

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CULTIVO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) DE AVENA,  
MAÍZ Y TRIGO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN  
OVEJAS Y LA GANANCIA DE PESO EN CORDEROS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ZAVALETA RAMOS ANA BELEM

ASESOR:

MVZ. MÁRQUEZ BUCIO JOSÉ EUGENIO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX.

2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mi familia que siempre ha creído en mí, a mi pareja que fue la inspiración para estudiar una nueva carrera, quien siempre me apoyó durante este viaje.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor José Eugenio Márquez Bucio que desde el inicio de la carrera me dio todo su apoyo y fomento mi conocimiento.

A los Doctores Benjamín Villagrán Vélez, Jorge Armando Álvarez León y José Eugenio Márquez Bucio, la Ingeniera en alimentos Delia Gaspar Sánchez y Dra. Angélica Valeria Lorenzana Moreno por su apoyo y comprensión con este trabajo y por todas sus críticas constructivas.

A Sofía Gabriela de la Cruz Pérez egresada de estadística en el IMASS por mejorar los resultados estadísticos y hacer gráficos de estos.

A todos y cada uno de mis compañeros de carrera que han sido toda una inspiración para seguir adelante.

A la Química Águeda García Pérez por facilitarme los resultados y los pagos de los análisis realizados.

## CONTENIDO

<b>1. RESUMEN</b>	-----6
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	-----8
<b>2.1 Descripción del problema</b>	-----8
<b>2.2 Justificación</b>	-----9
<b>2.3 Ventajas de cultivo hidropónico</b>	-----11
<b>2.3.1 Ahorro de agua</b>	-----11
<b>2.3.2 Antecedentes históricos del Clima</b>	-----12
<b>2.3.4 Eficiencia en tiempo de producción</b>	-----16
<b>2.3.5 Inocuidad</b>	-----16
<b>2.3.6 Costo-producción</b>	-----16
<b>2.3.7 Diversificación de producción</b>	-----17
<b>2.3.8 Recomendación para alimentación en animales</b>	-----17
<b>2.4 Desventajas de cultivos hidropónicos</b>	-----17
<b>2.4.1 Costo de instalación</b>	-----17
<b>2.5 Objetivo general</b>	-----19
<b>2.6 Objetivo particular</b>	-----19
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	-----20
<b>3.1 Antecedentes</b>	-----20
<b>3.2 Ubicación</b>	-----20
<b>3.3 Elementos utilizados en el cultivo Hidropónico</b>	-----21
<b>3.3.1 Riego</b>	-----21
<b>3.3.2 Humedad</b>	-----21
<b>3.3.3 Temperatura</b>	-----21
<b>3.4 Alimentación de ovinos en CEIEPAA</b>	-----22

<b>3.5 Descripción del sitio de cultivo</b>	-----	<b>22</b>
<b>3.6 Producción de Forraje</b>	-----	<b>23</b>
<b>3.6.1 Densidad de siembra</b>	-----	<b>23</b>
<b>3.6.2 Selección de semilla</b>	-----	<b>23</b>
<b>3.6.3 Lavado</b>	-----	<b>24</b>
<b>3.6.4 Pre-germinado</b>	-----	<b>27</b>
<b>3.6.5 Siembra</b>	-----	<b>27</b>
<b>3.6.6 Germinado</b>	-----	<b>28</b>
<b>3.6.7 Frecuencia de riego</b>	-----	<b>32</b>
<b>3.6.8 Producción</b>	-----	<b>33</b>
<b>3.6.9 Rendimiento de avena</b>	-----	<b>33</b>
<b>3.6.10 Rendimiento de maíz</b>	-----	<b>33</b>
<b>3.6.10 Rendimiento de trigo</b>	-----	<b>34</b>
<b>3.6.11 Ingesta</b>	-----	<b>34</b>
<b>3.7 Análisis químico de semillas y germinados del FVH</b>	-----	<b>41</b>
<b>3.7.1 Análisis químico de semilla</b>	-----	<b>41</b>
<b>3.7.2 Análisis químico en Germinados</b>	-----	<b>42</b>
<b>3.8 Análisis de leche</b>	-----	<b>44</b>
<b>3.9 Diseño estadístico completamente al azar</b>	-----	<b>44</b>
<b>3.10 Análisis estadístico de la ganancia de peso en los corderos</b>	-----	<b>45</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	-----	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSIÓN</b>	-----	<b>58</b>
<b>6. REFERENCIAS</b>	-----	<b>59</b>

## 1. RESUMEN

En este trabajo se muestra la manera en que con un poco de suplemento adecuado con forraje verde hidropónico (FVH) en la alimentación de ovejas lactantes se mejora la calidad de la leche para aumentar la ganancia de peso en los corderos antes del destete.

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) como producto para la alimentación de ganado muestra tener grandes beneficios tanto en la producción de estos que son a bajo costo y a un lapso de tiempo corto como también en algunos índices de producción como lo es la calidad en la leche de las ovejas en proteína y grasa, como en el desarrollo de los corderos medido con su ganancia diaria de peso (GDP) en el periodo de destete para venta o remplazo de animales.

Durante el tiempo de realización de este trabajo se consultaron algunos artículos sobre el uso de los FVH como una optativa para la ganadería. Los puntos resultados relevantes obtenidos en esas investigaciones son el ahorro económico, el cuidado del suelo y las propiedades nutrimentales de los FVH. La producción de estos alimentos se encuentra ligada al mejoramiento en la calidad de la leche, y a la ganancia de peso tanto en corderos como en vacas lecheras. En estos artículos también se habla sobre la alimentación de pequeños rumiantes, cerdos, conejos y aves entre otros.

Observamos que las ovejas del grupo control (T1) el porcentaje de proteína es de 5.78 es de y de grasa es de 8.22, para las suplementadas con FVH de avena (T2) muestran un aumento de la proteína del 1.31%, las ovejas suplementadas con FVH de maíz (T3) muestran un incremento en la proteína de 2.34% y en la grasa del 3.18% y un aumento del 6.40% en la grasa, finalmente las ovejas suplementadas con FVH de trigo (T4) muestran un incremento del 0.84% en la proteína y la grasa un aumento del 4.87%, respecto a T1.

La GDP en los corderos al destete fue más alta en el grupo en el que a las madres se les suplemento con maíz, teniendo un máximo de 320g para llegar a 28 kg y un mínimo de 100 g para llegar a 11 kg, con el régimen a base de trigo el rango fue de 289 g para llegar a 21 kg y de 127g para llegar a 12 kg, con la implementación de avena en la dieta el rango fue de 270 g para llegar a 24 kg y de 106g para llegar a 11 kg, mientras que en el grupo control su rango fue de 265 g para llegar a 18 kg y de 152 g para llegar a 10 kg.

Se trabajó con la prueba de comparación de medias de Tukey para encontrar la diferencia estadística entre los tratamientos dando como resultado que para el Peso al mes la diferencia existe entre el T1 con una media de 6.25 y T3 cuya media fue de 7.93, para el segundo mes la diferencia estadística entre T1 con 10.62 y T3 respecto a su media fue de 14.26 y para el destete con respecto a T1 de 11.62 la diferencia estadística de las medias fue amplia comparado a T3 con una media de 19.9.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Descripción del problema

Durante mucho tiempo la alimentación de ganado ovino se ha realizado mediante la utilización del suelo y el agua para generar forrajes a partir de cultivos como la avena, el maíz y el trigo entre otros, no obstante, la explotación del ambiente no se reduce a lo mencionado. Además, se han talado grandes cantidades de bosques y selvas para abrir espacios a la siembra, lo anterior va aunado a una contaminación indiscriminada que se genera por la utilización de insumos agrícolas.

En múltiples ocasiones ocurren pérdidas importantes de ganado y de animales menores que son consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o granos para alimentación animal. Debido a fenómenos climatológicos adversos como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones entre otras. La frecuencia de estos eventos va en aumento en la última década, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales. Esto nos lleva a buscar alternativas de producción de forraje que permitan prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.). Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH (Garduño, 2011).

Los forrajes verdes hidropónicos (FVH) son una forma sencilla, limpia y de bajo costo para la producción de germinados para forraje ganadero, se tiene un rápido crecimiento y generalmente son ricos en elementos nutritivos. Es una técnica de agricultura en pequeña escala que genera grandes producciones, es de fácil manejo y se realiza con materiales de fácil acceso (Espinoza, 2005). Estos forrajes se obtuvieron a partir de semillas de maíz, avena y trigo que en nuestro país son los cereales de mayor producción y consumo ganadero, estas gramíneas tienen un aporte nutricional indispensable durante la finalización de la preñez, lactancia, etapas de crecimiento y terminación (Rodríguez-Díaz, 2017), ya que contribuyen con una buena cantidad de energía y proteína cruda (PC), pues durante el final de la gestación se requiere de un 11-14% de PC y durante la lactancia de 13-14% de PC.

## 2.2 Justificación

En este trabajo se propone el uso de la producción de FVH como suplemento alimenticio por ser un sistema de producción agrícola que se aplica con éxito en condiciones y ambientes adversos. La hidroponía estudia los cultivos sin tierra, favoreciendo su producción en espacios reducidos o en recuperación.

La posibilidad de cosechar plantas sin tierra fue considerada en la segunda mitad del siglo XX; en la actualidad es uno de los sistemas más empleados en países del primer mundo. Con esta técnica, que no altera el ambiente, se pueden cultivar verduras, frutas, flores, plantas aromáticas y ornamentales de excelente calidad en un reducido espacio (Carballo, 2005).

Al no depender del clima, el producto puede estar en el mercado en cualquier época del año, lo cual es una gran ventaja frente a los cultivados de manera tradicional que dependen de factores ambientales para su desarrollo y cosecha exitosa.

Con la implementación de los FVH se elimina por completo el uso de insecticidas y fertilizantes que dañan y contaminan los mantos acuíferos y eliminan insectos necesarios para la polinización, se evitan los problemas de enfermedades por hongos, toxinas y no existen plagas. La hidroponía inició para cultivos de consumo humano, pero en la última década comenzaron a utilizarla para forrajes de ganado (Espinoza, 2005), se han obtenido mayores rendimientos de este cultivo y de sus propiedades que los de forma tradicional, ya que los animales asimilan el forraje tierno en la época donde tienen mayor índice nutricional (Rodríguez-Díaz, 2017), en especial con los ovinos se debe dejar secar un poco el germinado para evitar el timpanismo (Amaya, 1998).

El cultivo de avena requiere entre 104 y 140 días para el desarrollo de las plantas (García *et al.*, 2008) en comparación con los 10 a 20 días, que requiere el proceso hidropónico. Así mismo, en el cultivo tradicional el suelo debe enriquecerse con Nitrógeno-fósforo-potasio (60-40-00) como fertilizante (García *et al.*, 2008). En el caso de los FVH no se requiere ya que la reserva de almidón que contiene la semilla de la avena es procesada en proteína gracias al contacto de esta con la luz.

Al cultivar de forma tradicional el maíz tenemos un promedio de 140-190 días entre el periodo de siembra y cosecha (tabla 1) dependiendo de la variedad del mismo.

Tabla 1. Días que tarda la cosecha de maíz (Novoa-Villaseca, 1987).

