



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS GANADEROS

### **AMBIENTE OPERATIVO, MANEJO SANITARIO Y DINÁMICA DE ENFERMEDADES DE LOS OVINOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO**

**MARCELL PEREA VALENCIA**

TESINA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA TECNOLÓGICA**

PUEBLA, PUEBLA

2020

La presente tesina, titulada: **Ambiente operativo, manejo sanitario y dinámica de enfermedades de los ovinos en el estado de Tlaxcala, México**, realizada por la alumna: **Marcell Perea Valencia**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA TECNOLÓGICA

DESARROLLO Y GESTIÓN DE SISTEMAS GANADEROS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ

ASESOR:   
DR. ÁNGEL BUSTAMANTE GONZÁLEZ

ASESOR:   
DR. JOSÉ LUIS JARAMILLO VILLANUEVA

Puebla, Puebla, México, 09 de diciembre del 2020

# AMBIENTE OPERATIVO, MANEJO SANITARIO Y DINÁMICA DE ENFERMEDADES DE LOS OVINOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO

Marcell Perea Valencia, MT

Colegio de Postgraduados, 2020

Con el objetivo de analizar el ambiente operativo, el manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México, se entrevistó a una muestra de 155 productores. Se registró información de los rebaños, el ambiente operativo, el manejo e identificación de problemas de salud del rebaño. La información se analizó con estadística descriptiva, regresión logística y modelos de simulación. Los rebaños de 50 a 100 ovinos fueron los más favorecidos en su ambiente operativo por los programas institucionales, tuvieron problemas de enfermedades, instalaciones y alimentación. Los productores con rebaños de más de 100 ovinos, ocupan el segundo lugar en calidad de ambiente operativo, tuvieron más cuidado en corderos recién nacidos, suplementan y desparasitan; en estos rebaños son comunes los abortos, neumonías y diarreas. Los rebaños con menos de 50 ovinos fueron menos favorecidos en su ambiente operativo. Las variables que explicaron el ambiente operativo, en los modelos de regresión logística ( $p \leq 0.05$ ), fueron la edad del productor, la capacitación y la asesoría; en tanto, la aplicación de vitaminas en el estrato de 50-100 ovinos, tuvo diferencia en la explicación del manejo sanitario ( $p \leq 0.05$ ). En la dinámica de enfermedades, los problemas respiratorios y digestivos tuvieron mayor presencia en la época de lluvias; los corderos fueron la población más afectada por neumonías y coccidiosis en el primer mes de vida. Con base a los resultados, los estratos de productores de ovinos en el estado de Tlaxcala tuvieron diferencia en su ambiente operativo, así como en el manejo y estado de salud de sus rebaños.

**Palabras clave:** Problemas de manejo, problemas respiratorios, presencia de enfermedades, regresión logística, simulación.

# OPERATING ENVIRONMENT, FLOCK HEALTH MANAGEMENT AND DISEASES DYNAMICS OF SHEEP IN THE STATE OF TLAXCALA, MEXICO

Marcell Perea Valencia, MT

Colegio de Postgraduados, 2020

In order to analyze the operating environment, flock health management and the dynamics of diseases in the agrosilvopastoral system of sheep in the state of Tlaxcala, Mexico, a sample of 155 producers was interviewed. Information was recorded on the herds, the operating environment, the management and identification of herd health problems. The information was analyzed with descriptive statistics, logistic regression and simulation models. The herds of 50 to 100 sheep were the most favored in their operating environment by institutional programs, they had problems with diseases, housing and feeding. The farms with herds of more than 100 sheep, occupy the second place in quality of operating environment, they had more care of newborn lambs, they supplemented and dewormed; abortions, pneumonia and diarrhea are common in these herds. Herds with less than 50 sheep were less favored in their operating environment. The variables that explained the operating environment, in the logistic regression models ( $p < 0.05$ ), were the producer's age, access to institutional training and advisory programs; meanwhile, the application of vitamins in the 50-100 sheep stratum had a difference in the explanation of flock health management ( $p < 0.05$ ). In the dynamics of diseases, respiratory and digestive problems had a greater presence in the rainy season; lambs were the population most affected by pneumonia and coccidiosis in the first month of life. Based on the results, the strata of sheep producers in the state of Tlaxcala had differences in their operating environment, as well as in the management and health status of their herds.

**Keywords:** Management problems, respiratory problems, presence of diseases, logistic regression, simulation.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al **Colegio de Postgraduados**, por las facilidades otorgadas para realizar mis estudios de maestría.

Al **Dr. Samuel Vargas López**, por la dirección para la realización de este postgrado.

A mis asesores, **Dr. Ángel Bustamante González** y **Dr. José Luis Jamillo Villanueva** por su valioso apoyo en la asesoría de la presente tesis.

Al **MC. Roberto Ramírez Hernández**, Director del Comité de Fomento y Salud Animal del Estado de Puebla, por apoyar con becas para realizar el postgrado.

A los productores de ovinos del estado Tlaxcala por la accesibilidad y valiosa colaboración para la realización de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por su apoyo y soporte para realizar mis estudios de maestría.

# CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. El ambiente operativo de los sistemas de producción de ovinos.....	2
2.1.1. Perfil del productor.....	2
2.1.2. Pastoreo y alimentación.....	3
2.1.3. Instalaciones.....	3
2.1.4. Servicios técnicos a productores.....	4
2.2. Manejo sanitario de la producción de ovinos.....	4
2.2.1. Problemas sanitarios de los ovinos.....	5
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	7
3.1. Objetivo.....	8
3.2. Hipótesis.....	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
4.1. Área de estudio.....	9
4.2. Registro de información.....	9
4.3. Análisis de datos.....	10
4.3.1. Ambiente operativo y manejo sanitario.....	10
4.3.2. Dinámica de los problemas sanitarios.....	12
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1. Los rebaños de ovinos.....	16

5.2.	El ambiente operativo en la crianza de ovinos .....	20
5.3.	Problemas que limitan la producción de ovinos.....	23
5.4.	Manejo sanitario en la producción de ovinos.....	25
5.5.	Identificación de problemas sanitarios.....	28
5.6.	Dinámica de problemas sanitarios y enfermedades.....	29
5.6.1.	Época en que se presentan los problemas sanitarios.....	29
5.6.2.	Neumonías en corderos.....	32
5.6.3.	Coccidiosis en corderos.....	33
VI.	CONCLUSIONES.....	35
VII.	LITERATURA CITADA.....	37

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Variables del modelo de regresión logística.....	11
Cuadro 2. Niveles, flujos y parámetros del modelo Vensim para la simulación de neumonía y coccidiosis.....	13
Cuadro 3. Estructura de los rebaños en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	16
Cuadro 4. Dimensión de instalaciones en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	17
Cuadro 5. Pastoreo y suplementación en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	19
Cuadro 6. Resultados de la regresión logística de las variables del ambiente operativo de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	23
Cuadro 7. Resultados de la regresión logística de las variables de los problemas que limitan la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	25
Cuadro 8. Resultados de la regresión logística de las variables del manejo sanitario de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	27
Cuadro 9. Resultados de la regresión logística de las variables de identificación de problemas enfermedades de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	29

