

## Factibilidad técnica y económica de la suplementación del ganado caprino con *Zea mays* L. hidropónico en Santa Elena, Ecuador

### Technical and economic feasibility of goat supplementation with hydroponic *Zea mays* L. in Santa Elena, Ecuador

Rosa Pertierra-Lazo<sup>1,2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8938-9849>, Carlos Balmaseda-Espinosa<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2436-7993>, Julio Villacrés-Matías<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0848-8293>

<sup>1</sup>Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Av. Principal Santa Elena-La Libertad, Santa Elena, Ecuador. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Correo electrónico: [rosa.pertierra@inia.cl](mailto:rosa.pertierra@inia.cl)

#### Resumen

**Objetivo:** Valorar la factibilidad técnica y económica de la suplementación del ganado caprino con *Zea mays* L., cv. Trueno hidropónico en la provincia Santa Elena, en Ecuador.

**Materiales y Métodos:** Se evaluó el rendimiento anual de una nave con 104 m<sup>2</sup> productivos (cuatro pisos en 105 m<sup>2</sup> construidos) con distintas soluciones nutritivas y épocas de siembra. Con estos resultados se estimaron los ciclos de cosecha anuales para sostener el hato. Se compararon los retornos económicos de cuatro escenarios estimados para la región de Santa Elena: A) condiciones actuales reales de los tenedores de cabras (pastoreo extensivo), B) autofinanciamiento del total de la inversión; C) sin subsidio y una nave donada por algún organismo y D) solo un subsidio no reembolsable del 70 % de la inversión inicial.

**Resultados:** Las variables peso fresco, seco y porcentaje de materia seca del forraje hidropónico de maíz mostraron efecto significativo de la época de cultivo. No sería necesario adicionar fertilizante a la solución de riego. Los contenidos de proteína bruta fueron altos (15,7 y 18,5 %). La proyección financiera a cinco años, con una producción anual estimada de 14 643,2 kg de forraje verde hidropónico tuvo un costo de 1 521,50 USD y determinó un costo por kilo de forraje fresco producido de 0,11 USD. Los escenarios B a D, que incluyeron suplementación con forraje hidropónico, alcanzaron el doble de peso a la venta en 37 % del tiempo.

**Conclusiones:** La utilización del subsidio estatal no reembolsable, y más aún si se recibe el aporte de la infraestructura de la casa de cultivo daría un impulso a la producción caprina de la región y podría lograr el cambio de una cultura de tenedores de ganado caprino al obtener un beneficio/costo entre 1,04-1,68 (escenarios C y D).

**Palabras clave:** biomasa, cabra, inversiones, nutrición animal, *Zea mays*

#### Abstract

**Objective:** To evaluate the technical and economic feasibility of goat supplementation with hydroponic *Zea mays* L., cv. Trueno in the Santa Elena province, in Ecuador.

**Materials and Methods:** The annual yield of a shed with 104 m<sup>2</sup> productive (four floors on 105 m<sup>2</sup> built) with different nutritional solutions and planting seasons. With these results the annual harvest cycles to sustain the flock were estimated. The economic returns of four scenarios estimated for the Santa Elena region were compared: A) real current conditions of goat holders (extensive grazing), B) self-funding of the total investment, C) without subsidy and a shed donated by some organization and D) only one non-reimbursable subsidy of 70 % of the initial investment.

**Results:** The variables fresh weight, dry weight and dry matter percentage of the hydroponic corn forage showed significant effect of the cultivation season. It would not be necessary to add fertilizer to the irrigation solution. The crude protein contents were high (15,7 and 18,5 %). The financial projection to five years, with an estimated annual production of 14 643,2 kg of hydroponic green forage had a cost of 1 521,50 USD and determined a cost per kilo of produced fresh forage of 0,11 USD. The scenarios B to D, which included supplementation with hydroponic forage, reached twice the weight at sale in 37 % of the time.

**Conclusions:** The utilization of the non-reimbursable state subsidy, and even more if the contribution of the infrastructure of the greenhouse is received, would boost the goat production of the region and could achieve the change of a culture of goat holders by obtaining a benefit/cost ratio between 1,04 and 1,68 (scenarios C and D).

**Keywords:** biomass, goat, investments, animal nutrition, *Zea mays*

#### Introducción

La alimentación del ganado caprino, al igual que la de otras especies, debe estar compuesta por proteína, energía, minerales, vitaminas y agua, no

obstante sus requerimientos de fibra pueden ser superiores al 5 %, límite para la mayoría de los monogástricos (Meneses, 2017). Sin embargo, la alimentación en Santa Elena, Ecuador, es de baja

Recibido: 09 de junio de 2020

Aceptado: 16 de noviembre de 2020

Como citar este artículo: Pertierra-Lazo, Rosa; Balmaseda-Espinosa, C. & Villacrés-Matías, J.C. Factibilidad técnica y económica de la suplementación del ganado caprino con *Zea mays* L. hidropónico en Santa Elena, Ecuador. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):326-336, 2020.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

calidad, debido a que al no recibir alimentos balanceados ni pastos cultivados, el ganado se alimenta en un 99 % de residuos de cosecha de baja calidad nutricional y de plantas autóctonas que crecen de manera silvestre (Villacrés-Matías *et al.*, 2017).

Para estos rumiantes, el ramoneo es complementario a los pastos, especialmente durante la estación seca. Los arbustos proveen de la proteína, cuando los pastos disminuyen su disponibilidad por las bajas precipitaciones.

La proteína bruta en los arbustos es relativamente constante durante el año, y usualmente es más alta que en los pastos, pero la energía es más baja. No obstante, en un clima semiárido, como el de la Península de Santa Elena, donde la mayor parte del año se cuenta solo con vegetación arbustiva, mucha de ella leguminosa, esta constituye la fuente principal de nutrientes en el pastoreo. La calidad y la cantidad del forraje varía apreciablemente con el clima, y algunas veces conduce a una nutrición animal inadecuada (Meneses, 2017).