	Precoces	Semi-Precoces	Semi-Tardíos	Tardíos
Siembra-Cosecha (días)	120-140	140-160	160-180	180-190

Otro requerimiento importante es la cantidad de suelo fértil o en buenas condiciones para cultivar el maíz, ya que por semilla se requieren de aproximadamente 100 cm de profundidad, esto implica la aplicación de maquinaria lo que eleva los costos. Si el terreno no es fértil se requiere de fertilizantes, lo que invariablemente dañan la micro fauna del suelo (Derás, 2014).

El maíz es susceptible al exceso o falta de riego, debe encontrarse entre un 33 % y 35 % de humedad para un buen crecimiento. Es importante que las plantas no sufran estrés hídrico en las primeras etapas de desarrollo, que van de los 15 a 30 días. De forma general requiere de 500-700 mm de precipitación durante el cultivo (Derás, 2014).

Por otro lado, en cuanto a la cantidad de fertilizante de nitrógeno-fósforo-potasio (264, 70, 80) kg/ha que por lo general es necesaria en los cultivos regulares (Alvarado Gómez, 2002), en el FVH no es necesario; con lo que se disminuyen los costos de producción. Además, de que sin el uso de fertilizantes los cultivos están libres de contaminantes tales como los metales pesados, plaguicidas y mico toxinas. (CODEX ALIMENTARIUS, 2007).

El cultivo tradicional del trigo requiere entre 98 y 99 días para su desarrollo tal como lo muestra la tabla 2, en comparación con el cultivo de FVH que requiere de 10-15 días para su desarrollo.

Tabla 2. Días que tarda la cosecha de trigo (Novoa-Villaseca, 1987).

Estados fenológicos	Duración en días
Siembra-emergencia	10-15
Emergencia-macolla	25-52
Macolla-espigadura	38-78
Espigadura-floración	6-13
Floración –madurez	20-40

El trigo requiere de 14 horas de luz con un rango de temperatura entre 18-25°C. Para cultivarlo se requieren mínimo 50 cm de profundidad de suelo fértil y, la cantidad de fertilizante de nitrógeno-fósforo-potasio (230, 21, 69) Kg/Ha (Grijalva *et al.*, 2016). Así mismo, se debe contemplar que el producto cosechado esté libre de cornezuelo, de metales pesados, plaguicidas y mico toxinas (CODEX ALIMENTARIUS, 2007).

Tomando en consideración que en México durante la última década ha mejorado el comercio de la carne de cordero (Arteaga, 2010), la crianza de corderos mejor alimentados y por ende con un mayor peso incrementará la producción de carne, lo que sin duda representará un nicho de oportunidad para los ganaderos.

## **2.3 Ventajas de cultivos hidropónicos**

Trabajar con cultivos hidropónicos genera varios beneficios, entre los principales se encuentran los siguientes:

### **2.3.1 Ahorro de agua**

En los cultivos de FVH la cantidad de agua que se desperdicia es mínima por evaporación, escurrimientos o infiltraciones; para producir un kilogramo de FVH se requieren de 2 a 3 litros con un  $\pm 18\%$  dependiendo de la materia seca (MS), lo cual nos da un total de 15 a 20 litros por kilogramo de materia seca de forraje obtenido en 15 días de cultivo (Casa, 2008; Juárez *et al.*, 2015). Si comparamos este parámetro con el de los cultivos tradicionales de avena, maíz y trigo; que requieren una cantidad de agua que varía entre los 270 y 635 litros por kilogramo de materia seca (MS) (García *et al.*, 2015; Juárez *et al.*, 2015; López, 2005; Fuentes *et al.*, 2011).

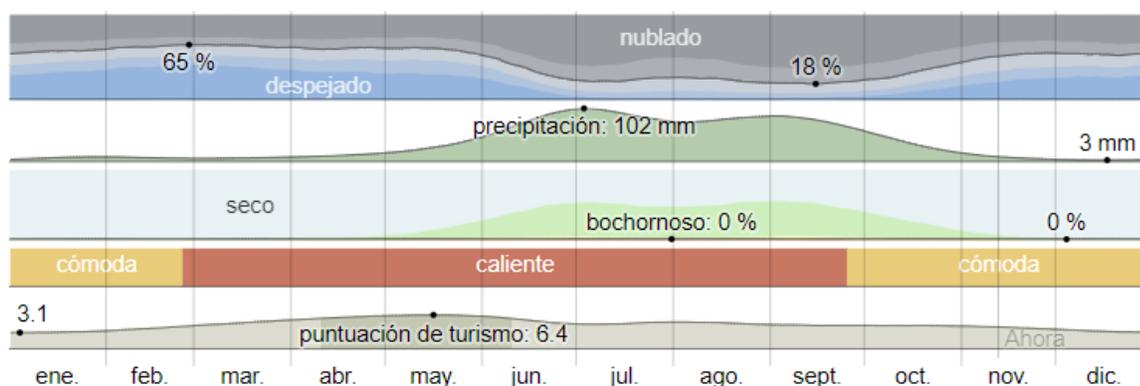
En cultivos tradicionales de avena, maíz y trigo se ocupan miles de hectáreas de siembra para obtener el forraje, lo que implica el desgaste del suelo, la contaminación, así como la tala y consecuentemente pérdida de áreas verdes de bosques y selvas. Los cultivos de FVH suelen ser instalados de forma modular de manera vertical optimizando espacios.

Por ejemplo, en Chile el aprovechamiento del terreno es muy eficiente, pues se cultiva avena en 170m<sup>2</sup> de terreno empleando bandejas de 45x45x10cm orientadas de forma modular distribuidas en cuatro niveles lo que genera una producción equivalente a lo obtenido en cinco hectáreas de cultivo tradicional (Sánchez *et al.*, 2001).

### 2.3.2 Antecedentes históricos del clima

El clima promedio de la región en la que se realiza un estudio de este tipo es sumamente relevante, debido a que este puede afectar el desarrollo de los cultivos tradicionales, pero no de los FVH. Por lo que debe tomarse en cuenta que los trabajos de investigación se iniciaron en el mes de octubre del 2019.

Durante el año 2019 las condiciones climatológicas en Ezequiel Montes se comportaron de la siguiente manera (gráfica 1).

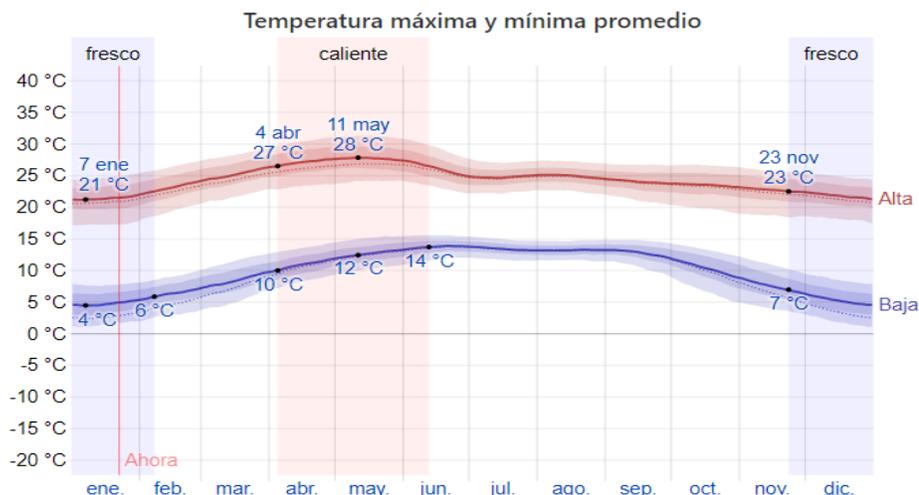


Gráfica 1 Datos anuales obtenidos del sitio Weather Spark, recuperado del día 12/11/19

En este estudio se muestra que no importa las adversidades climáticas de la zona de cultivo, que diferencian el cultivo tradicional del FVH, para ello es necesario considerar los siguientes aspectos.

#### Temperatura

Como se observa en la gráfica 2 la temperatura anual desciende a partir del mes de octubre, se encuentra en un rango de 24°C a 7°C, pocas son las plantas que en cultivos tradicionales soportan temperaturas bajas. En este mes comenzamos nuestros cultivos para demostrar que no importan las bajas temperaturas en los FVH.



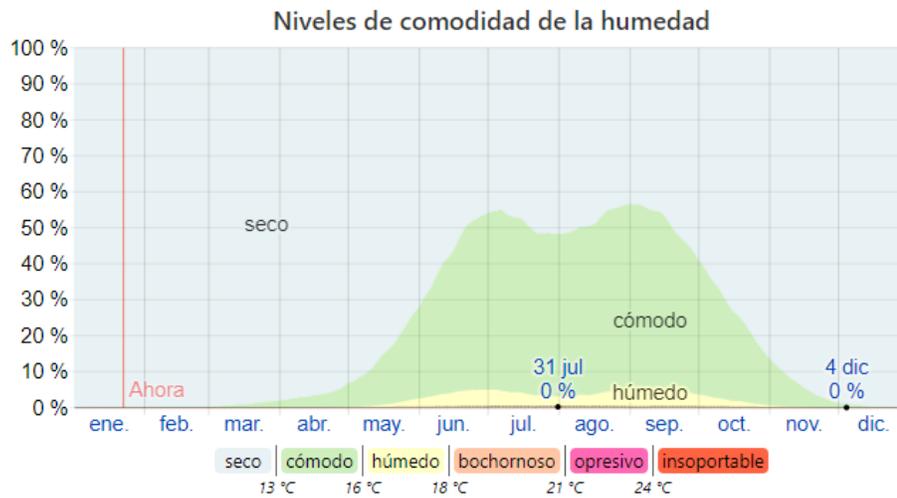
Gráfica 2 Promedio anual de temperaturas en 2019 tomado de Weather Spark  
Recuperado del día 12/11/19.

### Precipitación y humedad

En cuanto a la precipitación podemos observar que a partir de octubre desciende la cantidad de agua, por lo que es difícil mantener irrigado de manera adecuada a los cultivos tradicionales, para hacerlo sería necesario un gasto extra para su riego. El promedio de la precipitación anual se muestra en la gráfica 3. En lo concerniente a los FVH no se restringen a esta cuestión, ya que es muy poca la cantidad de agua para su riego. La humedad tiene el mismo comportamiento, a partir del mes de octubre disminuye considerablemente. Por lo que el desarrollo de los cultivos tradicionales se dificulta a partir de esa fecha. En los FVH la humedad se conserva ya que se mantienen en un medio controlado. En la gráfica 4 se muestran los niveles de humedad en el ambiente a lo largo del año.



Gráfica 3 Comportamiento de la precipitación durante el estudio, tomado de Weather Spark Recuperado del día 12/11/19.



Gráfica 4 Humedad en el ambiente durante el estudio tomado de Weather Spark Recuperado del día 12/11/19.

