bien enjuagadas con agua limpia para evitar que quede algún resto del desinfectante, tras lo cual comenzará el período de remojo o inducción de la germinación. Esta etapa se realizará en un balde con agua limpia durante 24 h, aproximadamente un litro de agua por kilo de semilla. Algunos autores sugieren a las 12 h un oreo de la semilla durante una hora⁵, en nuestro establecimiento realizamos el remojo durante 24 h corridas sin el oreo intermedio¹⁷.

Se encuentra en la literatura discrepancias respecto a la concentración del hipoclorito de sodio y el tiempo de imbibición para la desinfección. Como ejemplo hay autores como Al-Karaki y col.¹⁵ que sugieren la desinfección de las semillas sumergiéndolas durante 30 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 20% para controlar la formación de moho y proponen el remojo en agua corriente durante la noche (aproximadamente 12 h) antes de sembrar; en el caso de Blanco-Capia y col.¹⁹ proponen también sumergirlas durante 30 minutos, pero en una solución al 1% para luego realizar el remojo durante 24 h o Dung y col.¹ quienes sumergieron las semillas en una solución de hipoclorito de sodio 0,1% durante 4 h.

En la bibliografía se puede encontrar que el remojo se realiza volcando las semillas directamente en el recipiente con agua, y previo a la siembra es necesario eliminar las semillas que no germinaron (inviables), que son aquellas que flotan en el agua. En nuestra experiencia hemos notado que muchas de las semillas que flotan suelen ser viables, por lo tanto, no las excluimos y optimizamos la metodología poniendo las semillas necesarias para cada bandeja por separado dentro de bolsas de tela plastillera o media sombra, esta tela permite el ingreso del agua para el remojo y se facilita luego el escurrido y posterior siembra.

Densidad de siembra: La técnica básica consiste en germinar en bandejas, semillas de cereales en altas densidades. Analizando la literatura se observa que son muy variadas las propuestas respecto a la densidad de siembra. El manual de FAO⁷ propone, a modo orientativo, una densidad de siembra de 2,2 a 3,4 kg/m², sin superar 1,5 cm de altura en la bandeja. En la Tabla 1 se encuentran distintas propuestas de densidades de siembra para diferentes semillas. Nuestra experiencia indica que por cada 1 - 1,2 Kg de semillas de avena sembradas en bandejas de 58.5 cm x 43 cm (0,25 m²), se obtienen aproximadamente 5 Kg de FVH a los 16 días desde el remojo inicial, la densidad de siembra es de entre 4 y 4,8 kg/m²¹⁷.

Tabla 1: Densidades de siembra utilizadas para la producción de FVH según distintos autores.

Semilla forrajera	Densidad de siembra (kg/m ²)	Cita bibliográfica
Trigo, avena, cebada, centeno y triticale	2,5 a 2,9	Abarca Reyes y col., 2016 ⁵
Maíz	4,1 a 5	Abarca Reyes y col., 2016 ⁵
Maíz	3,5	García-Carrillo y col., 2013 ²¹
Maíz	7,6	Naik y col., 2014 ¹⁸
Trigo	4,7	Sánchez del Castillo y col., 2013 ¹⁰
Avena	6,4	Fuentes y col., 2011 ¹³
Avena	4 a 4,8	Esmoris y col., 2016 ¹⁷
Trigo y avena	2,5 a 5	Cerrillo Soto y col., 2012 ¹¹
Cebada	3,5	Sánchez del Castillo y col., 2013 ¹⁰
Cebada	3,6	Abouelezza y col., 2019 ³⁴
Cebada	6,7	Dung y col., 2010 ¹
Cebada	10	Blanco-Capia y col., 2019 ¹⁹
Sin determinar	2,2 a 3,4	FAO, 2001 ⁷