Los productores habitan comunidades ancestrales, donde se les asigna una pequeña superficie para estabular sus animales que pastorean las tierras comunales. El 50 % de los tenedores de ganado caprino poseen una superficie de terreno agrícola inferior a 0,4 ha, y solo 22 % posee terrenos propios. Cada productor tiene, como promedio, 14 animales, cuya alimentación se basa en residuos de cosecha y vegetación nativa, adquirida por las cabras al recorrer largas distancias. La producción de forraje en ambientes confinados y protegidos parece ser una buena alternativa. De los 497 capricultores encuestados para esta investigación, 42 % manifestó interés por estos sistemas productivos, es decir, 208 productores serían los potenciales destinatarios de esta técnica de producción (Villacrés-Matías *et al.*, 2017).

La construcción de un macrotúnel o invernáculo para la producción de forraje verde hidropónico (FVH) sería una herramienta valiosa para combatir las causas principales de las pérdidas de ingresos que tienen los productores de cabras de la provincia Santa Elena, aun cuando implica una gran inversión inicial y bajo costo de mantenimiento. Esto permite manejar forraje en bandejas de plástico en períodos cortos, de 12 a 14 días, así como producir en áreas reducidas sin el uso de suelo (Zagal-Tranquilino *et al.*, 2016). La precipitación en la provincia está alrededor de los 476,5 mm anuales (INAMHI, 2017), por lo que el agua es escasa. El déficit hídrico se suple con las aguas del trasvase Chongón-Colonche.

Para el FVH se pueden utilizar granos de trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum distichon* L.), centeno (*Secale cereale* L. ssp. *cereale*) o maíz (*Zea mays* L.). De estos, el que mejor se adapta a las altas temperaturas de la zona es el grano de maíz, que es el que más se utiliza por su disponibilidad (López-Aguilar *et al.*, 2009).

Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue valorar la factibilidad técnica y económica de la suplementación del ganado caprino con *Z. mays* hidropónico, en la provincia Santa Elena, en Ecuador.

## Materiales y Métodos

**Localización del ensayo.** Esta investigación se realizó en un invernadero de hierro galvanizado, de 20 m de largo y 10 m de ancho, con una cubierta de polietileno IR calibre 6 y malla sombreadora al 80 %, ubicada a 1 m sobre la cubierta plástica. Se encuentra localizado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (latitud sur: 2°13'56", longitud oeste: 80° 52'30").

**Condiciones climáticas.** La temperatura mínima media es de 20,7 °C y la máxima media de 27,3 °C. La humedad relativa es de 83,4 % y la pluviometría de 265 mm (INAMHI, 2017).

**Implementación de los ensayos.** El diseño de bloques completos al azar consideró para cada uno de los tres ciclos de producción de forraje tres tratamientos nutricionales, con seis repeticiones: agua (testigo), solución nutritiva Hoagland/Arnon y solución nutritiva Steiner. Cada ciclo de cultivo duró, aproximadamente, dos semanas, en las que se evaluaron semillas de maíz cv. Trueno. Para el análisis estadístico de comparación de épocas y formulación nutritiva, se realizó un análisis combinado. Para el ANOVA, con significancia de 95 %, se aplicó para variables paramétricas el test de F (medias) y para las no paramétricas (medianas), el de *Kruskall-Wallis*.

La calidad del agua no presentó restricciones, con valores de pH, CE y RAS de 7,2; 0,23 dS m<sup>-3</sup>; 0,32 meq L<sup>-1</sup>; respectivamente. Solo el bicarbonato resultó elevado, con 53,7 mg L<sup>-1</sup> (tabla 1).

Para la ejecución de los ensayos se utilizaron los siguientes materiales y equipos: a) un programador de riego con pulsos de riego de 3 min. cada 2 h, b) un sistema de riego por nebulizadores (54 unidades) con un caudal de 1 L min<sup>-1</sup>, c) estructuras metálicas de cuatro niveles, como soporte de las bandejas separadas a 40 cm entre sí; d) bandejas de

Tabla 1. Composición química de las soluciones nutritivas utilizadas en los tratamientos fertilizantes.

Formulación de soluciones nutritivas	Elementos químicos, m Mol L <sup>-1</sup>									
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>++</sup>
Requerimiento Hoagland y A.	15,00	2,00	1,00	0,00	0,00	4,00	2,00	6,00	0,00	1,00
Agua de riego <sup>‡</sup>	0,00	0,05	0,00	0,88	1,28	1,15	0,65	0,18	0,30	0,00
Aporte real	15,00	1,94	1,00	0,37	1,28	2,85	1,35	5,82	0,30	1,00
Requerimiento Steiner	12,00	3,50	1,00	0,00	0,00	4,50	2,00	7,00	0,00	1,00
Agua de riego <sup>‡</sup>	0,00	0,05	0,00	0,88	1,28	1,15	0,65	0,18	0,30	0,00
Aporte real	12,00	3,448	1,00	0,17	1,28	3,35	1,35	6,82	0,30	1,00

<sup>‡</sup>Análisis de laboratorio de INIAP, Pichilingue

plástico de 40 x 60 x 4 cm, con el borde inferior perforado cada 7 cm y agujeros de 6 mm de diámetro para el drenaje; e) mochila Jacto XP12-16-29 para la fertilización manual, que duró cinco días en cada ciclo de producción.

Cuatro bandejas equivalieron a 1 m<sup>2</sup>. Se sembró una dosis de 500 g de semilla seca, que una vez remojada durante 24 h aumenta su peso en 10 %. Así, la dosis de siembra por bandeja fue de 550 g de semilla remojada. La secuencia del cultivo se presenta en la tabla 2.

El pregerminado en la oscuridad se llevó a cabo en un túnel de polietileno negro de 0,2 mm de espesor. Una vez alcanzada una brotación de 4 cm de altura, se trasladaron las bandejas a la luz. Se alternaron períodos de agua y fertilizante, de acuerdo con el cronograma que muestra la tabla 2.