### Luz y energía solar

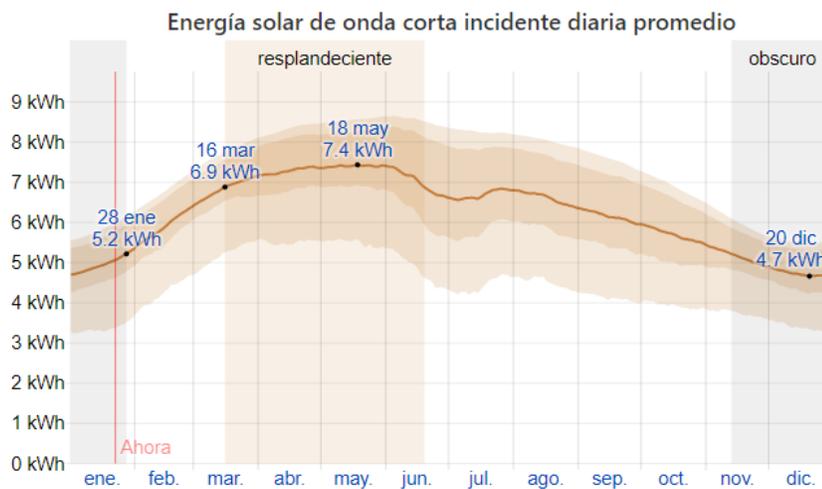
En los cultivos tradicionales la luz y la energía solar juegan un papel fundamental en el desarrollo de las plantas, ya que son necesarias para la correcta fotosíntesis que las alimenta y favorece su crecimiento. A partir de octubre ambos factores disminuyen lo que dificulta sembrar en estas fechas, ya que no sería el mismo rendimiento de la cosecha, véase gráficas 5 y 6, en donde las distribuciones anuales de estos fenómenos indican que las mejores fechas para cultivos tradicionales se da de marzo a septiembre. Pero en el caso de los cultivos de

FVH no se tienen estas limitantes ya que pueden adaptarse lámparas que suministren luz artificial, pero en desarrollo de esta investigación no fue necesario ya que el cultivo de las plántulas se realizó en 20 días y con la luz natural fue más que suficiente para su desarrollo.



Gráfica 5 Cantidad de luz que se tiene durante el estudio tomado de Weather Spark

Recuperado del día 12/11/19.



Gráfica 6 Cantidad de energía solar en Kwh durante el año tomado de Weaker Spark

Recuperado del día 12/12/19.

### **2.3.4 Eficacia en tiempo de producción**

La producción de FVH para ganado tiene un ciclo de cultivo de 10 a 15 días, ya que posteriormente hay un descenso importante del valor nutricional en el forraje. Al comparar este tiempo de producción con los de forrajes tradicionales, tenemos que el más corto es de 100 a 120 días en promedio, lo que hace que los cultivos FVH sean una mejor opción, pues requieren de menos tiempo de producción lo que se ve reflejado en un menor costo del proceso (Baltazar, 2008). Aunado a lo anterior, debido a que los cultivos de FVH se realizan bajo condiciones controladas, estos no dependen en su totalidad del clima por lo que se puede tener acceso a forraje durante todo el año.

### **2.3.5 Inocuidad**

Los FVH son cultivos limpios e inocuos ya que no presentan hongos como el cornezuelo, que en ocasiones atacan a los cultivos tradicionales; lo que provoca abortos en las ovejas, ocasionando pérdidas económicas. Además, debido a que los cultivos se mantienen en espacios cerrados estos no son atacados por plagas de insectos por lo que no se usan agroquímicos como los insecticidas o pesticidas; lo que garantiza un producto natural (Baltazar, 2008). Así mismo, al no requerir de fertilizantes ya que los nutrientes (en el caso de ser requeridos) son administrados en el agua de riego, que es re utilizable, no genera contaminación en los suelos y el ambiente.

### **2.3.6 Costo-producción**

Entre los cultivos tradicionales y los FVH las diferencias en inversión son considerables, debido a que los cultivos tradicionales requieren de mayores insumos como la maquinaria para siembra y cosecha, los combustibles, la mano de obra (Baltazar, 2008). Además, tenemos que en ocasiones los cultivos tradicionales se ven afectados por climas extremos como sequías o inundaciones que pueden generar grandes pérdidas económicas. En los cultivos FVH la inversión fuerte es en la infraestructura del lugar donde se cultivarán los forrajes, pero nada más.

### **2.3.7 Diversificación de producción**

En los cultivos de FVH se pueden trabajar con diferentes variedades de semillas al mismo tiempo y todas serán cosechadas de forma simultánea (Baltazar, 2008). En cambio, en los cultivos tradicionales esto se ve muy limitado, ya que cultivar varias semillas al mismo tiempo implica una acelerada pérdida de nutrientes del suelo, además de que son pocas las variedades de semillas que pueden coexistir debido a sus requerimientos especiales y a sus tiempos de siembra, desarrollo y cosecha.

### **2.3.8 Recomendaciones para alimentación en animales**

Debemos evitar que las ovejas ingieran el FVH húmedo, esto evita que sufran de timpanismo, que es un desorden fisiológico causado por la ingesta a materias vegetales ricas en nitrógeno (Amaya, 1998).

## **2.4 Desventajas de cultivos hidropónicos**

La desventaja más importante que existe actualmente sobre los FVH es la desinformación en referencia al sistema de siembra, no hay mucha difusión sobre los requerimientos nutricionales, tipo de agua, luz, temperatura, concentración de CO<sub>2</sub> y humedad para los productores, lo que se transforma en el mayor problema, aunado a esto el manejo de tecnología utilizada para el cultivo de FVH puede ser un poco engorrosa para los campesinos (Marulanda-Izquierdo, 1993).

### **2.4.1 Costo de instalación**

En este trabajo los costos de instalación son nulos ya que usamos una bodega ya establecida, lo único fueron las adaptaciones de los niveles para colocar las charolas y las charolas de plástico. En casos en donde no se cuenta con una infraestructura hecha, esta se puede hacer con materiales sencillos como pvc y plástico o lona banca, o bien se puede levantar una estructura con ladrillos para crear un invernadero (Espinoza, 2005).

Por lo anterior es que en este trabajo mostramos que la producción de FVH se ha convertido en una gran opción para la alimentación de ovejas y corderos ya que el uso de estos cultivos mejora la producción de leche y la ganancia de peso al destete, además evita la degradación y contaminación de los suelos.

## **2.5 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la inclusión de FVH de avena, maíz y trigo en la dieta de ovejas en lactancia, sobre la calidad de leche y la ganancia diaria de peso (GDP) en los corderos al destete.

## **2.6 Objetivos particular**

Diferenciar cuál de los diferentes suplementos a las dietas otorgan mejores resultados en la ganancia diaria de peso (GDP) de corderos alimentados con leche de ovejas suplementadas con diferentes tipos de FVH.

Determinar la mejora en la calidad de la leche, en los parámetros de proteína y grasa de ovejas suplementadas con diferentes tipos de FVH.

Se analizarán las características de las semillas y plántulas que se brinden como alimento y se determinará cual es la mejor opción de suplemento.

### 3. Material y Métodos

#### 3.1 Antecedentes

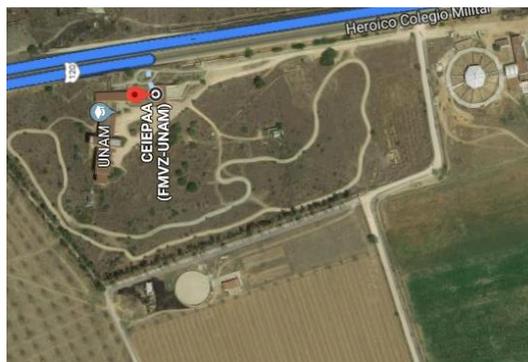
Los trabajos de campo para la integración de esta tesis se realizaron en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) que es parte de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ya que es un lugar dedicado a la investigación en rumiantes en el altiplano. En dichas instalaciones se desarrollaron cultivos FVH de maíz, avena y trigo, de los que se obtuvo forraje con el que se alimentó a 30 ovejas gestantes, con el propósito de obtener mejoras en la proteína y grasa de su leche para que sus corderos tuvieran una ganancia de peso significativa en el periodo de la lactancia y 10 fueron el grupo control alimentadas de forma tradicional sin suplementos.

En el CEIEPAA la alimentación proporcionada a las ovejas tiene un costo aproximado de \$8.20 por animal, cuando los corderos tienen mes y medio de edad comienzan a comer este alimento generando un gasto similar, hasta ganar un peso de entre 10kg a 18kg para su venta. Con la suplementación de FVH se buscó bajar esos costos por animal y tiempos en la ganancia de peso para la venta de corderos, se invierten en maíz \$4.41, trigo \$6.23 y avena \$5.37 por animal.

#### 3.2 Ubicación

El CEIEPAA se encuentra en el Km 8.5 de la carretera Federal Tequisquiapan a Ezequiel Montes, C.P. 76790 Tequisquiapan, Qro,

Figura 1. Ubicación del CEIEPAA 99°31'45"O y 19°57'13"N en vista satelital obtenida de google maps.



### **3.3 Elementos utilizados en el cultivo hidropónico**

Al ser un cultivo libre de tierra nos enfocamos en los elementos básicos naturales para el desarrollo del forraje.

#### **3.3.1 Riego**

Se regaron las semillas de los cultivos de FVH con una frecuencia de seis a nueve veces al día durante dos a cinco minutos en un sistema tecnificado, esto se realizó de forma manual, utilizando una manguera y a baja presión de agua para evitar dañar las semillas, como el sistema es vertical, se comenzaba regando las charolas superiores y después el agua iba cayendo a las charolas inferiores, asegurando que todas recibieran la misma cantidad de agua, hasta generar una capa de agua de un centímetro y que las semillas adquirieran el líquido necesario para alcanzar una germinación adecuada. Se utilizaron de 800 ml a 1 litro de agua por kg de semilla dependiendo la densidad de la misma en las charolas de germinación.

#### **3.3.2 Humedad**

Para que las semillas se desarrollen de forma adecuada deben mantener una humedad mayor al 85%, esto se logró con los aspersores de riego y la frecuencia de irrigación adecuada.

#### **3.3.3 Temperatura**

Las semillas de avena, trigo y maíz deben conservar un promedio de 18°C a 24°C para poder desarrollarse correctamente. Estas semillas pueden ser muy afectadas en su desarrollo por las bajas temperaturas, inclusive condiciones climáticas muy extremas pueden arruinar cultivos completos. Así mismo, dichas semillas pueden soportar temperaturas altas siempre y cuando se mantengan con suficiente humedad.

### **3.4 Alimentación de ovinos en el CEIEPAA**

En el CEIEPAA la alimentación de los ovinos es fundamental para la producción ya que, de los corderos obtenidos, unos maduran para convertirse en remplazo y otros se venden como pie de cría y de abasto. Por lo que requieren de una gran cantidad de terreno para la siembra de alfalfa y de pastoreo, además del tiempo que este cultivo requiere para convertirse en forraje.

En esta investigación se busca generar complementos alimenticios a partir de los FVH que mejoren el rendimiento de los corderos, ya que con un bajo costo se obtienen mayores nutrientes. Además, es importante mencionar que los FVH requieren espacios mínimos, así como tiempos cortos de cosecha.

### **3.5 Descripción de sitio de cultivo**

Los FVH se cultivaron en una bodega junto a los corrales de las ovejas. Se emplearon dos esqueletos de literas en donde se colocan las charolas para el germinado y desarrollo de las semillas. Pasados 15 días después de la germinación las plántulas alcanzaron 20 cm de alto. Se procedió a cosechar los tapetes de FVH y se dividió en porciones de 300g que se suministraron a cada oveja como suplemento en su dieta (Juárez *et al.*, 2015), que incluye alimento balanceado y heno de alfalfa achicalada, así como sus horas de pastoreo, donde se encuentran pastos Rye Grass y Orchard.