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Modelo de simulación de infecciones en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	15
Figura 2. Tipo genéticos de ovinos en las unidades de producción del estado de Tlaxcala.....	18
Figura 3. Alimentos complementarios en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	20
Figura 4. Estadísticos descriptivos del ambiente operativo para los estratos de tamaño de rebaño.....	21
Figura 5. Estadísticos descriptivos de los problemas que limitan la producción por estrato de tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	24
Figura 6. Estadísticos descriptivos de las prácticas de manejo para los estratos por tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	26
Figura 7. Estadísticos descriptivos de la identificación de problemas sanitarios para los estratos por tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	28
Figura 8. Épocas de problemas respiratorios percibidos por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	30
Figura 9. Épocas de problemas digestivos percibidos por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	31
Figura 10. Épocas de parasitosis percibidas por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	32

Figura 11.	Dinámica de las neumonías en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	33
Figura 12	Dinámica de las diarreas en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala.....	34

## I. INTRODUCCIÓN

Los problemas sanitarios de los ovinos en los sistemas agrosilvopastoriles son comunes debido a las condiciones ambientales difíciles, las prácticas de manejo deficientes, la escasa infraestructura y por la introducción de animales externos a la unidad de producción. En la mayoría de los casos son enfermedades muy conocidas en la literatura y a veces por la mayoría de los productores. La importancia de las enfermedades está dada por su efecto negativo en la producción, pérdidas económicas por la muerte de animales, los altos costos de los tratamientos y por limitar la comercialización de los ovinos.

Los padecimientos sanitarios más comunes son de tipo infeccioso y parasitario. Entre las enfermedades que afectan a los ovinos se encuentran la linfadenitis caseosa (Estevao *et al.*, 2006), enfermedades de tipo respiratorio (Caicedo *et al.*, 2016), los nemátodos gastrointestinales y pulmonares (Benavides, 2009), la artritis (Acero-Plazas, 2014), neumonía, diarrea y gabarro (Cárdenas, 2012).

Las enfermedades se presentan en el rebaño de ovinos cuando los factores que las producen encuentran un medio favorable para hacerlo. El conocimiento de los factores que favorecen la presencia de enfermedades es de suma importancia. Este conocimiento puede representar múltiples beneficios a los productores de ovinos, ya que muchas veces no existe una medicina más efectiva que el manejo de los animales.

En las condiciones de los sistemas agrosilvopastoriles el conocimiento de las enfermedades y de los factores predisponentes es la base para el diseño de prácticas de gestión holística, porque de nada sirve diseñar un plan de control a base de medicinas sino se atienden las causas que las originan. Con base a lo anterior, se planteó el presente estudio para conocer la situación del manejo sanitario en los sistemas agrosilvopastoriles en las condiciones socioeconómicas y productivas de los productores del estado de Tlaxcala.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El ambiente operativo de los sistemas de producción de ovinos

En el ambiente operativo de los sistemas de producción de ovinos se analizan las características socioculturales de los productores, el uso de recursos y la intervención institucional.

#### 2.1.1. Perfil del productor

En la literatura se reporta que las variables sociodemográficas y culturales son características de los productores que tienen efecto en la producción de ovinos. Dentro de estos factores, se señala que la edad del productor tiene relación con la dinámica interna de la unidad de producción. Los sistemas de producción de ovinos son manejados por personas de edad intermedia (Pérez *et al.*, 2011; Vázquez-Martínez *et al.*, 2012; Morantes, 2014) y Timaure-Jiménez *et al.* (2015), señalando un rango de 25 a 65 años. Este último autor registró participación de los jóvenes en el manejo de los rebaños. Cuando los jóvenes no participan se le atribuye a la migración a los centros urbanos (De la Rosa *et al.*, 2014) y si los productores son de mayor edad, se ha relacionado con una menor disposición para adoptar nuevas tecnologías (Pérez *et al.*, 2011).

La experiencia en la producción ovina generalmente es elevada (Rojas *et al.*, 2012; Herrera-Haro *et al.*, 2019), lo cual indica bajo relevo generacional en este subsector (Morantes, 2014) y la actividad entra en riesgo de desaparecer a largo plazo (Perea *et al.*, 2010).

Para la escolaridad, generalmente los productores tienen estudios de nivel básico (De la Rosa *et al.*, 2014; Rivas, 2014). Solo en el estudio de Quintana (2018) se encontró a productores con estudios universitarios en Colombia. El escaso nivel de escolaridad de los productores tuvo relación con las estrategias de manejo e innovación tecnológica (Morantes, 2014; Rivas *et al.*, 2015). En España se encontró que los productores jóvenes

con alto nivel educativo tuvieron mayor dirección y control del manejo de los ovinos (Morantes, 2014).

### **2.1.2. Pastoreo y alimentación**

En el uso de recursos, la característica más importante de los sistemas de producción de ovinos es la dependencia de las áreas de pastoreo para su subsistencia, es así como el agostadero se convierte en el principal soporte a la actividad ovina (Rojas *et al.*, 2012; De la Rosa *et al.*, 2014; Herrera-Haro *et al.*, 2019). En el pastoreo se utilizan orillas de caminos y pastizales en zonas de conservación (Herrera-Haro *et al.*, 2019), parcelas agrícolas y zonas de montaña (Rojas *et al.*, 2012); sin embargo, esto depende de la región en estudio (De la Rosa *et al.*, 2014). El acceso a la tierra tiene relación con el tamaño del rebaño y cuando se cuenta con tierras de riego se cultivan forrajes de corte para la alimentación del ganado (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015; Herrera-Haro *et al.*, 2019).

Cuando las condiciones de producción son favorables para la producción de ovinos, como lo señala Nuncio-Ochoa *et al.*, (2001), se puede semi-intensificar la producción. Por el proceso de intensificación de las unidades de producción de ovinos y el cambio constante de los tipos genéticos, por otros que son más exigentes en sus requerimientos, se recomienda mejorar la alimentación en corral (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2001).

En algunas circunstancias, la alimentación complementaria para los ovinos se relaciona con la eficiencia productiva y reproductiva, lo que al final se refleja en los ingresos económicos, sobre todo, en los sistemas extensivos tradicionales (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2001). Es así como en el estudio de Muñoz-Osorio *et al.* (2015), se registró el uso de alimentos balanceados comerciales, raciones elaboradas en la granja y por proveedores para la alimentación de corderos.

### **2.1.3. Instalaciones**

Por las precarias condiciones de los sistemas de producción tradicionales se tiene poco acceso a instalaciones funcionales. La mala infraestructura se relaciona con problemas de manejo de los ovinos (Acero-Plazas, 2014). Las instalaciones mal diseñadas son un factor que predisponente para las enfermedades (Valerio *et al.*, 2010) y la mortalidad de

los corderos del nacimiento al destete (Herrera-Haro *et al.*, 2019). Las instalaciones frecuentemente sirven para el encierro nocturno de los ovinos (Parra *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2019)

#### **2.1.4. Servicios técnicos a productores**

Las condiciones de subdesarrollo en la mayoría de los países que viven de las actividades agropecuarias existen limitaciones en los servicios de extensión, financiamiento y aseguramiento de la producción (Moreno y Grajales, 2017; Quintana, 2018). En la producción de ovinos esta situación se acentúa cuando son familias campesinas (Acero-Plazas, 2014).