#### Variables evaluadas

*Rendimiento de forraje.* Para el rendimiento de forraje fresco se empleó una balanza marca BOECO BWL 61, con capacidad máxima de 6 kg y precisión de 0,1 g. El pesaje se realizó directamente a las bandejas con forraje, y posteriormente se restó el peso de la bandeja sola. Después se extrapola el

rendimiento a kilos por metro cuadrado, al considerar cuatro bandejas para 1 m<sup>2</sup>.

*Materia seca.* Con la finalidad de determinar el porcentaje de materia seca (MS), se tomaron 100 g de forraje fresco de la sección central transversal de la bandeja (apropiadamente de 5 cm de ancho). Se introdujeron en fundas de papel, secadas en estufa EquipLab, modelo GX125BE, durante 72 h, a 65 °C.

*Análisis proximal.* Se secó en estufa durante 72 h, a 65 °C, una muestra de 300 g de materia fresca, correspondiente a la siembra de mayo. Se tomó de la sección central de la bandeja de cada tratamiento. Posteriormente, se formó una muestra compuesta por todas las repeticiones de cada tratamiento para el análisis proximal: proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y ceniza (C). Este procedimiento se realizó en el laboratorio de nutrición de Santa Catalina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Quito) con la aplicación de los métodos AOAC. 2001.11. (PB), FOSS. Nota de Aplicación AN 3440, según 92/89 /EEC (FC) e ISO 6865; y AOAC 942.05 (C), descritos en la AOAC (1990). El dato promedio del contenido de proteína se usó para los cálculos de dieta de los caprinos.

Tabla 2. Secuencia de manejo diario del forraje verde hidropónico en el interior del invernadero.

Día	Etapa de producción
1	Selección de semillas
2	Remojo durante 24 h, a temperatura ambiente
3-6	Etapa de oscuridad - riego cada 2 h
6-9	Crecimiento a la luz - riego cada 2 h
10-14	Crecimiento a la luz - fertilización
15	Riego con agua - lavado
16	Día sin riego (24 h)
17	Cosecha (forraje apropiadamente de 20 cm de altura)

*Ración de alimento.* Las raciones se estimaron a partir de las necesidades energéticas de los caprinos (tabla 3), según el peso y la ganancia de peso deseada, de acuerdo con Elizondo-Salazar (2007).

Para el cálculo de la demanda total de FVH por animal durante su vida útil, se estimó un peso de nacimiento de 2 kg y a destete de 9 kg, con un período de tres meses. Durante esta etapa, la cría no consumió forraje, solo leche. A partir de ese momento, el consumo por animal se consideró en función de la ganancia de peso media diaria (GMD) y la demanda de energía metabolizable de acuerdo con el peso vivo. Se calculó el porcentaje de demanda de alimento con el aumento de peso, desde el destete a los 90 días (tabla 4). Estos porcentajes se aplicaron a la GMD en bloques cada 10 kg de peso vivo hasta llegar al peso de venta (Acosta-Lozano *et al.*, 2016).

Se asumió una meta de 140 g diarios como el 100 % de la máxima ganancia de peso esperada en cabras, según lo informado con FVH (López-Aguilar *et al.*, 2009). Los animales obtuvieron la energía de mantenimiento del pastoreo (3 a 5 h diarias).

La energía para engorde en los escenarios del análisis económico (explicitados más abajo) B, C y D se consideró con una ración de suplementación, que correspondió a 80 % del requerimiento como forraje hidropónico seco (14,8 % de MS). El 20 % restante del requerimiento energético se cubrió con la adición de bloque nutricional para abaratar costos, como recomiendan Vazquez-Mendoza *et al.* (2012). El bloque nutricional consistió en 40 % de fibra como polvillo de arroz (*Oryza sativa* L.), 30 %

de melaza y 30 % de sales. Su combinación aporta, aproximadamente, 270 g de proteína y 2,4 Mcal de energía metabolizable por kilogramo de MS (Vazquez-Mendoza *et al.*, 2012). El consumo de bloque nutricional correspondió a 4,0 g por kg de peso vivo, y aumentó con la edad del animal.

En el escenario A, en el manejo tradicional, no se aportó ninguna ración suplementaria a los animales. El consumo de agua se estimó en cinco veces el de alimento, ya que una cabra puede llegar a consumir de 5 a 10 L de agua al día, según la época del año y la intensidad del pastoreo (Nogues *et al.*, 2012).

*Análisis económico.* Para valorar la factibilidad de la producción de FVH, los cálculos económicos se hicieron sobre la base de un invernadero de caña guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), de 15 m de largo y 7 m de ancho, común en la zona de estudio, por lo que se consideró más adoptable por los tenedores locales de ganado.

En el análisis se tomaron los promedios de rendimiento y contenido de proteína del forraje, correspondientes a las distintas fechas de siembra: 1 de marzo, 22 de marzo y 2 de mayo de 2018.

La semilla procedió de material comprado directamente al productor, ya que no debía estar sometida a desinfección con pesticidas. Se valoró el equipamiento necesario para la producción del forraje: estanque de 500 L con agua o fertilizantes, programador de riego, nebulizadores, estructuras metálicas de cuatro niveles como soporte de las bandejas, bandejas de plástico con drenaje y bomba de mochila Jacto XP12-16-29.

Tabla 3. Requerimiento nutricional de proteína del ganado caprino, según edad y función en el hato.

Tipo animal	Composición hato, %	Peso vivo por animal, kg	Demanda de energía metabolizable, Mcal día <sup>-1</sup>		
			Mantenimiento	Crecimiento	Total animal
Hembras reproductoras	40	35	2,14	0,83	2,97
Hembras jóvenes	20	20	1,67	0,82	2,49
Crías	35	10	0,83	0,42	1,25
Machos	5	40	2,37	0,00	2,37

Fuente: Elizondo-Salazar (2007)

Tabla 4. Ganancia de peso media diaria, según días desde el destete de las cabras.