## 3.6 Producción de forraje

### 3.6.1 Densidad de siembra

En trabajos anteriores como el de Rodríguez *et al.* (2017) se sugiere el uso de charolas de 43.18x43.18x5cm, en las que se pueden colocar hasta 2kg de semilla por metro cuadrado, lo que equivaldría a un promedio de 2.2kg a 3.4kg de semillas germinadas (Juárez *et al.*, 2015).

En este trabajo se usaron dos tipos de charolas: 12 de 45x30x5cm que se emplearon para el cultivo de avena y 24 de 40x60x5cm, de las cuales se emplearon 12 para el maíz y 12 para el trigo. Para los tres cultivos en cada charola se colocó un kilogramo de cada semilla, esto permitió que las semillas en su mayoría germinarán con lo que se obtuvo la mayor cantidad de plántulas posibles. Con el forraje obtenido que consta de un tapete de semillas no germinadas, raíces y plántulas, se pudo suplementar las dietas de las ovejas lactantes.

### 3.6.2 Selección de semilla

Las semillas se obtuvieron en la central de abastos de la Ciudad de México, se compraron 70kg de avena, 70kg de maíz, 70kg de trigo, tal como se observan en la Figura 2.



Figura 2. Semillas obtenidas de la central de abastos

Posteriormente se seleccionaron las semillas quitando las que se encontraban quebradas y con algún defecto de limpieza para favorecer el desarrollo óptimo de las mismas.

### 3.6.3 Lavado

En una cubeta de 10 litros usando agua del grifo, se remojaron 30 segundos tiempo suficiente para que las semillas dañadas quedaran en flotando en el agua y puedan ser retiradas (Figura 3).



Figura 3. Remojo de semillas, las que flotan se retiran

En trabajos previos como en el de Espinoza Rodríguez (2005) se menciona que las semillas deben de ser lavadas y desinfectadas con una solución al 2% de Hipoclorito de sodio o bien con una solución del 4% de Cloro, estas dos sustancias son adecuadas en la desinfección, debemos considerar que el Hipoclorito de sodio químicamente es menos agresivo que el Cloro por ser un compuesto positivo, estos complementos evitan el crecimiento de hongos o bacterias que dañen las semillas (Figura 4), En este trabajo usaremos Cloro para la desinfección. El lavado de las semillas debe realizarse a mano para no dañarlas como lo muestran las Figuras 5 y 6.



Figura 4. Medida de Cloro con la que se lavaran las semillas



Figura 5. Aplicación y dilución del Cloro para el lavado de semillas



Figura 6. Proceso de enjuague y escurrimiento de las semillas.

La densidad de siembra correspondió a un kilogramo para cada una de las charolas que usamos en este trabajo (Figura 7).



Figura 7. Muestra un kilogramo de las semillas seleccionadas.

### 3.6.4 Pre-germinado

Para facilitar la germinación de las semillas estas se remojaron por 12 horas continuas, se colaron y se dejaron respirar durante una hora, posteriormente se remojaron otras 12 horas más (Figura 8).



Figura 8. Después del colado las semillas se dejan respirar por 12 horas para comenzar el germinado

### 3.6.5 Siembra

Después de las 24 horas de remojo las semillas fueron colocadas en las charolas correspondientes. En las que se colocó un kilogramo de cada semilla: avena, maíz y trigo del pre germinado de acuerdo con la metodología propuesta por Baltazar, 2008 y se llevaron al invernadero para su desarrollo (Figura 9).



Figura 9. Distribución de las semillas para el germinado

### 3.6.6 Germinado

El proceso de germinación de las semillas se inició entre las primeras 24 y 48 horas. Para lograr esto fue necesario generar una fase inicial de oscuridad y humedad, lo que aceleró el germinado, colocando una bolsa de plástico negro encima de cada charola (Figura 10).



Figura 10. Charolas en germinado temprano, conservando humedad y temperatura.

Pasadas 48 horas se retiró la bolsa negra a las charolas, la mayoría de las semillas ya habían germinado como se muestra en la siguiente figura 11.



Figura. 11 Inicio de la germinación de maíz al día 2

Durante los siguientes días las semillas germinaron más tal como se observan en las Figuras 12 y 13.



Figura 12. Germinación de maíz al día 4



Figura 13. Germinación de maíz al día 8.

Las plántulas alcanzaban un tamaño de 15cm en los días pronosticados como lo vemos en las Figuras 14 y 15.



Figura 14. Germinación de maíz al día 10.



Figura 15. Plántula de maíz al día 12

El ciclo completo de 12 días de germinación de la avena, el maíz y el trigo se puede observar en las Figuras 16, 17 y 18.



Figura 16. Desarrollo del germinado de avena a los 12 días.



Figura 17. Desarrollo de los 12 días de cultivo de maíz.



Figura 18. Desarrollo del cultivo de trigo a los 12 días.

### **3.6.7 Frecuencia de riego**

Las semillas de FVH deben ser regadas constantemente para el óptimo desarrollo de la plántula. Las semillas seleccionadas fueron regadas con 40 ml por charola cada 8 horas con lo que se logró mantener un buen ritmo de crecimiento.

### **3.6.8 Producción**

En trabajos previos se han obtenido un promedio de 5kg de germinado por kilogramo de semilla para la avena (Ramos, 2014), de 4kg para el maíz (Morales *et al.*, 2012), 4.5kg para el trigo (Carballo, 2005).

En nuestro cultivo FVH de maíz, por cada kilogramo de semilla, se obtuvieron 4.4kg de tapete de forraje. Véase la Figura 19.



Figura 19. Rendimiento de un kilogramo de semillas por 4.4kg de FVH de maíz.

### **3.6.9 Rendimiento de avena**

El cultivo de avena se llevó a cabo entre los días 11 de noviembre al 12 de diciembre del 2019. Por cada kilogramo de semilla se obtuvo un rendimiento promedio de 4.8Kg por charola (tabla 9). El tapete de cada charola se dividió en 16 porciones de 300g, los que se dieron de suplemento a 10 ovejas a los cinco días desde que nacieron sus corderos hasta que se destetaron. En este periodo se dieron tres ciclos de siembra, por cada ciclo se obtuvieron 240 porciones, en total fueron 720, estas porciones sirvieron para alimentar a las 10 ovejas de este grupo.

### **3.6.10 Rendimiento de maíz**

Esta producción se llevó a cabo entre los días 17 de octubre al 15 de diciembre del 2019. Por cada charola se sembró un kilogramo de semilla y se obtuvieron en promedio 3.9kg de plántula en tapete. Cada tapete se divide en 13 porciones de 300g (una porción al día), los que se dieron de suplemento a las ovejas desde que nacieron sus corderos hasta que se destetaron. En este periodo se dieron cuatro ciclos de siembra, por cada ciclo se obtuvieron 195 porciones en total fueron 780, las cuales se les dio durante dos meses y medio que fue el periodo de destete de los corderos. Estas porciones sirvieron para alimentar a las 10 ovejas de este grupo.

### **3.6.11 Rendimiento de trigo**

El cultivo del trigo se dio del 11 de noviembre al 12 de diciembre del 2019, sembrando un kilogramo de semilla se obtuvo un rendimiento promedio de 4kg, tabla 10. El tapete de cada charola se dividió en 13 porciones de 300g. En este periodo se dieron tres ciclos de siembra, por cada ciclo se obtuvieron 156 porciones, en total fueron 468, los que se dieron de suplemento a las ovejas desde que nacieron sus corderos hasta que se destetaron una vez al día.

### **3.6.12 Ingesta**

La alimentación base de las ovejas con FVH se ha estudiado en trabajos anteriores, en los que se menciona que la dosis para ovinos es de 1kg de FVH/10kg de peso vivo. Como en este trabajo solo se utilizaron los FVH como suplemento alimenticio únicamente se les dieron 300g por animal (Romero-Bravo, 2017), lo que equivale al 6% de MS, debido a que la dieta base de los ovinos se compone de alimento balanceado, pacas de pastos o de alfalfa. La FAO (2001) menciona que la alimentación en borregas con FVH debe de ser entre uno y 2kg por cada kilogramo de peso vivo del animal, si sólo se alimenta de este FVH, Mogollón, (2021), menciona que al suplementar la dieta en las ovejas deben suministrarles solamente 200g.

Para este trabajo se contó con cuatro grupos de estudio, cada uno con 10 ovejas gestantes, es decir se contó con un total de 40 ovejas lactantes, los cuales fueron constituidos de la siguiente manera, el grupo control T1 integrado por 10 ovejas y sus corderos, fueron alimentados de forma normal y tradicional en el CEIEPAA, es decir, heno de alfalfa acicalada 3% de su peso vivo, 1.5kg en materia seca aproximadamente, concentrado engorda cordero nutec (proteína 18%, fibra 10%, ceniza 8.5%, grasa 4\$ y humedad 12%)150gr por cordero y 300g por oveja adulta, adicionado con sales minerales (calcio 21.04%, magnesio 1.8%, sodio 6.80%) a una razón de 20kg por tonelada de concentrado, salieron a pastar 8 horas en donde hay pastos Kikuyo, *Penisetum Clandestinum* (23% de Proteína cruda).

El grupo T2 integrado por 10 ovejas y sus corderos, en donde a las madres se les suplementó con de 300 g de FVH de avena por animal por día junto con alimento balanceado, salieron a pastar y pacas de forraje.

El grupo T3 integrado por 10 ovejas y sus corderos, en donde a las madres se les suplementó con 300g de FVH de maíz por animal por día junto con alimento balanceado, salieron a pastar y pacas de forraje.

El grupo T4 integrado por 10 ovejas y sus corderos, en donde a las madres se les suplementó con 300g de FVH de trigo por animal por día junto con alimento balanceado, salieron a pastar y pacas de forraje.

De las charolas se sacan los tapetes y se cortan para obtener los 300g que se darán a cada animal aproximadamente, véase Figura 20.



Figura 20. Tapete formado por FVH de maíz de 10 días.

Para poder utilizar los FVH se cosechan dividiendo los tapetes correspondientes, se realizó cuando la plántula alcanza una altura de 25 cm, esto es en aproximadamente entre 12 y 15 días después de la germinación como se observa en la Figura 21.



Figura 21. Crecimiento óptimo de la plántula de avena para ser ofrecida a los ovinos.



Figura 22. Crecimiento óptimo de la plántula de maíz para ser ofrecida a los ovinos.



Figura 23. Crecimiento óptimo de la plántula de trigo para ser ofrecida a los ovinos.

La forma en la que se suplemento la dieta se muestra en las Figuras 24, 25 y 26, ya que la alimentación base se distribuye en alimento balanceado, salieron a pastar y pacas de forraje, principalmente pastos de la región y alfalfa.



Figura 24. Ovejas siendo alimentadas con su dieta tradicional y suplemento de FVH de avena.



Figura 25. Ovejas siendo alimentadas con su dieta tradicional y suplemento de FVH de maíz.