Los servicios para los productores de ovinos en los países en desarrollo generalmente son otorgados por las instituciones públicas del sector agropecuario (De la Rosa *et al.*, 2014; Quintana, 2018). Los principales apoyos de capacitación son en manejo sanitario y reproductivo de los rebaños o en el manejo de praderas (Pérez *et al.*, 2011). También, cuando los servicios de extensión se proporcionan son pocos los productores que los utilizan, lo cual influye en la formación para utilizar los conocimientos o tecnologías disponibles (Moreno y Grajales, 2017; Quintana, 2018). En la mayoría de los casos, cuando los productores requieren de asesoría profesional para la producción de ovinos se recurre a los profesionistas privados (Pérez *et al.*, 2011).

En la organización de productores se encontró que en algunas regiones tienen acceso a la organización promovida por las asociaciones ganaderas locales (Herrera-Haro *et al.*, 2019). El pertenecer a alguna organización les da la oportunidad a los productores de participar en programas de gobierno como la asesoría técnica y transferencia de tecnología (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015; Herrera-Haro *et al.*, 2019).

## **2.2. Manejo sanitario de la producción de ovinos**

El escaso manejo sanitario es una de las causas de la baja eficiencia productiva de las unidades de producción. En los sistemas tradicionales, la práctica más común es el tratamiento de enfermedades, sin embargo, algunos autores indican que el manejo debe estar orientado a la prevención (Rivera *et al.*, 2016).

En la prevención se han recomendado prácticas de aplicación de desparasitantes, vitaminas y vacunas (Valerio *et al.*, 2010); prácticas que son comunes cuando se cuenta con los servicios técnicos (Parra *et al.*, 2014). En el caso de México, una de las vacunas que se aplican son para la prevención de Brucella (Herrera-Haro *et al.*, 2019), pasteurelosis neumónica, clostridiasis y derriengue (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015).

Con base a los conocimientos científicos actuales es posible elaborar planes de manejo para las enfermedades endémicas de una región (Nieves *et al.*, 2014). Un manejo sanitario deficiente es el principal factor causante de la mortalidad de corderos (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015; Timaure-Jiménez *et al.*, 2015; Herrera-Haro *et al.*, 2019). Para el manejo sanitario de los rebaños ovinos se considera muy importante la asistencia técnica (Timaure-Jiménez *et al.*, 2015).

### **2.2.1. Problemas sanitarios de los ovinos**

En la literatura se encuentra abundante información de los problemas sanitarios, la experiencia de cómo se controlan y las recomendaciones técnicas para su control (Rivera *et al.*, 2016).

A continuación, se revisan los problemas de manejo sanitarios más comunes para la región de estudio:

#### **- Problemas respiratorios**

Las enfermedades del tracto respiratorio son frecuentes en las unidades de producción de ovinos (Rahal *et al.*, 2014). Los estudios realizados concluyen que la neumonía es el principal problema respiratorio que causa la muerte en los ovinos (Nava-López *et al.*, 2006; Caicedo *et al.*, 2016). Los factores predisponentes son los cambios bruscos de temperatura, deficiente alimentación y la humedad (Rivera *et al.*, 2016). La neumonía es común en varios países de América (Caicedo *et al.*, 2016). Esta es una enfermedad muy contagiosa y es causada por diferentes bacterias (Rivera *et al.*, 2016). La tasa de mortalidad depende de la etapa de crecimiento de los ovinos, así, por ejemplo, Nava-López *et al.* (2006) registraron mortalidad de 26.9 % durante la época de lluvias en ovinos de diferente etapa de producción.

- **Diarrea**

La diarrea es uno de los problemas más común de los recién nacidos o corderos en crecimiento, que son causadas por diferentes agentes etiológicos (Muñoz *et al.*, 1996; Lindsay, 2019) y con consecuencias graves en la economía de las unidades de producción, por la mortalidad de corderos y el retraso del crecimiento (Sánchez *et al.*, 2007).

- **Pododermatitis**

Son las lesiones de las pezuñas de los ovinos cuando las instalaciones no tienen la debida orientación y pendiente. Las lesiones causan problemas de locomoción o postración en las ovejas (de Jesús *et al.*, 2017) y es causa del desecho temprano de las ovejas de cría (Gutierrez-Gutierrez *et al.*, 2017).

- **Ectima contagioso**

El ectima contagioso es una enfermedad contagiosa que causa lesiones en las comisuras de la boca de los corderos, que se observan como costras secas (Robles, *et al.*, 2017).

- **Parasitosis**

Los ovinos en los sistemas tradicionales están expuestos a la presencia de parásitos, sobre todo las parasitosis internas (Castells, 2005; Benavides, 2009). Existen etapas del estado fisiológico donde los ovinos son más susceptibles a los parásitos, como son las ovejas al parto y en lactancia (Manazza, 2004). La desparasitación se recomienda al inicio de la engorda y la frecuencia de aplicación depende de las condiciones agroecológicas de una región (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015).

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

La cercanía del estado de Tlaxcala a los centros de consumo de carne de borrego, el estado de México, le da una oportunidad para la mejora de la producción y así contribuir a cubrir la alta demanda del mercado. La política pública se orientó al apoyo de los productores de ovinos a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario del estado de Tlaxcala, el apoyo a este sector fue con inversiones, capacitación y asesoría. Con estas acciones se tuvo un impulso a la innovación de las unidades de producción, motivadas por la corriente neoliberal de intensificar la producción.

En el estado de Tlaxcala hay estudios orientados a la caracterización de los sistemas de producción de ovinos dependientes de los recursos naturales (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011) y el crecimiento de corderos de diferentes cruces comerciales (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2014). Estos estudios describen la diversificación del potencial productivo para cada zona agroecológica y definen los retos de la producción de ovinos. Sin embargo, como en todo el país la información científica no se valora, más bien existe la tendencia a implementar el enfoque globalizado de una producción intensiva, es decir, enriquecer a los vendedores de animales exóticos (llamadas razas) en detrimento de la ovinocultura local. Lo que al final se tiene son sistemas de producción con una diversidad de fenotipos, pero no necesariamente existe diferencia en la especialización del productor.

La idea que prevalece en la producción de ovinos es que en el fondo es la misma para todos los productores dependientes de la tierra, pero en la práctica se observa una tendencia a la intensificación de la producción; esto generalmente se aplica a todos los productores, sin embargo, es común encontrar diferencia entre estratos de productores. La anterior se explica, porque en la región de estudio existen productores con la más alta tecnología, pero cuando se realizan los trabajos de investigación se estudia al tipo de productor más dominante, que es el de pequeña escala.