Porcentaje de ganancia de peso diaria							
30	60	90	120	150	180	210	240
65,0	80,0	92,0	96,0	100,0	96,0	92,0	85,0

Fuente: Adaptado de Acosta-Lozano *et al.* (2016)

Con la información de la inversión inicial, los ingresos producto de las ventas y los egresos se determinó el flujo de caja de la propuesta para cuatro escenarios:

- Condiciones actuales reales de los tenedores de cabras en la provincia Santa Elena
- Producción de FVH sin subsidio y financiamiento propio para la construcción de la nave
- Sin subsidio y una nave donada, al considerar que puede ser suministrada por algún organismo
- Producción de FVH con subsidio no reembolsable de 70 % de la inversión inicial y autofinanciamiento de la nave

Los resultados del flujo de caja para los cuatro escenarios se utilizaron para valorar la factibilidad financiera en un horizonte del proyecto de cinco años, en función de la relación beneficio/costo. Esta relación se determinó por el cociente entre el valor actual neto de los ingresos y la suma del valor actual neto de los egresos más la inversión inicial. Los valores actualizados se calcularon con la función financiera VNA del programa Microsoft Excel.

La tasa de descuento utilizada en los cálculos fue de 19,6 % (válida para el año 2018). Se determinó a partir de la tasa pasiva referencial (7,0 %), la inflación promedio de los últimos años (2,4 %) y el riesgo del negocio (10,0 %). Los valores entre paréntesis se corresponden con los utilizados en el país en marzo de 2020.

Para determinar los beneficios de la suplementación de alimento al ganado, con forraje hidropónico y bloque nutricional, se eligieron los indicadores productivos que se indican en la tabla 5, que se basan en la información bibliográfica de datos locales, informados

por Villacrés-Matías *et al.* (2017) y Chávez-García y Villacrés-Matías (2018).

En el modelo de demanda de forraje y productividad de carne se consideraron los ítems 2, 3, 6 y 9 de la tabla 5. Para el escenario A, se tuvieron en cuenta los datos de la actual Santa Elena, y para los escenarios B a D los de la condición ideal de pastoreo con suplementación (forraje hidropónico + bloque multinutricional).

El hato modelo considerado para el estudio fue de 20 animales: hembras reproductoras (8), hembras de reemplazo (4), macho (1) y crías (7). Se mantuvieron las proporciones indicadas en la tabla 3. Para el macho, se asumió que el pastoreo cubrió su requerimiento energético de mantención. Para las hembras adultas y de reemplazo, se suplementó la energía de producción desde los 32 kg. En estas últimas se suplementó además, desde los 20 kg (peso de adquisición) hasta los 32 kg.

Para las crías se calculó el requerimiento de forraje hidropónico en base seca hasta llegar al criterio de venta: 32 kg para los escenarios B, C y D, mientras que en el A fue de 16 kg. De las crías para el escenario actual Santa Elena, se vendieron las 12 nacidas al año (fuera del hato modelo) inmediatamente al destete. Mientras, para el ideal, los 19 nacidos al año (fuera del hato modelo). De estos, se vendió 1 al destete y 18 se pudieron engordar, según la disponibilidad de forraje producido.

Los costos de alimentación y precio de la carne se obtuvieron en el mercado local en dólares americanos (USD), en septiembre de 2018.

## Resultados y Discusión

*Rendimiento y materia seca.* Los resultados de peso fresco, seco y porcentaje de MS del FVH de *Z. mays* mostraron un efecto significativo de la época

Tabla 5. Análisis de los indicadores productivos de caprinos en Santa Elena (Ecuador) ante una condición ideal.

Item	Indicador	Ideal	Actual Santa Elena
1	Intervalos entre partos, meses	6,6	8
2	Partos por año	1,8	1,5
3	Crías por parto	1,4	1,4
4	Destete, meses	3	5
5	Pastoreo, h	3	5
6	Aborto %	5	26
7	Mortalidad de crías, %	10	40
8	Edad al mercado, meses	12	24
9	Peso final engorde, kg	32,1	16,1
10	Gasto energético, desplazamiento pastoreo, kcal día <sup>-1</sup>		87,7

Fuente: Villacrés-Matías *et al.* (2017) y Chávez-García y Villacrés-Matías (2018)

de cultivo (tabla 6). Al analizar el peso seco en las tres fechas de siembra evaluadas, el mayor rendimiento se alcanzó en la del 22 de marzo con valores alrededor de 355,5 g bandeja<sup>-1</sup>. Este ciclo duró 17 días, mientras que los otros 13 y 16 días, respectivamente. La duración del ciclo de crecimiento se relaciona, como para cualquier especie vegetal, con el clima reinante, especialmente con la temperatura y la radiación solar.

Sobre la base de esta experiencia se determinó que atrasar un par de días la fecha de cosecha es factible para llegar a un rendimiento superior, sin afectar la calidad. González-Días *et al.* (2015) indican que además, la variedad de semilla tiene efecto en el rendimiento del forraje hidropónico.

Para el estudio económico se consideró el peso seco del segundo ciclo de siembra, que proyectó un rendimiento de 1,30 kg de MS m<sup>-2</sup>, equivalente a 8,4 kg de MF m<sup>-2</sup>. Por tanto, en los 104 m<sup>2</sup> productivos efectivos se obtuvo un rendimiento por nave de 134,99 kg de FSH, y al considerar 16 ciclos anuales de cosecha se proyectó obtener 2 159,8 kg. No es recomendable atrasar demasiado la cosecha para lograr una mayor producción de biomasa, debido a que disminuye la calidad, especialmente el contenido de proteína (Salas-Pérez *et al.*, 2010).

Con dosis de siembra similares se han informado rendimientos inferiores en FVH de *Z. mays*, con 5,9 kg m<sup>-2</sup> (Rivera *et al.*, 2010), y superiores con 12,9; 18,7 y 21,2 kg m<sup>-2</sup> para densidades de siembra de 1,5; 2,0 y 2,5 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente (López-Aguilar *et al.*, 2009).

La siembra más tardía, que creció en un ambiente de menor temperatura y radiación, alcanzó la menor consistencia de los tejidos y el contenido más bajo de MS (tabla 6). A menor contenido de MS, energía o proteína, se debe usar mayor dosis en la alimentación animal, ya que estos son los criterios más importantes para la formulación de dietas que satisfagan la demanda nutricional del ganado.