Siembra en bandejas: Luego de transcurridas las 24 h de remojo/hidratación inicial, las semillas pregerminadas serán esparcidas en bandejas de siembra limpias y desinfectadas, formando una capa homogénea de no más de 1,5 cm de altura. Para germinar, las semillas necesitan principalmente humedad, temperatura estable y oscuridad para lo cual se procederá a colocar encima de ellas un papel de diario, húmedo, rociando el papel diariamente para mantener tales características. Este conjunto de bandeja, semilla y papel será cubierto por un plástico de color negro, deben estar en semioscuridad hasta la brotación, una vez que la semilla brota, aproximadamente a las 48-72 h, se saca el papel y el plástico. Las bandejas de siembra tienen perforaciones en su base para permitir

el drenaje del exceso de agua del riego. En las Figuras 1 y 2 se puede observar las semillas de avena con brotes incipientes y a los 5 días de siembra respectivamente.

Riego: idealmente se realiza mediante aspersión cada 3 o 4 h, durante un minuto cada vez. La técnica es tan adaptable a cualquier situación que el riego puede ser realizado con aplicadores manuales o mediante aspersores conectados a una fuente de agua. La cantidad de veces por día dependerá de la época del año, temperatura y humedad ambiente.

Según sugerencia del manual técnico de FAO⁷, el riego se realiza por aspersión o pulverización (también por goteo); los primeros 4 días: no más de medio litro de agua por m²; luego ir aumentando hasta llegar a 0,9 – 1,5 l/m².

**Figura 1:** Semillas de avena post remojo con brote incipiente, día 3.**Figura 2:** Forraje verde hidropónico de avena, día 5.

Las cantidades de agua se dividirán en varias aplicaciones, entre 6 y 9, y cada una de ellas no durará más de 2 min⁷.

Para el riego existe la posibilidad de utilizar soluciones ricas en nutrientes, sin embargo, esta solución nutritiva no es imprescindible y se puede utilizar solo agua^{4,7}. Es de destacar que se ha observado un aumento del crecimiento vegetativo (altura de la planta) cuando la aspersión se realiza con solución nutritiva a partir del día 8⁶; sin embargo, Ramírez Víquez y Soto Bravo²⁰ al evaluar el efecto de la nutrición mineral aplicada mediante solución nutritiva, sobre el crecimiento, la producción y la composición de nutrientes minerales en FVH de maíz concluyeron que no es necesaria la utilización de soluciones nutritivas para su producción. En nuestra experiencia, al igual que Abarca y col.⁵ y García-Carillo y col.²¹, sólo hemos utilizado agua teniendo en cuenta que la cosecha deberá realizarse, a partir del remojo, entre el día 16 y 18. Hasta este momento la planta tiene la energía suficiente para su desarrollo y



Figura 3: Forraje verde hidropónico de avena, día 16.

el suministro de agua, a través del riego por aspersión, es suficiente para el crecimiento del forraje obteniendo un alimento orgánico e inocuo^{5,17,21}.

Cosecha: Es muy importante respetar el día de la cosecha, en nuestra experiencia al FVH de avena lo cosechamos entre los días 16 y 18 (Figura 3). A diferencia del forraje convencional, el FVH no requiere de cortes, la entrega a los animales es total incluyendo las raíces, restos de semillas y follaje verde (Figura 4).

Se debe respetar el día de cosecha dado que los resultados adversos de los granos germinados se atribuyeron o, a una germinación insuficiente, o a una brotación excesiva que produce o una calidad nutricional pobre o un amargor indeseable para el consumo por parte de los animales respectivamente²².

En un estudio, comparando la utilización de diferentes especies forrajeras, los autores concluyen que el cultivo de cebada se considera la mejor opción que se puede utilizar



Figura 4: Cabras consumiendo forraje verde hidropónico de avena.

para la producción de FVH con menor consumo de agua¹⁵.