La producción de ovinos tiene amenazas que limitan la continuidad de la actividad productiva (Nieves *et al.*, 2014). Dentro de estas amenazas se encuentran los problemas

sanitarios de los ovinos en las diversas regiones del país (Benavides, 2009) y que al final se reflejan en los bajos rendimientos productivos (Suarez *et al.*, 2011; Herrera *et al.*, 2010; Nieves *et al.*, 2014). En este sentido, Nava-López *et al.* (2006) mencionan que el escaso manejo preventivo se relaciona con la eficiencia productiva y reproductiva en el rebaño. Para el control de los problemas sanitarios se recurre a la aplicación de medicamentos, pero que no necesariamente se obtienen los mejores resultados (Robles y Olaechea, 2001). Para saber cómo prevenir problemas es necesario la formación del productor, la asesoría y capacitación; pero lo más importante es la formación del personal de campo que atiende a los productores de ovinos. Como lo señalaron Herrera *et al.* (2010) la solución de los problemas sanitarios se debe abordar con el conocimiento de los mismos y de los factores que las causan. Por lo anterior, es necesario avanzar en el conocimiento holístico de la problemática relacionada con el manejo de la salud de los ovinos con el propósito de reducir el impacto que tienen en la economía de las familias.

La pregunta de investigación que guio el presente estudio fue:

¿Cuáles son los factores que explican el ambiente operativo, el manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México?

### **3.1. Objetivo**

El objetivo del trabajo de investigación fue analizar el ambiente operativo, el manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México.

### **3.2. Hipótesis**

La dimensión de la unidad de producción se relaciona con el ambiente operativo, el manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en los municipios de Tetlatlahuca, Nanacamilpa de Mariano Arista y Calpulalpan en el estado de Tlaxcala, los cuales son los más importantes en la producción ovina. El área se localiza en las coordenadas 19°11' y 19°38' de latitud norte y 98°15' y 98°42' de longitud oeste. La altitud tiene un rango de 2200 a 3500 msnm. El rango de temperatura es de 10 a 18°C. El clima en el área de estudio es templado en sus variantes semiseco, semifrío y subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación anual varía de 500 a 1000 mm.

### 4.2. Registro de información

Para el registro de información se realizó un muestreo simple aleatorio para seleccionar una muestra de 155 productores de ovinos. El registro de información se realizó mediante entrevista directa al productor en su unidad de producción y se aplicó un cuestionario.

La información registrada se estructuró en datos de los rebaños, ambiente operativo, limitantes de la producción, manejo sanitario e identificación de problemas sanitarios por el productor.

Para los rebaños se registró la siguiente información:

- a) Estructura del rebaño: tamaño del rebaño (número de ovinos), ovejas adultas (número), primas (número), crías punteras (número), corderos de engorda (número) y sementales (número).
- b) Instalaciones: área de corrales (m<sup>2</sup>) y divisiones de instalaciones (número).
- c) Tipo genético de ovinos: Se registró el tipo de cruzamientos (Suffolk, Hampshire, ovinos de pelo) y criolla.

- d) Alimentos y alimentación: Se registró el tipo de alimento utilizado, uso de pastoreo, tiempo de pastoreo al día (horas), distancia recorrida en el pastoreo al día (km), la compra forrajes, uso de raciones, uso de alimento comercial y uso de rastrojo.

Para el ambiente operativo de la producción de ovinos se consideraron las siguientes variables: edad de los productores (años), la escolaridad de los productores (años), apoyo institucional en el pasado (si, no), apoyos de programas en el pasado (si, no), capacitación (si, no), instalaciones (si, no), tierra para ganado (si, no) y si recibió asesoría (si, no)

Para los problemas que limitan la producción se consideró lo siguiente: Si se tienen problemas para la producción (si, no), problemas sanitarios (si, no), problemas de instalaciones (si, no) y problemas de alimentación (si, no).

En el manejo sanitario se consideró la siguiente información: cuidados de la oveja antes del parto (si, no), manejo de la oveja al parto (si, no), manejo de corderos (si, no), desinfección del ombligo (si, no), uso de suplementación (si, no), vacunas (si, no), desparasitación (si, no), aplicación de vitamina (si, no) y descole (si, no).

En la identificación de enfermedades o problemas sanitarios: neumonía (si, no), diarreas (si, no), parásitos (si, no) y la presencia de abortos (si, no).

#### **4.3. Análisis de datos**

##### **4.3.1. Ambiente operativo y manejo sanitario**

La información registrada se capturó en el programa Excel®. La información se analizó con el paquete estadístico SAS®, con los procedimientos de estadística descriptiva y regresión logística.

Para analizar la información las unidades de producción se estratificaron por su tamaño, quedando de la siguiente manera:

- a) Rebaños con menos de 50 ovinos (90 unidades de producción).
- b) Rebaños de 50 a 100 ovinos (31 unidades de producción).
- c) Rebaños con más de 100 ovinos (34 unidades de producción).

Posteriormente, para los análisis estadísticos las variables se organizaron en los siguientes grupos (Cuadro 1):

- a) Variables del ambiente operativo.
- b) Variables de factores limitantes de la producción.
- c) Variables del manejo sanitario.
- d) Variables de identificación de problemas sanitarios.

Cuadro 1. Variables del modelo de regresión logística.

Ambiente operativo	Factores limitantes de la producción	Manejo sanitario	Identificación de problemas sanitarios
Edad del productor (años)	Problemas de producción	Cuidados antes del parto	Parásitos
Escolaridad (años)	Problemas de enfermedades	Manejo durante el parto	Diarreas
Apoyo institucional	Problemas de instalaciones	Cuidados de la cría	Neumonías
Apoyo de programas	Problemas de alimentación	Desinfección del ombligo	Abortos
Capacitación		Suplementación	
Instalaciones		Aplicación de vacunas	

Para la información del ambiente operativo, el manejo sanitario y la identificación de enfermedades por los productores se utilizó el modelo de regresión logística para respuestas bivariadas, el valor de Y de una producción de ovinos tuvo valores de 1 a 0; el valor Y=1 fue para la respuesta positiva y el 0 indicó lo contrario. Bajo el supuesto de  $\mathbf{x}$  es un vector de las variables de estudio, en tanto, se considera a  $\pi = \Pr(Y = 1 | \mathbf{x})$  como

la probabilidad de la respuesta modelada. El modelo de regresión logística es el siguiente (SAS, 2013):

$$\text{logit}(\pi) = \log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \alpha + \beta'x$$

en donde:  $\alpha$  es el intercepto y  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_s)'$  es el vector de pendientes de  $s$  parámetros

#### 4.3.2. Dinámica de los problemas sanitarios

Para la dinámica de los problemas sanitarios se realizó un análisis descriptivo de las principales épocas en que estos se presentan y se simuló la dinámica de la neumonía y la coccidiosis en la unidad de producción.