En otras zonas áridas de Latinoamérica se han registrado porcentajes de MS de aproximadamente 21 para FVH de *Z. mays*, independientemente de la dosis de siembra (López-Aguilar *et al.*, 2009). Otros autores informan contenidos promedio de MS (17,3 %), aun en condiciones deficitarias de iluminación (Rivera *et al.*, 2010).

No hubo efecto de la solución fertilizante en la producción de MS (tabla 6), lo que resulta similar a lo informado por González-Días y García-Reyes (2015). Por tanto, se propuso el uso de agua para la producción comercial objeto de este análisis.

**Contenido de proteína.** Los contenidos de PB del forraje de *Z. mays* cv. Trueno, cultivado entre marzo y mayo de 2018, fueron altos. Alcanzaron entre 15,7 y 18,5 %, según la solución fertilizante utilizada. El forraje cultivado solo con agua llegó a un promedio de proteína de 17,6 % (tabla 6), que se consideró y se utilizó para el cálculo del requerimiento de forraje hidropónico y el análisis económico posterior.

Se debe destacar que si bien las muestras únicas, obtenidas por tratamiento de fertilizante, no se pueden

Tabla 6. Rendimiento y porcentaje de MS de forraje verde hidropónico de *Z. mays* cv. Trueno en cultivo protegido, como respuesta a distintas épocas de siembra y soluciones fertilizantes.

Fecha de siembra	Peso fresco, g bandeja <sup>-1</sup>	MS, %	Peso seco, g bandeja <sup>-1</sup>	
01-03-2018	1 648,4 <sup>b</sup>	16,2 <sup>a</sup>	265,9 <sup>b</sup>	
22-03-2018	2 109,0 <sup>a</sup>	16,9 <sup>a</sup>	355,5 <sup>a</sup>	
02-05-2018	1 852,0 <sup>a</sup>	11,2 <sup>b</sup>	207,5 <sup>c</sup>	
Promedio	1 901,6	14,8	283,96	
Valor - P	0,000018	4,30423E-10	5,0066E-11	
CV, %	17,24	10,37	27,31	
Solución fertilizante	Peso fresco, g bandeja <sup>-1</sup>	MS, %	Peso seco, g bandeja <sup>-1</sup>	Proteína, %
<i>Hoagland y Arnon</i>	1789,3 <sup>b</sup>	14,4	263,3	16,1
<i>Steiner</i>	2056,1 <sup>a</sup>	14,7	305,4	18,1
Agua	1859,6 <sup>a</sup>	15,2	283,2	17,6
Promedio	1901,6	14,8	284,0	17,3
Valor - P	0,01	0,52	0,32	
CV, %	17,24	10,37	27,31	

p < 0,05

someter a comparaciones estadísticas, es evidente que usar agua en lugar de fertilizante no representó un detrimento en el porcentaje de proteína del forraje.

Rivera *et al.* (2010) obtuvieron un contenido de proteína similar, con una dosis de siembra levemente inferior y condiciones de luz deficitaria. Acosta-Lozano (2016) informó para la provincia Santa Elena 16,1 % de PB en forraje de *Z. mays*, regado solo con agua y cosechado a los 15 días.

Los autores anteriormente citados tampoco encontraron diferencias del regado con agua, con respecto a lo obtenido a partir de tres formulaciones con fertilizante en esa duración de cultivo. Un contenido de 14 % de PB lograron López-Aguilar *et al.* (2009) en el clima árido de México, al variar las dosis de semilla (húmeda) entre 1,5 y 2,5 kg m<sup>-2</sup> en 14 días de cultivo. Pareciera ser que la riqueza en proteína es independiente de la densidad de siembra y la intensidad de luz y es más dependiente del material genético y la solución fertilizante.

El porcentaje de PB superó al que se encuentra en otras formas de maíz (semilla 9,5 %, forraje recién picado 6,21 y ensilado 6,71), según informes de León y Giménez (2015).

*Ración de alimento y carne producida.* Las cabras consumen entre 2,5 y 5 % de su peso vivo en MS, según la edad y la producción (Villanueva *et al.*, 2016). En distintos animales se ha probado la respuesta a la variación del porcentaje de FVH en la dieta diaria (0-100 %).

Según indican estudios de Acosta-Lozano *et al.* (2016) y Rodríguez-Izabá y Díaz-Villagrán (2017), para lograr las mayores ganancias de peso diario el rango varía en caprinos y ovinos, de 1 a 2 kg de FVH por cada 100 kg de peso vivo (Meneses, 2017) y entre 20 y 100 % de la ración diaria (Acosta-Lozano *et al.*, 2016; Morales-Guzmán, 2017).

En las dos situaciones planteadas, con diferente número de partos al año y porcentaje de abortos, pero en una relación similar de 1,4 crías por parto, las 8 hembras del hato tuvieron 19 (ideal) y 12 (actual Santa Elena) crías anuales, las que se destetaron a los 90 días (período en el que no consumen forraje).

A partir de ese momento, la demanda de engorde se cubrió con el remanente entre lo producido y la demanda del hato permanente hasta su venta (tabla 7). Por tanto, se usó 100 % del forraje producido. Este ciclo productivo se debe repetir permanentemente para garantizar la nutrición del hato.

Se calculó para todos los animales que consumieron suplemento las cantidades de forraje seco (FSH), lo que constituyó 80 % del aporte. El bloque nutricional representó 20 % (tabla 7).

El macho no consumió suplemento, pues cubrió su requerimiento con el pastoreo. Por lo tanto, la demanda total anual de suplemento ascendió a 2 151,74 y 320,40 kg de FSH y bloque, respectivamente. Esta demanda se correspondió con los 2 159,84 kg FSH anuales obtenidos en la casa de cultivo. El bloque de 75 kg tuvo un valor comercial en el mercado de Santa Elena de 164,00 USD, lo que representó para la alimentación un costo total anual de 709,68 USD.