Cambios que se producen luego del germinado de la semilla

Se pueden utilizar diferentes cereales para la producción de forrajes, los cuales presentarán cambios químicos y estructurales a lo largo del proceso productivo. En principio, en las semillas, la activación de las enzimas se considera necesaria para la hidrólisis de las proteínas, carbohidratos y lípidos a sus formas más simples, aumentando las concentraciones de aminoácidos, azúcares solubles y ácidos grasos respectivamente¹. La actividad enzimática es máxima hasta el día siete de crecimiento del FVH. Los brotes son ricos en antioxidantes, especialmente en forma de β -caroteno²³.

Durante el remojo hay ganancia de humedad principalmente debido a la imbibición de agua y en la germinación las semillas pierden materia seca ya que utilizan sus propias reservas de energía para crecer, los cambios ocurren como resultado de la actividad enzimática²³. Chavan y Kadam²⁴ afirman que el peso seco original de la semilla disminuye durante el remojo y los procesos posteriores de brotación debido a la lixiviación de materiales y a la oxidación de sustancias de la semilla. Cuando las semillas se remojan los solutos se filtran, la fuga es más rápida al inicio de la imbibición y se detiene aproximadamente después de un día.

Se ha observado que no es posible aumentar el contenido

de materia seca de los cultivos en un ciclo de crecimiento corto (7 días). Luego, los brotes pueden recuperar algo de peso en materia seca con la absorción de minerales y una fotosíntesis efectiva. Dung y col.¹ determinaron el perfil de nutrientes de los brotes hidropónicos de 7 días y lo compararon con el grano original. Observaron que, cuando el contenido de almidón disminuye, tanto el contenido de materia orgánica como el de materia seca disminuyen y proporcionalmente se observa aumento de proteína cruda y minerales por unidad de materia seca. El proceso de germinación cataboliza el almidón en azúcares solubles para ser utilizados por la planta, esto lleva a que, en base a materia seca, el valor energético de los brotes a los 7 días sea menor que el de los granos. Sin embargo, a medida que la planta crece, más allá de los 7 días, el extracto etéreo del forraje hidropónico aumenta debido al incremento de los lípidos estructurales y la clorofila, también aumenta la concentración de ácido linoleico. Se ha observado que el proceso germinativo altera el perfil de aminoácidos de las semillas de maíz y aumenta el contenido de proteína cruda del forraje hidropónico²⁵. Acompañando el desarrollo de la plántula, los carbohidratos estructurales aumentan la fibra cruda, la fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido, pero disminuye el extracto libre de nitrógeno. Morgan y col.²⁶ encontraron que el contenido de cenizas y proteínas de los brotes aumentó a partir del día 4, que se corresponde con la extensión de la radícula, lo que permite la absorción de minerales. La absorción de nitratos facilita el

metabolismo de compuestos nitrogenados de las reservas de carbohidratos, aumentando así los niveles de proteína bruta. El crecimiento de las raíces aumenta la absorción de minerales, por lo que el proceso de germinación aumenta el contenido total de cenizas y aumentará más si se utilizan soluciones nutritivas^{1,23}.

Las semillas contienen ácido fítico, cuyo nivel disminuye cuando se produce el germinado, así, la germinación aumenta la disponibilidad de fósforo, calcio y hierro en los brotes gracias a las fitasas que eliminan el efecto del ácido fítico. Las fitasas degradan los compuestos de fitatos y liberan minerales mejorando de esta manera la biodisponibilidad mineral en el animal que lo consume. La germinación también neutraliza a los inhibidores de interés en nutrición animal como el inhibidor de antitripsina que se encuentra en el poroto de soja. Las enzimas liberadas durante la germinación, al actuar como catalizadores biológicos, también colaboran con las enzimas digestivas favoreciendo la digestión de proteínas, grasas y carbohidratos, sin embargo, hay que tener en cuenta que esta característica es mayor desde la germinación y hasta el día 7^{1,4}.

Utilización de FVH en producción animal

Los bancos de forrajes generalmente se refieren a un área de tierra relativamente pequeña donde se concentran recursos limitados para producir un suplemento de alta calidad para los pastos base de peor calidad en el sistema, o para llenar un vacío estacional en la masa de forrajes. Este concepto de bancos de forrajes ha evolucionado al concepto de banco de proteínas a partir de distintas estrategias de gestión implementadas en zonas geográficamente menos favorecidas para la producción forrajera²⁷.