Figura 26. Ovejas siendo alimentadas con su dieta tradicional y suplemento de FVH de trigo.

## 3.7 Análisis químico de semillas y germinados del FVH

### 3.7.1 Análisis de las semillas

De los tres tipos de semillas que se usaron en este trabajo, se pesaron 100g de cada semilla como se muestra en la Figura 27, con el fin de mandarlas a analizar para saber la cantidad de proteína cruda y cenizas que contenían nuestras semillas, es estudio fue realizado por la Química Águeda García Pérez.



Figura 27. Muestra las semillas para analizar.

El método para calcular las cenizas utilizado en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) fue tomado de Official Methods of Analytical Chemists 2015, 942.05, para las proteínas del Official Methods of Analytical Chemists 2016, 2001.11.

### 3.7.2 Análisis químico en germinados

Se germinaron 100g de cada semilla del estudio, se dejaron 15 días para que la plántula tuviera los 20cm necesarios y se pudiera realizar su análisis posteriormente.

El método para calcular las cenizas utilizado en el laboratorio de bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) fue tomado de Official Methods of Analytical Chemists 2015, 942.05, para las proteínas fue del Official Methods of Analytical Chemists 2016, 2001.11, tal como se ve en la Figura 28.



Figura 28. Plántulas de 15 días que serán analizadas, trigo en charola izquierda y maíz en la charola derecha.

Tabla 4. Resultados del análisis realizado para la avena en el Departamento de Nutrición de la FMVZ

Avena	BH	Base 90	Base 100
Materia seca	91.43%	90%	100%
Humedad	8.57%	10%	0%
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25)	7.12%	7.01%	7.79%
Cenizas	2.55%	2.51%	2.79%

Tabla 5 Resultados del análisis realizado en semillas de maíz en el Departamento de Nutrición de la FMVZ

Maíz	BH	Base 90	Base 100
Materia seca	93.49%	90%	100%
Humedad	6.51%	10%	0%
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25)	7.36%	7.09%	7.87%
Cenizas	1.37%	1.32%	1.47%

Tabla 6 Resultados del análisis realizado para el trigo en el Departamento de Nutrición de la FMVZ

Trigo	BH	Base 90	Base 100
Materia seca	94.89%	90%	100%
Humedad	5.11%	10%	0%
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25)	9.71%	9.21%	10.34%
Cenizas	1.59%	1.51%	1.68%

Las ovejas fueron suplementadas con estos tapetes de FVH desde el día que parieron a sus corderos hasta el día de destete de los mismos, dicha suplementación se daba cuando regresaban de pastorear, al ofrecerles el alimento balanceado y los Henos de alfalfa o pastos se les dio a cada oveja tapetes de FVH de 300g ya sea de avena, maíz o trigo dependiendo el grupo donde se encontraban las ovejas.

Para el análisis de la leche de las 40 ovejas del estudio fue necesario ordeñarlas manualmente para obtener una cantidad de cuando menos 30ml por oveja, la leche de cada oveja y de cada grupo se juntaron para hacer un promedio de la proteína y grasa, esto se llevó acabo 5 días después de que parieron para garantizar no medir calostro en lugar de leche.

### 3.8 Análisis de leche

El método del cálculo de proteína que se usa en el laboratorio de bromatología del Departamento de Nutrición y Bioquímica se obtuvo del Official Methods of Analytical Chemists 2016, 2001.11, la determinación de la grasa fue obtenida por la técnica de Gerber que fueron usados por la Química Águeda García Pérez.

En los grupos T2, T3 y T4 a los cuales se les suplemento su alimentación con los FVH, se les ordeño de forma manual en dos ocasiones, la primera antes de ser suplementados cinco días después del nacimiento de los corderos y la segunda mes y medio después de la suplementación, estos grupos están constituidos por 10 ovejas y sus respectivos corderos, al grupo T1 se le ordeño de forma manual al inicio de este trabajo ya que es el grupo control.

### 3.9 Diseño estadístico completamente al azar

En este trabajo se realizó un estudio estadístico para determinar que suplementación de las dietas generaba la mayor ganancia de peso en los corderos al nacimiento, al mes, a los dos meses y al destete, tomando en consideración que las hembras comenzaron la suplementación en sus dietas el día en que parieron a sus corderos.

El diseño estadístico de completamente al azar tiene como fórmula

$$y_{ij} = \mu_i + \epsilon_{ij}$$

Donde

*y<sub>ij</sub> es la observación de la j – ésimo u. e. del i – ésimo tratamiento*

*μ<sub>i</sub> es la media del i – ésimo tratamiento*

*ε<sub>ij</sub> es el error experimental de la unidad ij*

Pero para nuestro trabajo que sólo analiza una variable que es la ganancia de peso en los corderos, eliminamos la media y el error para esta variable, por lo que la fórmula queda como

$$Y_{ij} = \alpha_i$$

### 3.10 Análisis estadístico de la ganancia diaria de peso en los corderos

Para poder determinar la ganancia de peso en los corderos se utilizó la fórmula de

$$GDP = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{Edad(días)}$$

lo que nos permitió observar la ganancia diaria de los corderos.

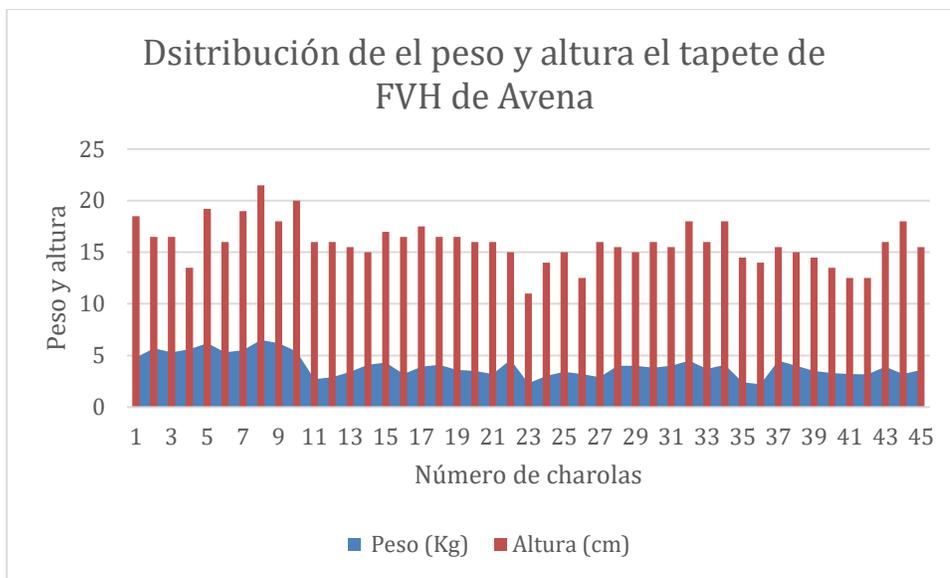
En el grupo control (T1) el número de corderos estudiados fue de 16, ya que dos de ellos fallecieron por cuestiones naturales. En el grupo de ovejas suplementadas con FVH de avena (T2), el número de crías fue de 14, todos llegaron a término. En el grupo de ovejas a las que se les suplemento con FVH de maíz (T3) nacieron 15 corderos los cuales llegaron a término. De los 15 corderos nacidos del grupo de ovejas suplementadas con FVH de trigo, la totalidad lleo a término.

El diseño estadístico que se llevó a cabo fue el completamente al azar con un valor de p de 0.05. Este se realizó utilizando el programa de SAS, junto con un análisis de varianzas por Tukey para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas, este análisis fue proporcionado por Dra. Angélica Valeria Lorenzana.

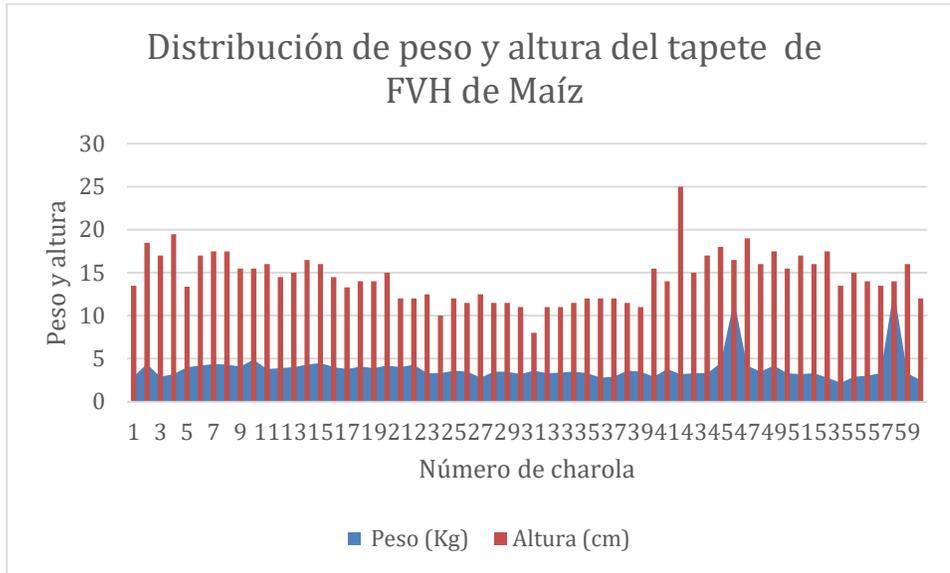
## 4. Resultados

La siembra de los cultivos de FVH de avena, maíz y trigo, se llevó a cabo en 15 charolas para cada uno, en donde solo se colocó un kilogramo de semilla para su óptimo desarrollo, esto sin suplementación de nutrientes.

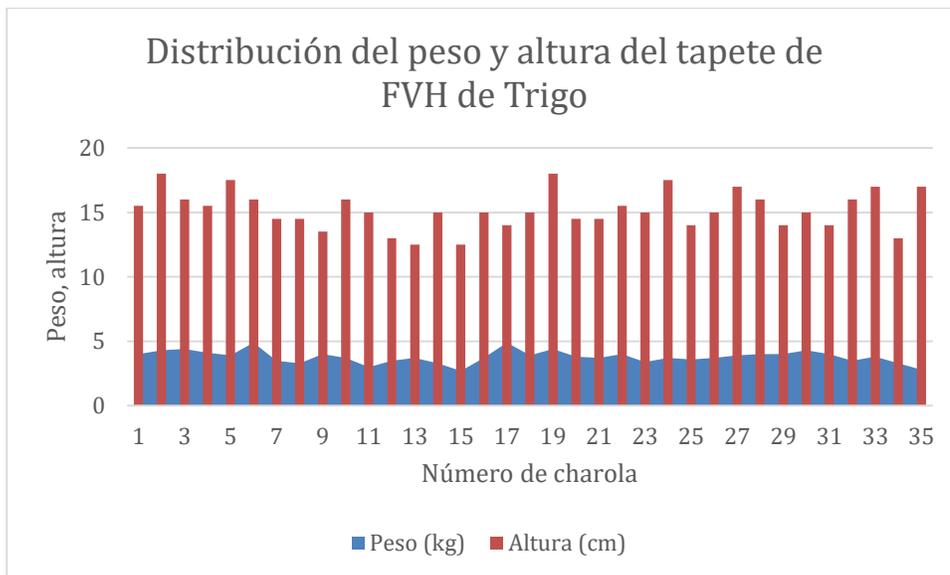
Gráfica 7. Muestra la distribución de pesos y alturas del germinado de avena durante la cosecha en las distintas charolas.