El peso vivo de 32 kg por animal a la venta se logró a los 187 días, bajo los supuestos de la situación ideal y demanda energética. Este tiempo, unido a los 90 días a destete, produjo una vida útil de la cabra de aproximadamente 9 meses. Bajo el supuesto situación actual de Santa Elena (sin suplementación), las 12 crías anuales se deben vender inmediatamente al destete, y los siete cabritos del hato se engordaron solo a base de pastoreo, por lo que solo se alcanzó un peso a la venta de 16 kg en dos años.

Los kilos de carne producidos en ambas situaciones fueron 736 kg para la situación ideal y 64 para la actual Santa Elena (tabla 8). Estos resultados, unido a los consumos alimenticios anuales, se usaron para el estudio económico de la propuesta.

*Análisis económico.* La inversión para la infraestructura de la nave invernadero alcanzó los 1 789,10 USD, similar a lo que informó Acosta-Lozano (2016). Esto incluyó las cañas, plástico, zarán y mano de obra. Al considerar las bandejas de siembra (importadas), que constituyen la mayor parte de la inversión, el monto total ascendió a 3 869,10

Tabla 7. Alimentación suplementaria anual según tipo de animal del rebaño, para escenarios B a D.

Suplemento	Hembras adultas			Hembras reemplazo			Crías para engorde		
	kg animal <sup>-1</sup>	Número animales año	kg totales año	kg animal <sup>-1</sup>	Número animales año	kg totales año	kg animal <sup>-1</sup>	Número animales año	kg totales año
Forraje seco hidropónico	96,71	8	773,68	98,3	4	393,2	39,39	25	984,85
Bloque nutricional	28,24	8	225,96	28,32	4	113,29	11,5	25	207,11

USD. Otro de los costos significativos de inversión en este tipo de sistema productivo en el ámbito de los cultivos protegidos, son las estructuras metálicas que soportan las bandejas, cuyo valor asciende a 450,00 USD cada una, y que son sometidas permanentemente a la humedad (nebulización cada dos horas). La inversión total en riego ascendió a 9 331,20 USD. La nave correspondió al 73,8 % y el sistema de riego al 10,4 %. Entre los resultados presentados por Córdova-Wolff (2005), el riego representó 30,3 % de los costos. En el mercado local ecuatoriano, para una superficie de 1 000 m<sup>2</sup> corresponde un mayor costo de 54,9 %, si se compara entre un invernadero construido en fierro galvanizado y uno en caña guadua (Torres-Trigueros, 2018).

El corral de estabulación del tenedor tradicional se estimó con un costo de 500,00 USD, mientras en los otros escenarios fue de 96 m<sup>2</sup> para 20 animales del hato, con costo de construcción de 1 000,00 USD. Para este corral se consideró 4 m<sup>2</sup> por animal adulto y 2 m<sup>2</sup> para animales pequeños (Meneses, 2017), con 50 % de la superficie bajo techo (madera), y el resto destinada a un mínimo de actividad al aire libre (postes y alambre de púas).

La proyección financiera para cinco años, con una producción anual estimada de 14 643,2 kg de FVH o 2 159,38 kg de MS, a un precio de 1 521,52 USD determinó un costo de 0,11 USD por kilo de forraje fresco producido.

Este valor es alto, aunque con respecto a otras fuentes de alimento disponibles en el mercado, que como el balanceado tiene un costo de 0,52 kg<sup>-1</sup> USD (AGRIPAC, 2018), representa solo 21,1 %, y resulta más ventajoso al tener contenido proteico de 18 a 19 %. El precio de mercado del animal destetado fue de 25,00 USD en pie, y el de la carne del animal engordado alcanzó los 3,30 USD por kilo. Otro aspecto que justifica la inversión en un sistema de FVH es que, al considerar el maíz como base alimentaria, el precio de 1 kilo de grano puesto en la finca alcanza actualmente, aproximadamente, los 0,40 USD.

En lugar de alimentar al ganado con ese grano, y mediante la relación de conversión del FVH (varía de

3-4), se triplica o cuadruplica la cantidad de alimento (Capa-Mora y Loayza-Arias, 2017), y se duplica la cantidad de proteína aportada. Un factor más que influye en la implementación de esta tecnología es que se compite con sistemas extensivos de producción, en los que la inversión es mínima, ya que no se enfoca a la capricultura como un negocio sino como una actividad familiar tradicional. Por eso se habla de tenedores de ganado, y no de ganaderos.

Las propuestas de subsidios no reembolsables se sustentan en lo planteado por Quispe-Gonzabay (2015), que sugieren un aporte crediticio entre 50 y 70 % a proyectos de alta inversión presentados por agrupaciones, entre ellas las organizaciones de campesinos. Estas propuestas insisten en que el crédito debe ser reembolsable para los proyectos que ofrezcan las mejores garantías y signos de sostenibilidad desde los siguientes criterios: económicamente rentables, ambientalmente funcionales y socialmente viables.

Las grandes inversiones se asocian, generalmente, a superficies productivas extensas con la introducción de alguna nueva especie a cultivar. Pero la agricultura familiar a la que apunta este proyecto tiene una estructura de minifundio, con un promedio de 3,48 ha por finca, que es el nacional (Salcedo y Guzmán, 2014). Por la naturaleza del proyecto y la tecnología involucrada, es poco viable que un agricultor o asociación de agricultores de la Península de Santa Elena asuma 100 % de la inversión (escenario B de la tabla 9), al considerar que como promedio el ecuatoriano asigna 76,4 % de sus ingresos a la alimentación (Salcedo y Guzmán, 2014). La funcionalidad ambiental está dada por el hecho de que al estabular los animales se frena la degradación de los suelos sometidos actualmente a un sobrepastoreo indiscriminado. Además, el bajo consumo de agua hace factible la producción de forraje en zonas marginales, donde actualmente se hace impensable por el acentuado déficit hídrico y la condición de suelo desfavorable (GADM, 2014). La viabilidad social de la propuesta se sustenta en que este rubro es parte de la cultura de la zona, y

Tabla 8. Cantidad de animales engordados (AE) y kilos de carne a comercializar, según las condiciones del hato en cada situación

Escenarios	Partos al año	Crías por parto	Aborto, %	Crías destetadas	Animales vendidos al destete	Mortalidad engorde, %	Animales inicio engorde	Total AE	Venta carne en pie año, kg
Ideal	1,83	1,4	5	19,43	1	10	7+18=25	23	736,0
Santa Elena	1,5	1,4	26	12,43	12	40	7+0=7	4	64,0

Tabla 9. Relación beneficio/costo como criterio de factibilidad económica de producción con y sin f (FSH) en distintos escenarios de financiamiento de la inversión.