En la dinámica de neumonías y coccidiosis se utilizó el modelo SIR (susceptible-infectado-recuperado) de Kermack y McKendrick (1927) y la siguiente formulación propuesta por Weisstein (s/f):

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

En donde,  $t$  es el tiempo (10 meses del periodo en que permanecen los corderos en la unidad de producción),  $S(t)$  es el número de corderos susceptibles,  $I(t)$  es el número de corderos infectados,  $R(t)$  es número de corderos recuperados,  $\beta$  es la tasa de infección y  $\gamma$  es la tasa de recuperación.

Para crear un modelo de la transmisión de las enfermedades de los ovinos en un sistema agrosilvopastoril, se dio seguimiento en tres rebaños de ovinos a las enfermedades presentes durante el crecimiento de los corderos; en este periodo se registró cada uno de los problemas sanitarios que afectaron a la unidad de producción. En este caso fue importante registrar el número de corderos, los que enfermaron, los que se recuperaron,

los corderos que murieron, cuantos se vacunaron o trataron y cuantos volvieron a recaer. Aquí fue importante registrar la época del año en que se presentó el problema.

El modelo de transmisión de cada enfermedad se elaboró a partir de la propuesta de Armstrong *et al.* (2003). Para la simulación se utilizó el programa Vensim PLE. Los principales flujos del sistema son la población de corderos susceptibles, la población infectada y la población recuperada. Se adicionaron los parámetros determinados en campo y se creó un modelo de la dinámica de la infección para cada enfermedad. Los niveles, flujos y parámetros del modelo fueron los siguientes (Cuadro 2):

Cuadro 2. Niveles, flujos y parámetros del modelo Vensim para la simulación de neumonía y coccidiosis.

Neumonía	Coccidiosis
(01) FINAL TIME = 10 Units: meses The final time for the simulation.	(01) FINAL TIME = 10 Units: meses The final time for the simulation.
(02) infección=Población susceptible*tasa de infección Units: **undefined**	(02) infección=Población susceptible*tasa de infección Units: **undefined**
(03) INITIAL TIME = 0 Units: meses The initial time for the simulation.	(03) INITIAL TIME = 0 Units: meses The initial time for the simulation.
(04) muertes=Población infectada*tasa de mortalidad Units: **undefined**	(04) muertes=Población infectada*tasa de mortalidad Units: **undefined**
(05) Población infectada= INTEG (infección-muertes-recuperación, 6) Units: **undefined**	(05) Población infectada= INTEG (infección-muertes-recuperación, 10) Units: **undefined**
(06) Población recuperada= INTEG (recuperación, 2) Units: **undefined**	(06) Población recuperada= INTEG (recuperación, 7) Units: **undefined**

Continuación Cuadro 2.

Neumonía	Coccidiosis
(07) Población susceptible= INTEG (- infección, 50) Units: Corderos	(07) Población susceptible= INTEG (- infección, 50) Units: Corderos
(08) recuperación=Población infectada*tasa de recuperación Units: **undefined**	(08) recuperación=Población infectada*tasa de recuperación Units: **undefined**
(09) SAVEPER = TIME STEP Units: meses [0,?] The frequency with which output is stored.	(09) SAVEPER = TIME STEP Units: meses [0,?] The frequency with which output is stored.
(10) tasa de infección=0.08 Units: **undefined**	(10) tasa de infección=0.2 Units: **undefined**
(11) tasa de mortalidad=0.67 Units: **undefined**	(11) tasa de mortalidad=0.3 Units: **undefined**
(12) tasa de recuperación=0.33 Units: **undefined**	(12) tasa de recuperación=0.7 Units: **undefined**
(13) TIME STEP = 1 Units: meses [0,?]	(13) TIME STEP = 1 Units: meses [0,?] The time step for the simulation.

Considerando como base a este modelo se usó para simular el comportamiento de las enfermedades más comunes en el sistema agrosilvopastoril de ovinos. Las dinámicas de las infecciones se simularon para el periodo de 10 meses que es el periodo en que permanecen los corderos en la unidad de producción hasta el momento de la venta (Figura 1).

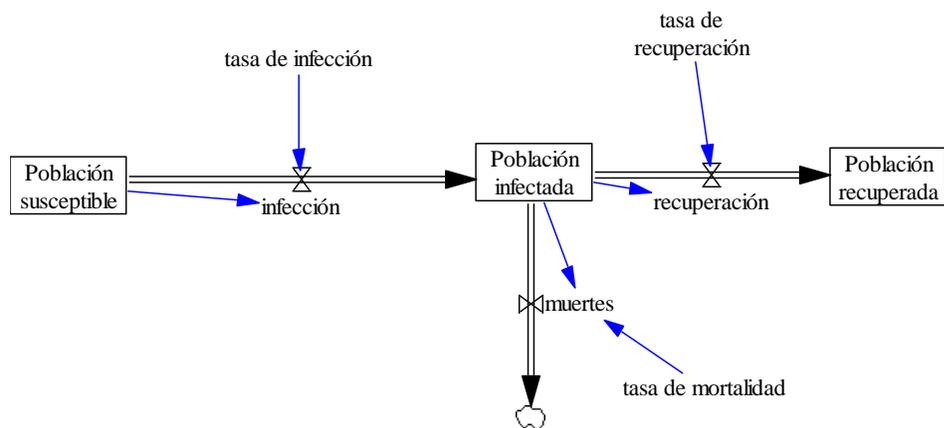


Figura 1. Modelo de simulación de infecciones en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Los rebaños de ovinos

La estructura del rebaño se presenta en el Cuadro 3. El rebaño promedio tiene 68.5 ovinos, 44 ovejas adultas, 10.5 corderos de engorda y 1.6 sementales. El tamaño de rebaño no difiere de otros estudios realizados en Tlaxcala (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011), en el estado de Puebla (Vázquez-Martínez *et al.*, 2012) y en el sur de la Ciudad de México (Herrera-Haro *et al.*, 2019). En el estudio realizado por Juárez-Morales *et al.* (2012) encontraron un tamaño promedio de los rebaños de 89 ovinos, ligeramente superior a los encontrados en este estudio.

Cuadro 3. Estructura de los rebaños en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala

Variables	Media±e.e.	Mínimo	Máximo
Total cabezas (Número)	68.5±5.3	5	339
Ovejas adultas (Número)	44±3.4	2	225
Primalas (Número)	17±1.6	1	80
Crías punteras (Número)	15.2±2.1	1	90
Ovinos de engorda (Número)	10.5±1.2	1	50
Sementales (Número)	1.6±0.08	1	5

e.e., error estándar

En instalaciones para el alojamiento de los ovinos, todos los productores indicaron que contaban con espacios para sus animales, como lo muestra el Cuadro 4. La mayor

proporción de productores contaron con un corral de manejo rústico (84.5%), lo que indica las condiciones precarias de la producción y el resto, contó con los espacios para lotificar a los animales. Estos resultados son similares a los encontrados en otros estudios, en donde mencionan que las unidades de producción tienen corrales rústicos (Ortíz *et al.*, 2012; De la Rosa *et al.*, 2014), con cercos de madera y con techos de lámina; también, existen productores que mantienen su rebaño bajo intemperie (Ortíz *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Dimensión de instalaciones en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala

VARIABLES	Media±e.e.	Mínimo	Máximo
Área de las instalaciones (m <sup>2</sup> )	159.9±610.9	8	7200
Divisiones de instalaciones (Número)	1.3±1.3	0	10.0

La población de ovinos en los rebaños se formó por cruzamientos de los ovinos criollos y los ovinos comerciales exóticos, lo que provocó la absorción del ovino criollo, y recientemente, se ha introducido el ovino pelibuey (Figura 2). Los principales tipos genéticos son criollos (9%), ovinos de pelo (11%) y cruces de Suffolk (67.1%) y Hampshire (12.9%). Los constantes cruzamientos son reportados en diversas investigaciones (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015; Rojas *et al.*, 2012), esto se debe a la intención de los productores para mejorar la productividad, sin embargo, este tipo de cruzamientos son la causa de la absorción de los ovinos locales por los ovinos introducido de tipo comercial y con la consiguiente pérdida de diversidad genética (Rojas *et al.*, 2012). En este sentido, para el estado de Yucatán se registraron cruces de ovinos de tipo Pelibuey, Dorper y Katahdin para los sistemas intensivos de engorda de corderos (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015). En el municipio de Xalatlaco, estado de México se reportó la predominancia de ovinos Hampshire y cruces (Juárez-Morales *et al.*, 2012). Es por

esto que en este estudio podemos observar la pérdida de material genético de tipo criollo y como se ha señalado, esto contribuye a la pérdida de la rusticidad y a la capacidad de adaptación a las condiciones agroecológicas de una región (Rojas *et al.*, 2012).

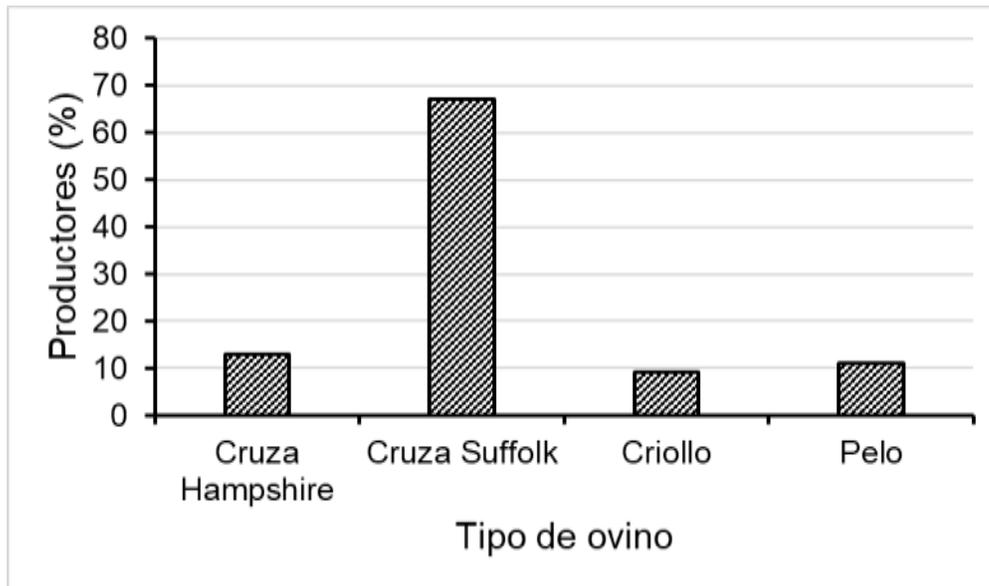


Figura 2. Tipo genéticos de ovinos en las unidades de producción del estado de Tlaxcala.

La alimentación de los ovinos es dependiente del pastoreo y una escasa cantidad del alimento se proporciona en corral (Cuadro 5). En este mismo sentido, Hernández *et al.* (2019) encontraron que en la mayoría de los rebaños ovinos se utilizó el pastoreo y la suplementación en corral. Sin embargo, en la mayor parte de los estudios realizados se puede observar que el tipo de alimentación de ovinos es a base de pastoreo (Juárez-Morales *et al.*, 2012; Herrera-Haro *et al.*, 2019; Hernández *et al.*, 2019; Parra *et al.*, 2014), utilizando las áreas disponibles en las comunidades o cualquier tipo de vegetación natural disponible en la unidad de producción (Timaure-Jiménez *et al.*, 2015; Herrera-Haro *et al.*, 2019). La escasa proporción de alimento en corral en este estudio, se relaciona con el escaso interés por intensificar la producción (Hernández *et al.*, 2019). En el estudio de Timaure-Jiménez *et al.* (2015) en Venezuela, encontraron que 71.7% de los productores no utiliza concentrados y que el resto que si lo utiliza es para la

producción de leche y queso. Caso contrario encontraron Hernández *et al.* (2019), donde 88 % de los productores si suministra alimentos concentrados en su rebaño; lo anterior indica, que el manejo tradicional se está transformando con el cambio de la alimentación.

Cuadro 5. Pastoreo y suplementación en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala

VARIABLES	Media±desviación estandar	Mínimo	Máximo
Pastoreo (horas/día)	6.2±1.6	2.0	12.0
Distancia recorrida (km)	6.8±41.1	0.5	8.0
Alimento proporcionado en corral (kg/día)	3.5±3.8	0.3	10.0

De los productores que practican la suplementación en corral se encontró que utilizan paja de cebada, rastrojo de maíz, alfalfa verde, grano de maíz y cebada grano (Figura 3). Este tipo de suplementación es a bajo precio, pero son recursos limitados y tienen escaso valor nutritivo, por lo que es necesario buscar otras alternativas para la alimentación como se ha indicado para otras regiones (Góngora-Pérez *et al.*, 2010). El uso de rastrojos y residuos agrícolas es una práctica común en las explotaciones ovinas (Herrera-Haro *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2011; Acero-Plazas, 2014). Sin embargo, hay estudios donde se confirma que la suplementación que se les ofrece a los ovinos varía en el transcurso del año, de acuerdo a lo disponible en la región, tales como: granos, forrajes de corte, subproductos agrícolas o también subproductos agroindustriales (Góngora-Pérez *et al.*, 2010; Candelaria-Martínez *et al.*, 2015).