Gráfica 8. Muestra la distribución de peso y alturas de los germinados de maíz durante la cosecha en las distintas charolas.



Gráfica 9. Muestra la distribución de peso y alturas de los germinados de trigo durante la cosecha en las distintas charolas.



Con 100g de semillas de maíz, trigo y avena se realizaron germinados para medir la cantidad de proteínas y cenizas que aportarían los FVH, se muestran los resultados de estos estudios en la tabla7.

Tabla 7 Resultados del análisis realizado en los germinados de avena, maíz y trigo y avena en el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Habíamos dicho que esto ya es parte de tus resultados y discusión.

<b>MUESTRA</b> <b>Base 90</b>	<b>HUMEDAD</b> %	<b>MATERIA</b> <b>SECA</b> %	<b>PROTEÍNA</b> <b>CRUDA</b> %	<b>CENIZAS</b> %
Germen de maíz	--	--	11.46	1.77
Germen de trigo	--	--	17.67	2.25
Germinado de avena	83.25	16.75	2.19	0.59

En el caso de los tapetes de FHV que se les dieron de alimento a los animales, se realizaron análisis comparativos de Proteína cruda (PC) y cenizas (C).

En este trabajo los valores de PC de la avena son de 2.19%, de C de 0.59%, los valores son superiores en los estudios de Soto *et al.* (2012) donde la PC fue de 12.3%, López *et al.*, (2005) la PC de 9% y C de 2% al igual que la FAO 2001, Albert (2016) reportan una PC entre 24% y 25%, Mekonnen, (2019) una PC de 13.7% y Puón, (2015) una PC de 15% y C de 2%, ya que ellos enriquecieron el agua de riego con nutrientes para su crecimiento, cosa que en este trabajo no se hizo para mantener lo más orgánico posible el proceso. En el caso del maíz en este trabajo la PC son de 11.5% y de C de 1.77%, a pesar de la falta de suplementación de nutrientes nuestros resultados no están muy alejados de los de Valero (2017) una PC de 12.26% y C de 1.84%, Albert *et al.*(2016) muestra una PC de entre 21% a 30%, Mogollón (2021) tiene una PC de 10.83% y C de 4.05, Puón (2015) muestra una PC de

14.8 % y Shit (2019) una PC de 29.87%, lo que implica que esta semilla como FVH aún sin suplementos es una buena opción en alimentación de ganado. Finalmente, nuestra producción de FHV a base de trigo en este trabajo, muestra un valor de PC de 17.7% y C de 2.55%, similar con Soto 2012 con PC de 16.7%, Valero (2017) muestra una PC de 18.49% y C de 3.25%, pero en el comparativo con Albert (2016) dando muestra una PC entre 22% y 46%, Sánchez (2013) Muestra una PC de 34.56% y C de 5.8% y Puón (2015) una PC de 22%, quienes también suplementaron con nutrientes a las semillas por lo que los resultados son diferentes.

El rendimiento de las semillas en la producción de FVH es un dato relevante ya que se espera una mejora considerable en la producción de plantas en proporción a la cantidad de semillas. En este trabajo se obtuvo un rendimiento por cada kilogramo de semilla para avena de 2.3 a 6.25 kg por m<sup>2</sup>, para el maíz fue de 2.8 a 6.5kg por m<sup>2</sup> y para el trigo fue de 2.7 a 4.9kg por m<sup>2</sup> esto en 10 días de cultivo. Observamos que Albert (2016) tiene una densidad de producción de un kilogramo de semilla en cada charola o espacio de siembra dándole como rendimiento de avena de 4.4 a 4.96 kg por m<sup>2</sup>, para él maíz de 3.91 a 4.64 kg por m<sup>2</sup> y para el trigo de 8.18 a 10.73 kg por m<sup>2</sup> en 12 días, Martínez (2005) muestra que su densidad de semillas es de 600g por espacio de siembra, donde obtuvo 4.5 kg para el trigo, esto en 15 días, Sánchez (2013) muestra un rendimiento por kilogramo de semilla de trigo entre 3.5 a 9.3 kg por m<sup>2</sup> y Mekonnen (2019) por cada kg de semilla de avena obtuvo entre 1.6 a 3.2 kg por m<sup>2</sup>; debemos considerar que las plántulas al ser suplementadas con nutrientes las plántulas crecen más y hay un 98% de germinación, motivo por el cual hay un poco de diferencia.

Como se mencionó en este trabajo las ovejas lactantes fueron suplementadas con FVH en cada uno de los grupos de estudio, lo que nos lleva a la comparativa de la cantidad de alimento que debemos de darles. La FAO (2001) se encuentra referenciada en la mayoría de los artículos de esta discusión, sabemos que el enfoque principal es para ganado lechero, pero se encargan de estandarizar un promedio para pequeños rumiantes que equivale de uno a 2 kg por cada kilogramo de peso vivo del animal, esto si únicamente su dieta dependiera de FVH, Mogollón (2021) menciona que debe suplementarse con 200g de FHV, sin embargo,

en este estudio suplementamos su dieta tradicional con FVH y por ello es que solo se les dieron 300g de FVH a cada animal cada vez que se alimentó durante los tres meses del periodo de la lactancia.

#### 4.1 Análisis de leche

Como resultado de esta alimentación la calidad de la leche en estos animales se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de proteína cruda (%) y grasa (%) para los grupos control (T1), suplemento de avena (T2), suplemento de maíz (T3) y suplemento de trigo (T4).

<b>MUESTRA</b>	<b>PROTEÍNA CRUDA %</b>	<b>GRASA %</b>
Leche en T1	5.78	8.22
Leche en T2 sin avena	5.34	5.1
Leche en T2 con FVH de avena	6.65	11.5
Leche en T3 sin del maíz	4.4	7.4
Leche en T3 con FVH de maíz	6.74	10.58
Leche en T4 sin trigo	5.2	6.3
Leche en T4 con FVH de trigo	6.04	11.17

Cuando hablamos sobre ganado lechero una de las cuestiones a analizar es la leche y su porcentaje de grasa y proteína (P), esto ya que la mayoría de los estudios realizados de FVH inicialmente fueron aplicados en vacas lecheras, pero conforme fueron encontrando relaciones favorables los estudios se extendieron a pequeños rumiantes. Sin embargo, nosotros observamos y analizamos el porcentaje en el que aumentó la calidad de la grasa en la leche de las borregas en los diferentes grupos de estudio que fueron alimentados con

suplementación de FVH. Como ya vimos en este estudio, los resultados del aumento en la proteína total y grasa de la leche producida por las ovejas fueron favorables.

En este trabajo el grupo T1 muestra un valor de P de 5.78% y grasa de 1.77%, el grupo T2 sin suplementación mostraba P de 5.34% y grasa de 5.1%, este grupo al ser suplementado con FVH de avena muestra una P de 6.65% y grasa de 11.5% dando un incremento del 1.31% en P, el grupo T3 al inicio mostró una P de 4.4% y grasa de 7.4%, al ser suplementado con FVH de maíz produjo una P de 6.74% y de grasa 10.6% lo que nos muestra un incremento de 2.34% en P y de 3.18% en la grasa, el grupo T4 inicialmente mostro una P de 5.2% y grasa de 6.3%, después de ser suplementada con FVH de trigo mostró una P de 6.04% y de grasa 11.2% dándonos un aumento del 0.84% en P y de 4.87% en la grasa. Para Mejía (2020) muestra un incremento en grasa del 15.4%, mientras que López (2005) un aumento del 13.39%, ambos datos son en vacas, esto con la finalidad de hacer una comparativa

En los estudios encontrados Mejía et al. (2020) y López (2005) sobre la suplementación en la alimentación de vacas lecheras no consideran al maíz y al trigo, sin embargo, emplean avena y sus resultados demuestran que existe un aumento en la grasa de la leche, pero observamos que en las ovejas el mejor comportamiento del suplemento de FVH es con maíz para el incremento de la proteína de la leche y la avena para el incremento de la grasa en la leche.

Tabla 9. Se trabajaron con 60 observaciones y cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), en donde observamos las variables Peso al nacimiento (Pnac), Peso al mes (Pmes), Peso a los dos meses (Pbimes) y el Peso al destete (Pdest).

Tabla 9 Análisis de medias por Tukey

	T1	T2	T3	T4	Valor p	EEM
Pnac	4.09	4.63	4.11	4.32	0.40	0.146
Pmes	6.25 <sup>b</sup>	7.66 <sup>ab</sup>	7.93 <sup>a</sup>	7.00 <sup>ab</sup>	0.02*	0.25
Pbimes	10.62 <sup>b</sup>	12.53 <sup>ab</sup>	14.26 <sup>a</sup>	11.14 <sup>b</sup>	0.005 **	0.457
Pdest	11.62 <sup>b</sup>	17.13 <sup>a</sup>	19.93 <sup>a</sup>	15.92 <sup>a</sup>	<0.0001	0.690

<sup>b</sup> Son los datos de menor valor estadístico.

<sup>a</sup> Son los datos en donde existen diferencias significativas en la ganancia de peso de los corderos con respecto a T1.

<sup>ab</sup> Son los datos donde existen diferencias entre la ganancia del peso en los corderos respecto a T1 y T4.

T1 grupo control.

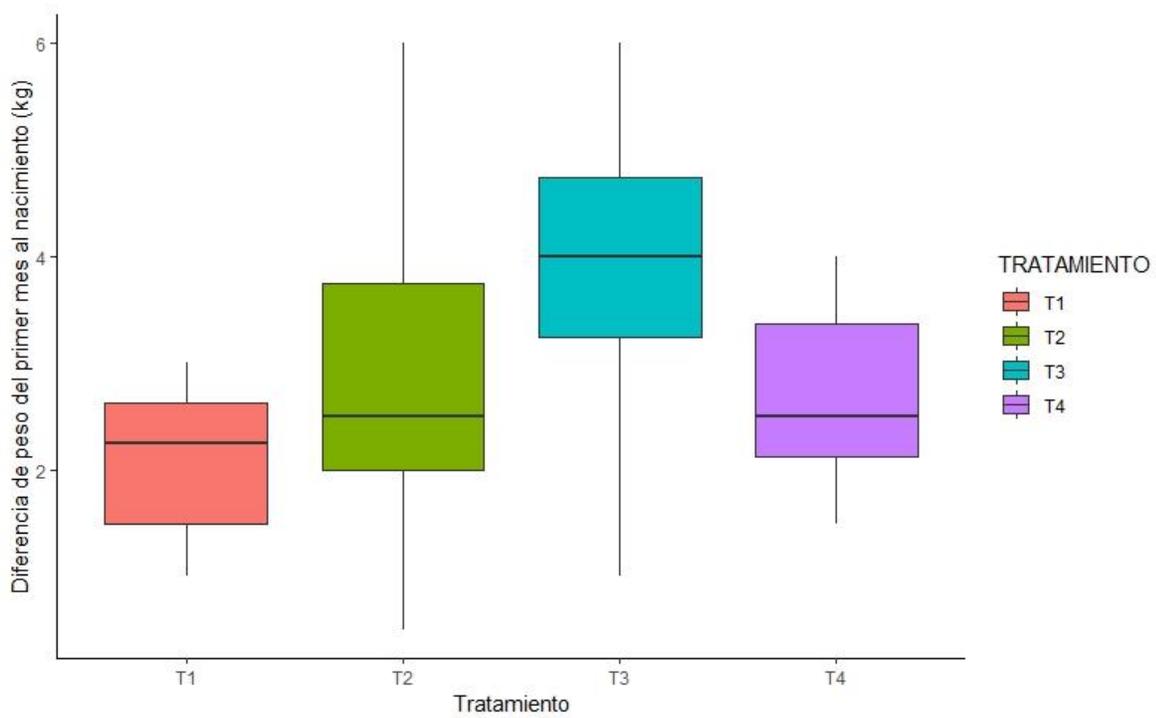
T2 grupo suplementado con FVH de avena en las ovejas lactantes.