- **Bovinos:** La proteína cruda es a menudo el factor limitante para mejorar el rendimiento de los novillos en pastoreo²⁷, en este sentido, el FVH ofrece buen aporte de nitrógeno sin la necesidad de utilización de fertilizantes y un mejor valor nutritivo al mejorar la digestibilidad de la materia seca y de la proteína cruda respecto al forraje convencional^{5,7}. También se ha observado efecto asociativo positivo en un estudio realizado con bovinos de leche, el mismo indica que se mejora la digestibilidad del concentrado y de la paja cuando se realiza la suplementación con FVH⁹. En vacas Holstein, Kim y col.²⁸ recomiendan la utilización de una mezcla de germinado hidropónico de cebada con concentrado para obtener

una ingesta óptima de materia seca y un alto rendimiento animal. Naik y col.¹⁸ luego de utilizar FVH de maíz en vacas lactantes muestran que aumentó la digestibilidad de los nutrientes y la producción de leche.

- **Ovinos y caprinos:** Sánchez del Castillo y col.¹⁰ encontraron en el uso de forraje verde hidropónico de trigo en la alimentación de borregos una alternativa técnica y económicamente viable en relación a otros tipos de dieta. En una experiencia realizada con ovejas Awassi lactantes, Abd Rahim y Omar²⁹ observaron que el FVH de cebada puede reemplazar el forraje regular en las raciones de lactancia como parte del total de raciones mixtas. No sólo no observaron efectos negativos sobre las condiciones corporales y la productividad de la oveja, sino que además pudieron lograr una reducción significativa en el costo del alimento cuando se alimentan con raciones a las que se les incorporó el FVH. García-Carrillo y col.²¹ lograron aumentar en un 16% la producción caprina de leche de buena calidad cuando suplementaron con FVH de maíz a cabras Saanen en producción. En cabras cruza criolla x Nubian, Arias y col.³⁰ observaron que la inclusión de FVH en sus dietas provoca un efecto aditivo, mejorando la degradabilidad ruminal de reservas forrajeras de baja calidad, la digestibilidad total aparente y por ende el consumo total de materia seca, convirtiéndose así en una opción válida para la alimentación de estos animales.

- **Porcinos:** Respecto a la inclusión de forraje verde hidropónico de maíz en la dieta de porcinos, un estudio³¹ muestra que mejoró el rendimiento productivo de lechones destetados y la digestibilidad de los nutrientes, en tanto que otro estudio muestra un aumento en la ganancia de peso en cerdos de engorde³².

- **Aves:** Alinaitwe y col.³³ han investigado la incorporación de FVH de cebada en la dieta de pollos Kuroiler y observaron el aumento en la tasa de crecimiento con un menor costo de producción por kilogramo de carne producida. También fue estudiada la utilización de este forraje en producción de codornices³⁴, cuando además del alimento de base les ofrecieron *ad libitum* FVH se observó en estas un aumento significativo en la tasa de puesta de huevos, en los pesos relativos de mollejas y testículos, en la fertilidad y en el número de pollitos nacidos.

CONCLUSIÓN

La sostenibilidad describe una condición en la que los sistemas naturales y los sistemas sociales sobreviven y prosperan juntos de forma indefinida. La producción de FVH es una buena alternativa de producción sostenible para la nutrición animal, se logra mediante una tecnología que podría desarrollarse localmente y que es amigable con el medio ambiente, se conserva agua y recursos naturales, se protege a ríos y fuentes de agua de fertilizantes.