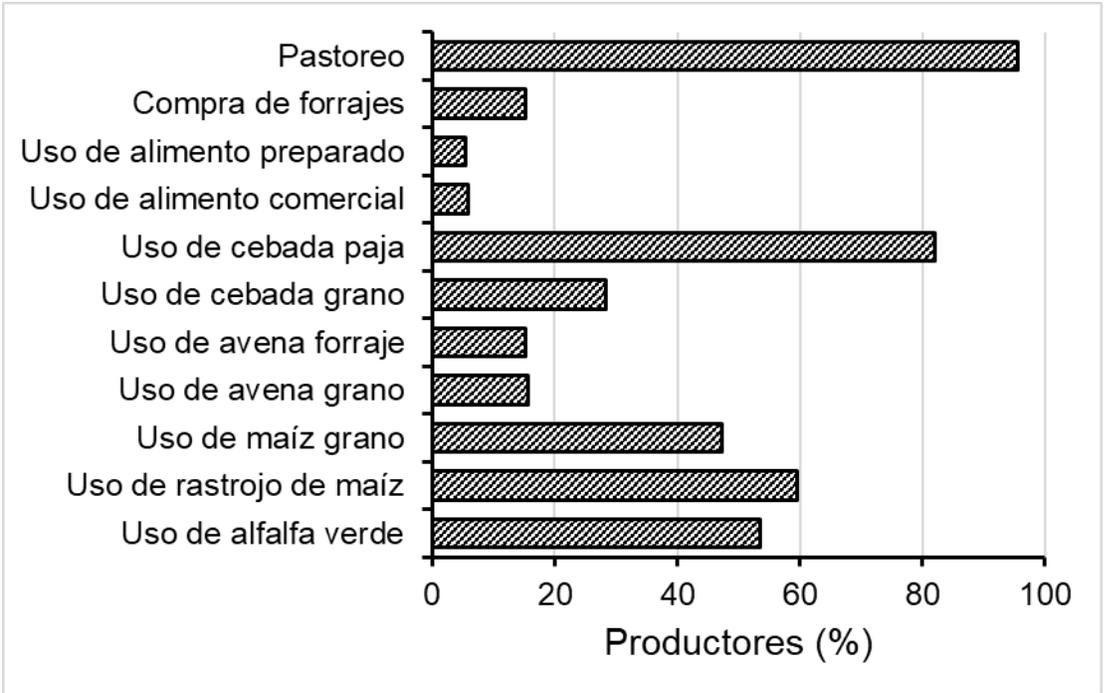


Figura 3. Alimentos complementarios en las unidades de producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.

**5.2. El ambiente operativo en la crianza de ovinos**

En la Figura 4 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables que conforman el ambiente operativo. Los productores con rebaños de 50 a 100 ovinos son personas mayores, pero en edad de trabajar (58.3 años), esta edad no difiere de la reportada por *Ortíz et al.* (2012) y *Herrera-Haro et al.* (2019); sin embargo, en el estudio de *Quintana* (2018) en Colombia, encontró una edad promedio de 40 años, la cual es menor a la encontrada en los productores de los diferentes estratos de este estudio. La escolaridad fue de nivel primaria, lo que coincide con otros estudios realizados (*De la Rosa et al.*, 2014; *Rivas*, 2014; *Herrera-Haro et al.*, 2019). Estos productores tienen tierra para el ganado, instalaciones para resguardo de los animales, recibieron los mejores apoyos institucionales del gobierno estatal y federal, asesoría y capacitación.

Los productores con rebaños de más de 100 ovinos ocupan el segundo lugar en ambiente operativo, son los de menos edad (48.1 años), cuentan con instalaciones para

alojar a los ovinos, reciben menos capacitación y asesoría comparado con los productores que tienen de 50 a 100 ovinos.

El estrato menos favorecido en su ambiente operativo es el integrado por productores con rebaños de menos de 50 ovinos, con muy poco acceso a programas institucionales y capacitación en el pasado. Esto se debe a que son pequeños productores y pertenecen a familias campesinas, por lo que no tienen mucho acceso a los programas institucionales y de asistencia técnica, como fue señalado para Colombia (Acero-Plazas, 2014).

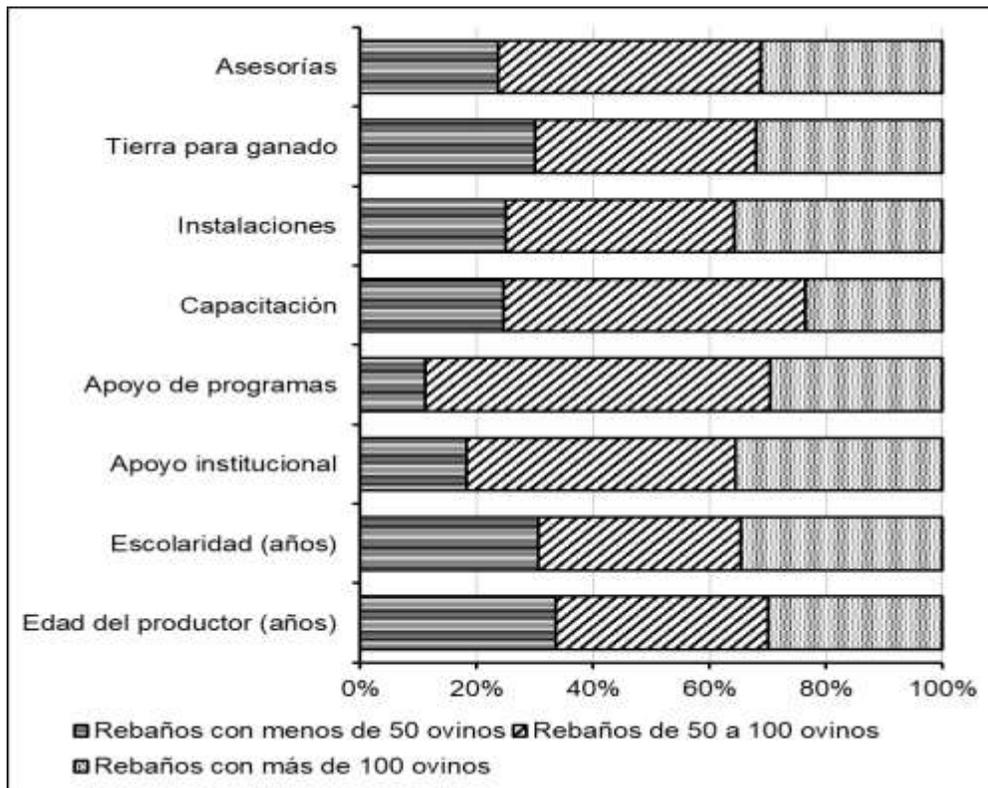


Figura 4. Estadísticos descriptivos del ambiente operativo para los estratos de tamaño de rebaño.

El modelo de regresión logística estimado indica que las variables que explican el ambiente operativo de la producción de ovinos (Cuadro 6), son: la edad del productor, el

acceso a programas institucionales de capacitación y asesoría. En este sentido, la edad del productor fue significativa para el modelo, ya que es determinante sobre las decisiones que se toman en las unidades de producción, los métodos a utilizar y a la adopción de tecnologías (Pérez *et al.*, 2011). Sin embargo, en el estudio Hernández *et al.* (2019) mencionan que las características sociales, como la edad y la escolaridad no tienen nada que ver con la productividad en los sistemas ovinos. Por tanto, en este estudio se muestra la relación de la edad de los productores como parte del ambiente operativo de la producción de ovinos.

El acceso a programas institucionales de capacitación y asesoría, influyen o se relacionan con las actividades ovinas, si hay poco acceso a estas, influye en la producción no sean sostenibles, sustentables y por ende no competitivos (Quintana, 2018).

Cuadro 6. Resultados de la regresión logística de las variables del ambiente operativo de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.