T3 grupo suplementado con FVH de maíz en las ovejas lactantes.

T4 grupo suplementado con FVH de trigo en las ovejas lactantes.

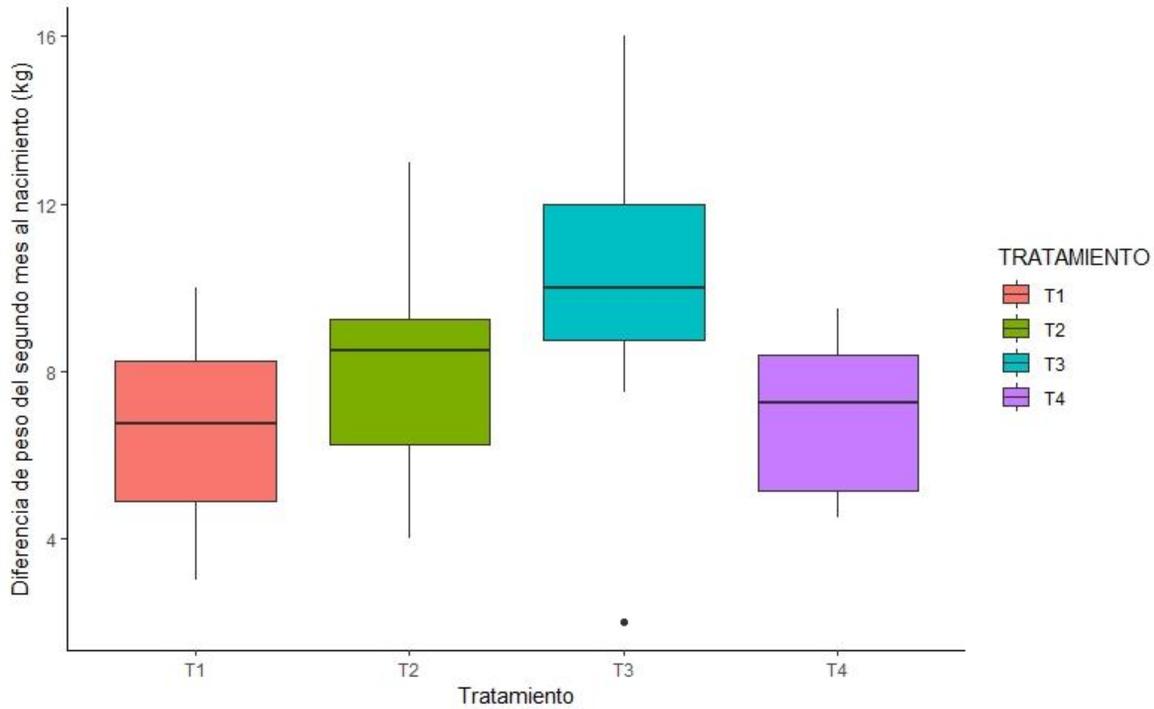
Como se observa en la tabla 9, el grupo con mayor diferencia estadística en el peso de los corderos es el T3 el cual fue el de FVH de maíz, en segundo lugar, tenemos T2 correspondiente al FVH de trigo la tercera diferencia, aunque no tan marcada como las anteriores esta T3 con el FVH de avena. Esto puede ser corroborado de la siguiente manera, los pesos al nacimiento como se observó con Tukey no tienen una diferencia estadística relevante por lo que nuestra distribución al azar fue correcta, lo interesante de ver no solo es que los datos entre los tratamientos tengan una diferencia significativa estadísticamente hablando sino cómo se comportan mes con mes la ganancia de peso con los grupos y sus tratamientos, esto se observa con los siguientes análisis en donde las comparaciones fueron con la ganancia de peso del primer mes con el nacimiento, segundo mes con el primer mes y del destete con el segundo mes.

Gráfica 10. Relación entre tratamientos y la diferencia de peso del primer mes con el peso del nacimiento usando Boxplot (datos proporcionados por Sofía Gabriela de la Cruz Pérez del IMASS).



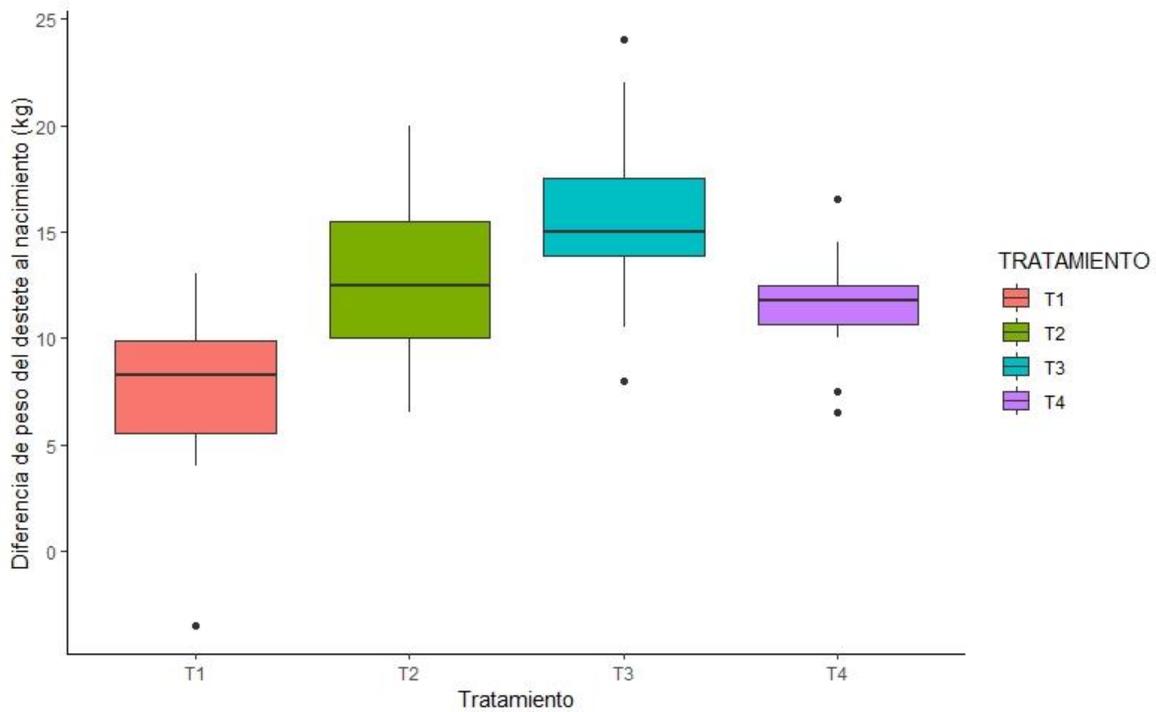
Con esta distribución de medias se comprueba que la mayor diferencia está en el T3 donde las madres fueron suplementadas con FVH de maíz.

Gráfica 11. Relación entre tratamientos y la diferencia de peso del segundo mes con el primer mes en los corderos usando Boxplot (datos proporcionados por Sofía Gabriela de la Cruz Pérez del IMASS).



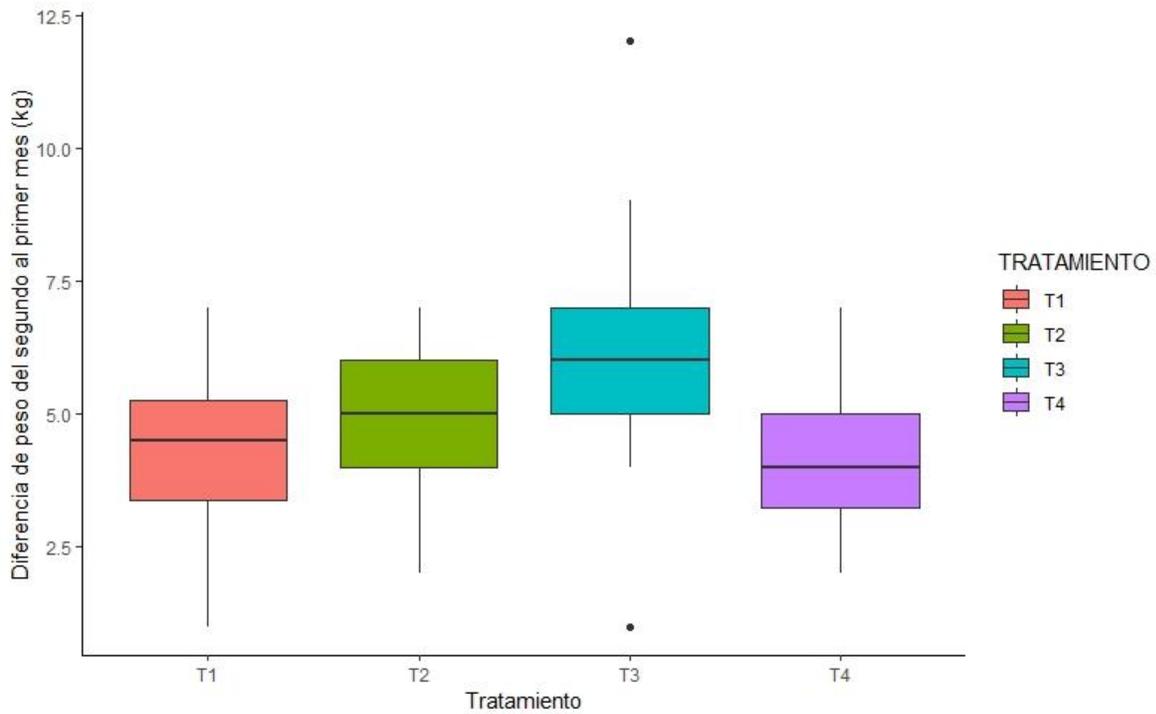
Utilizando Boxplot observamos que en los datos correspondientes a T3 tenemos un punto que sale del promedio, en donde uno de los animales no gana mucho peso. Independientemente de eso se tiene nuevamente una mejor distribución de la media con respecto al tratamiento T3.

Gráfica 12. Relación entre tratamientos y la diferencia de peso del destete con el segundo mes en los corderos usando Boxplot (datos proporcionados por Sofía Gabriela de la Cruz Pérez del IMASS).