Criterios	Sin FSH		Con FSH	
	Condiciones actuales	Sin subsidio	Casa cultivo donada	Con subsidio del 70 %
Beneficio/costo	0,18	0,37	1,68	1,04

bien manejado podría sostener la economía familiar. En la actualidad se maneja por tradición y costumbre, pero no por razones económicas.

Los criterios de factibilidad financiera (tabla 9) corroboraron que la manera en que actualmente se manejan los hatos caprinos en la provincia Santa Elena genera pérdidas para los tenedores de ese tipo de ganado. El costo de producción de un kilo de carne fue de \$ 3,88 USD contra el precio real percibido, que ascendió a \$ 3,30 USD por kilo. Ello muestra una distorsión del mercado que desde el inicio conduce a pérdidas para el productor, producto del desconocimiento de sus propios costos de producción.

La generación de FSH sería una alternativa para el mejoramiento de esos hatos, lo que se demostró en dos de los escenarios que consideraron este tipo de alimentación, donde se obtienen utilidades, siempre que se reciban subsidios para las inversiones iniciales. Queda claro que el costo de la casa de cultivo es el factor determinante en la posible factibilidad financiera del sistema productivo propuesto, más allá de la obtención de un subsidio (escenario D). En las condiciones de los sistemas de producción caprina de la provincia Santa Elena, el uso de suplemento alimentario a base de FSH reduce a un tercio el tiempo a la venta y aumenta el doble el peso al sacrificio.

### Conclusiones

El forraje seco hidropónico producido en las condiciones de clima semiárido en Santa Elena alcanzó un contenido promedio de proteína y MS óptimos para los requerimientos del ganado caprino. Bajo los supuestos de rendimiento, superficie productiva efectiva, ciclos de siembra anual y número de hembras reproductoras, se obtuvo una producción de forraje que alcanzó, como suplemento al pastoreo, para un hato permanente de 20 animales, con una venta anual de 23 animales engordados contra los cuatro que se registraron en el sistema sin suplementación.

La viabilidad económica de la propuesta técnica fue atractiva en el caso de un subsidio estatal no reembolsable, y más aún si se recibe el aporte de la

infraestructura de la casa de cultivo. Esto daría un impulso a la producción caprina de la región y podría lograr el cambio de una cultura de tenedores de ganado a una de ganaderos, al obtener un relación beneficio/costo entre 1,04 - 1,68.

### Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (Ecuador), a través de su Instituto de Ciencia y Tecnología (INCYT), por aportar el financiamiento para el proyecto “Sistemas de producción hidropónica: alternativa para el cambio de la matriz productiva en la Península de Santa Elena”, código 91870000.0000.381020, llevado a cabo entre 2016 y 2018, en el cual se establecieron los ensayos aquí presentados.

### Contribución de los autores

- Rosa Pertierra-Lazo, Ph.D. Diseñó, implementó, evaluó y analizó los ensayos de campo.
- Julio Cesar Villacrés-Matías. Aportó a los criterios de análisis del material cosechado, diseñó las dietas para el ganado caprino y calculó sus demandas nutricionales y dosis de suplementación.
- Carlos Balmaseda-Espinosa, Ph.D. Proyectó los escenarios y realizó el análisis económico de la propuesta.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos.

### Referencias bibliográficas

- Acosta-Lozano, N. V. *Evaluación de la biomasa hidropónica de maíz como alimento para caprinos criollos en crecimiento-ceba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Universidad Estatal Península de Santa Elena. [https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7320/Nestor%20Acosta\\_Tesis%20PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7320/Nestor%20Acosta_Tesis%20PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y), 2016.
- Acosta-Lozano, N. V.; Lima-Orozco, R; Castro-Alegria, A.; Avellaneda-Cevallos, J. & Suárez-Reyes, Y. G. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz.