La técnica de producción de FVH forma parte de los métodos y tecnologías que pueden contribuir a mejorar la eficiencia y la productividad en el uso del agua. Los sistemas de producción se presentan de diversas formas y tamaños y pueden adaptarse a la restricción de recursos físicos que se presentan en determinados contextos. Esta

tecnología evita los riesgos del cambio climático en la disponibilidad de agua y suelo y puede ser de utilidad para los agricultores por su baja necesidad de mano de obra y su bajo costo de mantenimiento. La mayor debilidad a la que se podrían enfrentar es a la inversión de capital inicial la cual puede ser de mayor o menor envergadura. La tecnología de producción de forrajes hidropónicos es sostenible desde las perspectivas de energía, medio ambiente, economía y equidad.

La germinación de granos se puede utilizar de manera ventajosa, ya que ha dado como resultado no solo un aumento de la cantidad de proteínas sino también de la calidad, considero que la de FVH podría formar parte de los llamados bancos de proteínas dados los pocos recursos que son necesarios para producir un suplemento de alta calidad proteica.

REFERENCIAS

- Dung D, Godwin I, Nolan J. Nutrient Content and *in sacco* Digestibility of Barley Grain and Sprouted Barley. *J Anim Vet Adv* 2010; 9(19): 2485-2492.
- Phillips WA, Horn GW, Cole NA. The relevancy of forage quality to beef production. *Crop Science*. 2011; 51: 410-419.
- Bowen MK, Chudleigh F, Buck S, Hopkins K. Productivity and profitability of forage options for beef production in the subtropics of northern Australia. *Anim Prod Sci* 2018; 58: 332-342.
- Girma F, Gebremariam B. Review on Hydroponic Feed Value to Livestock Production. *J Sci Innov Res* 2018; 7(4): 106-109.
- Abarca Reyes P, Aguirre Aguilera C, Carrasco Jiménez J. Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura. *Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. 2016. (consultado 11 de enero 2021) Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6483>
- Suárez Rivero D, Sua Villamil A, Marín Mahecha O, Mejía Terán A, Suárez Rivero M, Santis Navarro A. Evaluation of the effect of two types of fertilizer on the growth, development and productivity of hydroponic green forage oat (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) as a biomass source. *Chem Eng Trans* 2016; 50: 385-390.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manual Técnico. Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile 2001.
- Uddin MT, Dhar AR. Socioeconomic analysis of hydroponic fodder production in selected areas of Bangladesh: prospects and challenges. *SAARC J Agri* 2018; 16(1): 233-247.
- Naik PK, Swain BK, Singh NP. Production and Utilization of Hydroponics Fodder. *Indian J Anim Nutr* 2015; 32(1):1-9.
- Sánchez Del Castillo F, Moreno Pérez E, Contreras Magaña E, Morales Gómez J. Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *Rev Chapingo Ser Hortic* 2013; 19 (4): 35-43.
- Cerrillo Soto MA, Juárez Reyes AS, Rivera Ahumada JA, Guerrero Cervantes M, Ramírez Lozano RG, Bernal Barragán H. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia* 2012; 37 (12): 906-913.
- Pandey HN, Pathak NN. Nutritional evaluation of artificially grown barley fodder in lactating crossbred cows. *Indian J Anim Nutr* 1991; 8 (1): 77-78.
- Fuentes F, Poblete C, Huerta M, Palape I. Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *Idesia (Arica)* 2011; 29(3):75-81.
- Shit N. Hydroponic fodder production: an alternative technology for sustainable livestock production in India. *Explor Anim Med Res* 2019; 9 (2): 108-119.
- Al-Karaki GN, Al-Hashimi M. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy* 2012; Article ID 924672, 5 p.
- Carámbula M, Terra J. Las Sequías: Antes, durante y después. *INIA Boletín de divulgación*; 2000; 74, 133 p. Montevideo, Uruguay. ISBN: 9974-38-1 16-9