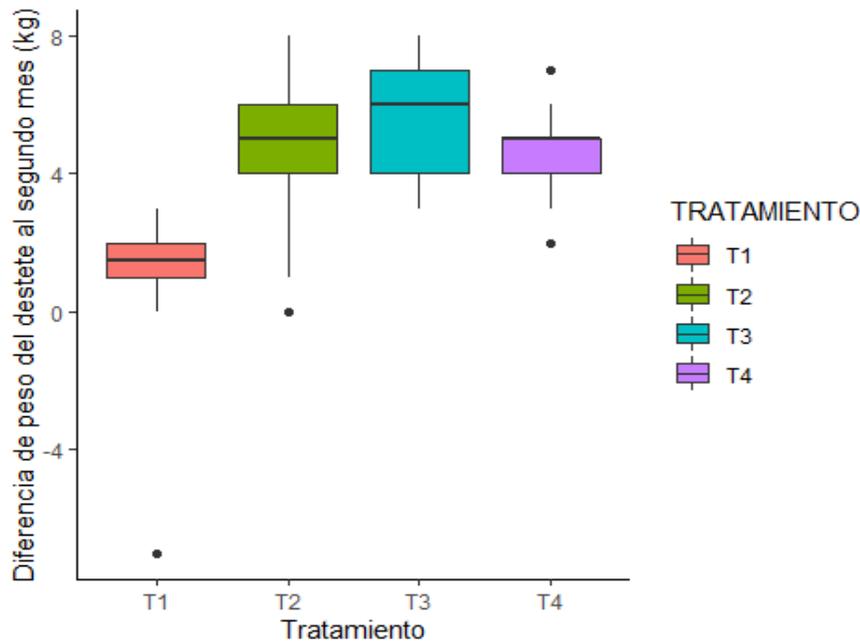
En la distribución de las medias tenemos varios animales que se encuentran en los extremos, los que claramente afectan la media, donde se ven más afectados los tratamientos T3 y T4, esto se debe principalmente a que en el tratamiento T1 hubo un deceso de un cordero por causas naturales.

Gráfica 13. Relación entre tratamientos y la diferencia de peso del segundo mes con el primer mes en los corderos usando Boxplot (datos proporcionados por Sofía Gabriela de la Cruz Pérez del IMASS).



Este análisis muestra como nuevamente al comparar los datos del peso del segundo mes ahora con el primer mes de lactancia hay dos puntos fuera de rango, esto es debido a que un cordero del grupo T3 solo ganó un kilo en ese mes.

Gráfica 14. Relación entre tratamientos y la diferencia de peso del destete con el peso del segundo mes en los corderos usando Boxplot (datos proporcionados por Sofía Gabriela de la Cruz Pérez del IMASS).



Finalmente observamos en este gráfico que la media favorece al tratamiento T3, sin embargo, hay que considerar que para este caso tres de los corderos no aumentaron de peso en este último mes, seguido de que uno murió (T1) y dos de los corderos aumentaron hasta 8kg, motivo por el cual observamos tantos puntos fuera de la distribución de las medias.

Usando los datos obtenidos de Tukey y con los análisis estadísticos completamente al azar junto con las diferencias de ganancia de peso en los corderos, se demuestra que el mejor suplemento es el de FVH de maíz, seguido por el trigo.

Los corderos obtuvieron una ganancia de peso diaria (GDP) más alta con maíz de forma general, teniendo un rango de 320g para llegar a 28kg y 100g para llegar a 11kg, con el trigo el rango fue de 289g para llegar a 21kg y de 127g para llegar a 12kg, con la avena el rango fue de 270g para llegar a 24kg y 106g para llegar a 11kg, mientras que con el grupo control su rango fue de 265g para llegar a 18kg y 152g para llegar a 10kg.

## 5. CONCLUSIÓN

Es posible suplementar con FVH la dieta de las ovejas lactantes. Con esto fue posible mejorar la calidad de la leche en grasa y proteína, lo cual se tradujo en una mejor alimentación del cordero lactante. Las crías tuvieron una mejor ganancia de peso en el mismo tiempo que los que no tuvieron esta suplementación, observamos una importante diferencia en los pesos al destete, así como los tamaños de los corderos, además no se tuvo ningún deceso de corderos cuyas madres obtuvieron los suplementos.

Observamos que las ovejas suplementadas con FVH de avena muestran un ligero aumento de la proteína y un aumento en la grasa, las ovejas suplementadas con FVH de maíz muestran un incremento en la proteína y en la grasa y finalmente las ovejas suplementadas con FVH de trigo muestran un incremento mayor en la proteína cruda y la grasa.

La mayor ganancia de peso de estos pesajes se dio en los corderos que fueron alimentados por las ovejas que se suplementaron con FVH de maíz, posteriormente el trigo y finalmente la avena. Estas diferencias fueron obtenidas usando Tukey. Los corderos del grupo control tuvieron bajos rendimientos en comparación de los grupos suplementados con FVH, por lo que podemos garantizar mejores pesos de corderos para venta.

Lo que nos lleva a considerar la suplementación con FVH de maíz y trigo en las ovejas lactantes del CEIEPAA para obtener un mejor resultado en la ganancia de peso de los corderos de abasto.

## 6. Referencias

Albert G., Alonso N., Cabrera A., Rojas L., Rosthoj S.; *Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo*; Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de agrostología y edafología, San Lorenzo, Paraguay, 2016.

Alvarado Gómez Luis Carlos, *Respuesta del maíz a la fertilización con Nitrógeno, Fósforo, Potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Nuevo León, 2002.

Amaya C., *Cultivos Hidropónicos*, sn. Bogotá, Colombia, 1998.

Arteaga J., *La ovino cultura mexicana ante las nuevas Condiciones del Entorno Mundial*, 1er Congreso Internacional del Borrego. 12, 13 y 14 de abril, Zacatecas, México, 2010.

Baltazar Efrén Ángeles, *Evaluación de densidades de siembra en forrajes verdes hidropónicos de avena y maíz bajo dos niveles de sombreo*, Universidad Autónoma Agrícola, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2008.

Carballo Mondaca Carlos R., *Manual de procedimientos para la producción de forraje verde hidropónico*, Culiacán, Sinaloa, México, 2005.

Casa Hernández César R., Tesis de ingeniero Zootecnista: *Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de vena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes*, Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2008.

Derás Flores Héctor, *Guía técnica del cultivo de maíz*, Salvador, 2014

Espinoza Rodríguez Mariana, Tesis de grado en ciencias empresariales: *Proyecto de inversión para la producción de forraje verde hidropónico en Santa María Chachoapan Nochixtlan, Oaxaca*; Oaxaca, 2005.

FAO; *Manual técnico Forraje verde hidropónico; “manejo de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA”*; Oficina Regional de la FAO para américa latina y el Caribe, Santiago, Chile, 2001.

Fuentes Francisco, Poblete Cecilia, Huerta Manuel, Palape Inés, *Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto*, Departamento de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile Volumen 29, N°3. Páginas 75-81, septiembre-diciembre, 2011

García Cruz Angélica, *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del forraje verde hidropónico*, Universidad Autónoma Agraria, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2015.

García Rodríguez Juan J., Gámez Vásquez, Francisco P., Medina Cázares Tomás, Gámez Vásquez Alfredo J., Espitia Rangel Eduardo, *Guía para producir semilla de avena*, INIFAP, 2008.

Garduño Taboada Fernando, *Modelo de producción de forraje verde mediante la hidroponía*, Maestría en ciencias e ingenieras en sistemas, Instituto Politécnico, Nacional, México, 2011.

Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Santillano-Cázares, J., & Núñez-Ramírez, F. (2016). *Nitrógeno en trigo y su efecto en el rendimiento y en la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular de tallo (ECT)*. *Acta Universitaria*, 26(5), 48-54. doi: 10.15174/au.2016.963

Juárez-López Porfirio, Morales-Rodríguez Héctor J., Sandoval-Villa Manuel, Gómez Danés Alejandro, Cruz-Crespo Elia, Juárez-Rosete Cecilia R., Aguirre-Ortega Jorge, Alejo-Santiago Gelacio, Ortiz-Catón Margarito, *Producción de forraje verde hidropónico*; Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit  
Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, 2015.

López Martínez Luis Ángel, *Producción de forraje verde hidropónico*, Centro de Investigación de Química aplicada, Saltillo, Coahuila, México, 2005.

Marulanda C.; Izquierdo, J., Manual técnico *La huerta hidropónica*, FAO, PNDU, Santiago, Chile, 1993.

Mejía Suazo David, A., Reyes Zalaya Alejandra N., *Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de literatura*, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2020.

Mekonnen Endalew, et all., *Evaluation of fodder biomass yield of hydroponically-grown barley and oats and the effects on intake, digestibility and weight gain of Washera sheep when fed as a supplement to a basal diet of natural pasture hay in Ethiopia*, Tropical Grasslands, Vol. 7(5):519-526, School of animal science and veterinary medicine, Bahir dar University, Ethiopia, 2019.

Mogollón Nelson, *Comparación de las dietas de forraje verde hidropónico (FVH) maíz amarillo y concentrado comercial, en la alimentación de 10 ovinos criollos en la Finca Sisgua municipio de Cácuta norte de Santander*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Pamplona norte de Santander, España, 2021.

Morales Rodríguez Héctor J, II Gómez-Danés Alejandro A, Juárez López Porfirio, Loya Olguín Lenin, Ley de Coss Alejandro, *Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (Zea maíz L.) con diferente concentración de solución nutritiva*, Abanico veterinario 2 (3) septiembre 2012 ISSN 2007-4204.

Novoa Rafael, Villaseca Sergio, *Requerimientos del suelo y el clima en trigos de primavera*, IPA, La platina No. 42, p39, 1987.

Organización Mundial de la Salud; Organización de las naciones Unidas para la agricultura y la alimentación; *CODEX ALIMENTARIO*; Roma, 2007, ISSN 1020-2579.

Puón Peláez Xiao-Haitzi Daniel, *Forraje verde Hidropónico como suplementación en la alimentación en zona de semi desierto*, Tesis, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, México, 2015.

Ramos Fuentes Elías, *Determinación del rendimiento y valor nutricional de la avena (avena sativa), cebada (Hordeum vulgare) y trigo (Triticum aestivum) asociada a la vicia en la producción de hidroforrajes*, Universidad Nacional de Hancavelica, Perú, 2014.

Rodríguez Izabá María G., Díaz Villagrán Stefany M., *Evaluación técnica-económica del engorde de corderos alimentados con cuatro niveles de forraje verde hidropónico*, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2017.

Romero Oriella Y., Bravo M., Silvia, *Manual de manejo ovino, alimentación y nutrición en ovinos No.3*, Instituto de Desarrollo Agropecuario, Chile, 2017, pp 63-71.

Sánchez Cortazzo Álvaro, Izquierdo Juan, Figueroa Juan, *Manual técnico para el cultivo de forraje verde hidropónico*, FAO, Santiago de Chile, 2001.

Sánchez Del Castillo Felipe, Moreno Pérez Esaú del Carmen, Contreras Magaña Efraín, Morales Gómez Joaquín, *Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos*, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México, 2013.

Shit Nonigopal, *Hydroponic Fodder Production: an alternative technology for sustainable livestock production in India*, Explor Anim Med Res, Vol. 9, Issue-2, p. 108-119, west Bengal, India, 2019.

Valero Alvarado Abdiel Abisai, *Evaluación productiva de forraje verde hidropónico*, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, División de ciencia animal, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2017.