- Ctro. Agr.* 43 (4):57-66. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n4/cag08416.pdf>, 2016.
- AGRIPAC. Salud animal. Guayaquil, Ecuador: AGRIPAC. <https://www.agripac.com.ec/>, 2018.
- Alarcón, J. *Políticas públicas para la agricultura familiar. El caso de Perú*. Montevideo: COPROFAM, CCP. [https://coprofam.org/wp-content/uploads/2019/06/PPAFCI-PER%20c3%9a\\_web.pdf](https://coprofam.org/wp-content/uploads/2019/06/PPAFCI-PER%20c3%9a_web.pdf), 2019.
- AOAC. *Official methods of analysis*. (Ed. K. Helrich). Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemist. 15th ed. Vol. 1. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>, 1990.
- Capa-Mora, E. D. & Loayza-Arias, H. R. Forraje verde hidropónico, una alternativa para la alimentación en ganado bovino, caprino y ovino en la provincia de Loja. *Memorias del VI Investiga UTPL*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica y Particular de Loja. p. 88-90. [https://investigacion.utpl.edu.ec/sites/default/files/2019/memorias/Memorias%20VI%20Investiga\\_web\\_T1.pdf#page=88](https://investigacion.utpl.edu.ec/sites/default/files/2019/memorias/Memorias%20VI%20Investiga_web_T1.pdf#page=88), 2017.
- Chávez-García, Debbie & Villacrés-Matías, J. Estimación del gasto energético de los caprinos en la península de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 5 (1):70-76, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.330>.
- Córdova-Wolff, R. *Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región*. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile, 2005.
- Elizondo-Salazar, J. A. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. *Agron. Mesoam*. 19 (1):115-122. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v19i1.5028>, 2007.
- GADM. *Mapa de Santa Elena: parroquias y comunas*. Santa Elena, Ecuador: Departamento de Planificación. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplus diagnostico/0960001540001\\_PLAN%20DE%20DESARROLLO%20Y%20ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL%2030-01-2015-2%20fin\\_19-02-2015\\_09-41-20.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplus diagnostico/0960001540001_PLAN%20DE%20DESARROLLO%20Y%20ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL%2030-01-2015-2%20fin_19-02-2015_09-41-20.pdf), 2014.
- González-Días, J. E. & García-Reyes, M. A. *Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (Sorghum bicolor L.) en invernadero no convencional, La Trinidad, Estelí*. Tesis como requisito parcial para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Nicaragua: Facultad de Ciencia y Producción Vegetal, Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3166/1/tnf04g643p.pdf>, 2015.
- INAMHI. *Datos meteorológicos*. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>, 2017.
- Irigo, Ana P. *Estudio de viabilidad de un proyecto de producción de lechugas hidropónicas en el sudoeste de la provincia de Córdoba*. Tesis de Maestría en Dirección de Empresas. Córdoba, Argentina: Instituto de Ciencias de la Administración, Universidad Católica de Córdoba. [http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/53/1/TM\\_Irigo.pdf](http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/53/1/TM_Irigo.pdf), 2010.
- León, M. de & Giménez, R. A. Ensilajes de sorgo y maíz. Rendimiento, composición, valor nutritivo y respuesta animal. *XVI Congreso Bienal Asociación Mexicana de especialistas en Nutrición Animal*. México. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/ensilajes-sorgo-maiz-rendimiento-t30038.htm>, 2015.
- López-Aguilar, R.; Murillo-Amador, B. & Rodríguez-Quezada, Guadalupe. El forraje verde hidropónico (FVH). Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*. 34 (2):121-126. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442009000200009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009), 2009.
- Meneses, R. *Manual de producción caprina*. (Eds. M. A. Salvatierra y C. Contreras). Santiago de Chile: Instituto de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No. 05. <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-caprinos.pdf?sfvrsn=0>, 2017.
- Morales-Guzmán, J. A. *Evaluación del consumo de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays), en ovinos de pelo en desarrollo estabulados en el municipio de Chimaltenango, Chimaltenango*. Requisito previo para optar al título profesional de Zootecnista en el grado académico de Licenciado. Chiquimula, Guatemala: Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12415/1/19%20Z%20T-3010-2430-Morales.pdf>, 2017.
- Nogués, E. M.; Castro, Ornella E.; Correa, R. J.; Puricelli, M.; Gómez-Pérez, H. & Beale, I. Importancia de los estudios fisiológicos básicos sobre el consumo de agua en pequeños rumiantes en zonas áridas y templadas. Presentación de situaciones. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial*. 34:1-6. <http://agrarias.unca.edu.ar/wp-content/uploads/2018/Revista%20de%20Divulgaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica%20Agr%C3%ADcola%20y%20Agroindustrial/Revista-34-Estudios-Fisiol%C3%B3gicos-consumo-agua-en-cabras.pdf>, 2012.

- Quispe-Gonzabay, J. J. *Análisis del incumplimiento de pago del sector agrícola en la provincia de Santa Elena. Caso Banco Nacional de Fomento Sucursal Santa Elena*. Trabajo final para la obtención del título Magister en Economía y Dirección de Empresas. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37098/D-CD204.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>, 2015.
- Rivera, A.; Moronta, María; González-Estopiñán, M.; González, Diomary; Perdomo, D.; García, D. E. *et al.* Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop.* 28 (1):33-41. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n1/art05.pdf>, 2010.
- Rodríguez-Izabá, María G. & Díaz-Villagrán, Stefany M. *Evaluación técnica-económica del engorde de corderos alimentados con cuatro niveles de forraje verde hidropónico*. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieras Agrónomas en el grado académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, 2017.
- Salas-Pérez, Lilia; Preciado-Rangel, P.; Esparza-Rivera, J. R.; Álvarez-Reyna, V. de P.; Palomo-Gil, A.; Rodríguez-Dimas, Norma *et al.* Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoam.* 28 (4):355-360. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a7.pdf>, 2010.
- Salcedo, S. & Guzmán, Lya, Eds. *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de política*. Santiago de Chile: FAO, 2014.
- Tobia, C & Villalobos, E. Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agron. Costarricense.* 28 (1):17-25. [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628102\\_2004](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628102_2004).
- Torres-Trigueros, C. M. *Análisis comparativo de costos de inversión de sistemas hidropónicos*. Previo a la obtención del título de Ingeniero en Administración de Empresas Agropecuarias y Agronegocios. La Libertad, Ecuador: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4561/UPSE-TAA-2018-0027.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2018.
- Vazquez-Mendoza, P.; Castelán-Ortega, O. A.; García-Martínez, A. & Avilés-Nova, F. Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el trópico seco del altiplano central de México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 15 (1):87-96. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93924483008.pdf>, 2012.
- Villacrés-Matías, J.; Ortega-Maldonado, Lourdes & Chávez-García, Debbie. Caracterización de los sistemas de producción caprinos, en la provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE.* 4 (2):9-19, 2017. DOI: <https://doi.org/10.26423/rctu.v4i2.268>.
- Villanueva, C.; Casasola, F.; Lombo, D. & Alvarenga, F. *Opciones forrajeras para la alimentación caprina en el Altiplano Occidental de Guatemala*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Serie técnica, Manual técnico No. 136, 2016.
- Zagal-Tranquilino, M.; Martínez-González, S.; Salgado-Moreno, Socorro; Escalera-Valente, F.; Peña-Parra, B. & Carrillo-Díaz, F. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico vet.* 6 (1):29-34. <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v6n1/2448-6132-av-6-01-00029.pdf>, 2016.