- Esmoris S, Lemos I, Esmoris J, Zarazola A, Callaey A, Esperanza J y col. Forraje verde siempre. Primeras Jornadas de Extensión Universitaria. Organizadas por la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad de Buenos Aires. Facultad de Odontología, UBA. 2016.
- Naik PK, Dhuri RB, Karunakaran M, Swain BK, Singh NP. Effect of feeding hydroponics maize fodder on digestibility of nutrients and milk production in lactating cows. *Indian J Anim Sci* 2014; 84: 880-883.
- Blanco-Capia L, Colque-Pérez H, Rosales-Mendoza M. Producción de forraje verde hidropónico versus geopónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en ambientes controlados. *J Selva Andina Biosph*. 2019; 7(2):109-117.
- Ramírez Viquez C, Soto Bravo F. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense* 2017; 41(2): 79-91.
- García-Carrillo M, Salas-Pérez L, Esparza-Rivera J, Preciado-Rangel P, Romero-Paredes J. Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agron Mesoam* 2013; 24(1):169-176.
- Fafiolu AO, Oduguwa OO, Ikeobi CON, Onwuka CFI. Utilization of malted sorghum sprout in the diet of rearing pullets and laying hens. *Arch. Zootec*. 2006; 55, 361-371.
- Sneath R, McIntosh F. Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Queensland Government, Department of Primary Industries, Dalby, Queensland. 2003. (consultado 11 enero de 2021) Disponible en: <https://www.mla.com.au/research-and-development/reports/2003/review-of-hydroponic-fodder-production-for-beef-cattle/#>
- Chavan JK, Kadam SS. Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1989;28(5):401-37.
- El-Morsy ATM, Abul-Soud S, Emam MSA. Localized hydroponic green forage technology as a climate change adaptation under Egyptian condition. *Research J Agric & Biol Sci* 2013; 9: 341-350.
- Morgan J, Hunter RR, O'Haire R. Limiting factors in hydroponic barley grass production. In: *Proc. 8th International Congress on Soilless Culture*. Hunter's Rest, South Africa, 1992; pp: 241-261. Citado por: Naik PK, Swain BK Singh NP. Production and Utilization of Hydroponics Fodder. *Indian J. Anim. Nutr.* 2015; 32(1):1-9.
- Baxter LL, West CP, Brown CP, Green PE. Stocker Beef Production on Low-Water-Input Systems in Response to Legume Inclusion: I. Forage and Animal Responses. *Crop Science* 2017; 57: 2294-2302.
- Kim TI, Lim DH, Lee HJ, Park SM, Kim YJ, Choi HC y col. Effects of Replacing Corn with Hydroponically Sprouted Barley on the Growth Performance and Blood Metabolite Status of Holstein Dairy Heifers. *Appl. Sci.* 2020; 10, 7442; doi:10.3390/app10217442
- Abd Rahim MA, Abo Omar J. The Biological and Economical Feasibility of Feeding Barley Green Fodder to Lactating Awassi Ewes. *OJAS* 2015; 5: 99-105.
- Arias R, Muro M, Boccanera M, Trigo M, Boyezuk D, Cordioli C. Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruzadas criollas x Nubian. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 2019; Vol 118 (1): 133-140.
- Adebisi O, Adeola A, Osinowo OA, Brown D, Ng'ambi J. Effects of feeding hydroponics maize fodder on performance and nutrient digestibility of weaned pigs. *Applied Ecol Environ Res* 2018; 16(3): 2415-2422.
- Cisneros Saguilán P, Aniano Aguirre H, Martínez-Martínez R, Gómez Vázquez A, Maldonado Peralta M, Ayala Monter M. Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2020; publicación especial número 24 (15 de abril al 30 de mayo).
- Alinaitwe J, Nalule AS, Okello S, Nalubwama S, Galukande E. Nutritive and Economic Value of Hydroponic Barley Fodder in Kuroiler Chicken Diets. *IOSR - J Agric Vet Sci* 2019; 12 (2): 76-83.
- Abouelezz KFM, Sayed MAM, Abdelnabi MA. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. *Anim Feed Sci Techno* 2019; 252: 126-135.



Este artículo está bajo una Licencia Creative Commons.
Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 Internacional
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>