Parámetro	Rebaños de 50-100 ovejas				Rebaños de más de 100 ovejas			
	GL	Estimador	e.e.	Chi-cuadrado de Wald	Estimador	e.e.	Chi-cuadrado de Wald	
Intercepto	1	-4.0	1.6	6.5**	0.7	1.3	0.3	
Edad (años)	1	0.0	0.0	4.5*	0.0	0.0	2.9	
Escolaridad (años)	1	0.1	0.1	1.1	0.0	0.1	0.0	
Apoyo institucional	1	-0.1	0.5	0.0	-0.7	0.4	2.6	
Apoyo de programas	1	-1.0	0.5	3.9*	-0.4	0.4	0.7	
Capacitación	1	0.6	0.5	1.4	0.9	0.5	3.8*	
Instalaciones	1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	
Tierra para ganado	1	-0.4	0.3	1.6	-0.1	0.3	0.1	
Asesoría	1	-0.7	0.3	5.8*	-0.1	0.3	0.1	

GL, grados de libertad; e.e., error estándar;

### 5.3. Problemas que limitan la producción de ovinos

Los resultados de los estadísticos descriptivos de los principales problemas que limitan la crianza de ovinos se presentan en la Figura 5. Los productores con rebaños de más de 100 ovinos ocuparon el primer lugar en problemas sanitarios, pero no tuvieron dificultades en cuanto a las instalaciones y a la alimentación. En la literatura, se explica que los problemas sanitarios se deben al mayor hacinamiento de los animales (Góngora-Pérez *et al.*, 2010), aunque en este estudio cuentan con instalaciones, pero estas son

rústicas como ya se mencionó anteriormente, indicando las condiciones precarias de la producción.

Los productores con rebaños de 50 a 100 ovinos tienen el segundo lugar en problemas sanitarios, instalaciones y alimentación. En tanto, los productores con rebaños de menos de 50 ovinos son los que tienen más limitaciones de alimentación e instalaciones, pero con menos problemas sanitarios, esto podría explicarse por la poca capacitación, asesoría y asistencia técnica, ya que no cuentan con las herramientas suficientes para el diseño de planes de alimentación, construcción de instalaciones apropiadas y no saben cómo identificar los problemas sanitarios en los ovinos.

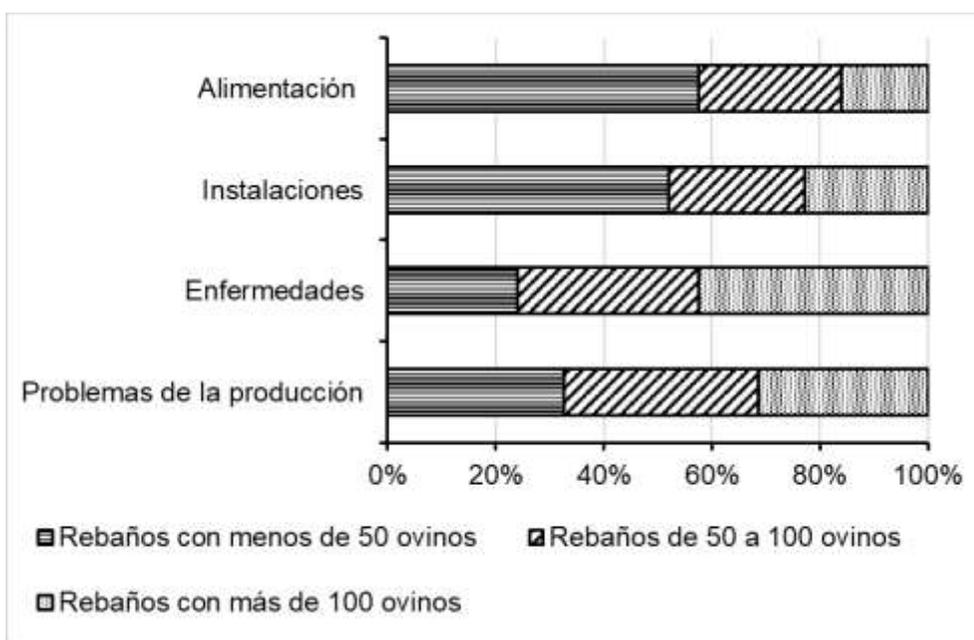


Figura 5. Estadísticos descriptivos de los problemas que limitan la producción por estrato de tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala

El modelo de regresión logística indica que las variables utilizadas no explicaron los problemas que limitan la producción de ovinos, a excepción del intercepto que fue significativo (Cuadro 7). Esto se relaciona con el problema estructural de la producción, donde la mayor parte de los productores tienen problemas comunes de insuficiente infraestructura y la dependencia del pastoreo.

Cuadro 7. Resultados de la regresión logística de las variables de los problemas que limitan la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.

Parámetro	GL	Rebaños de 50-100 ovejas			Rebaños de más de 100 ovejas		
		Estimador	e.e.	Chi- cuadrado de Wald	Estimador	e.e.	Chi- cuadrado de Wald
Intercepto	1	-2.4	0.8	8.3*	-1.3	0.8	2.6
Problemas de la producción	1	-0.6	0.4	1.8	0.2	0.3	0.6
Problemas sanitarios	1	0.0	0.2	0.0	-0.4	0.3	2.7
Instalaciones	1	0.5	0.6	0.9	0.3	0.6	0.2
Alimentación	1	0.6	0.4	2.4	0.5	0.4	1.3

GL, grados de libertad; e.e., error estándar;

#### 5.4. Manejo sanitario en la producción de ovinos

La Figura 6 presenta los estadísticos descriptivos del manejo sanitario y de alimentación para los estratos de rebaños ovinos. Los productores con rebaños de más de 100 ovinos realizan más cuidados de la cría, desinfectan ombligo y descolan. Tienen el segundo lugar en cuanto al manejo de la oveja antes y durante el parto. Son los que más practican la suplementación y la desparasitación. La aplicación de vitaminas y vacunas están por debajo de los estratos de 50-100 ovinos; estas prácticas no difieren de lo señalado por Juárez-Morales *et al.* (2012), Parra *et al.* (2014) y Herrera-Haro *et al.* (2019). Algo diferente encontrado en este estudio es que los productores con rebaños de mayor población tuvieron interés en el cuidado de las crías, en las hembras gestantes y manejo durante el parto, pero los productores con rebaños pequeños no realizaron estas prácticas.

Los productores con rebaños de 50 a 100 ovinos realizan más cuidados de la oveja antes del parto y durante el parto. Son los que más aplican vitaminas y vacunas.

Los estratos con escaso manejo sanitario son los productores con rebaños de menos de 50 ovinos, realizan muy pocos cuidados de las crías y ovejas. Esto podría relacionarse con el ambiente operativo de los productores con menos de 50 ovinos, ya que tienen poco acceso a programas institucionales, capacitación y asesoría.

Los resultados encontrados en este estudio coinciden con lo reportado por Góngora-Pérez *et al.* (2010), quienes registraron que la supervisión de los rebaños en Yucatán está condicionada por estrato del productor, donde el mayor número de vientres es mayor es la supervisión y mejor es el manejo sanitario.

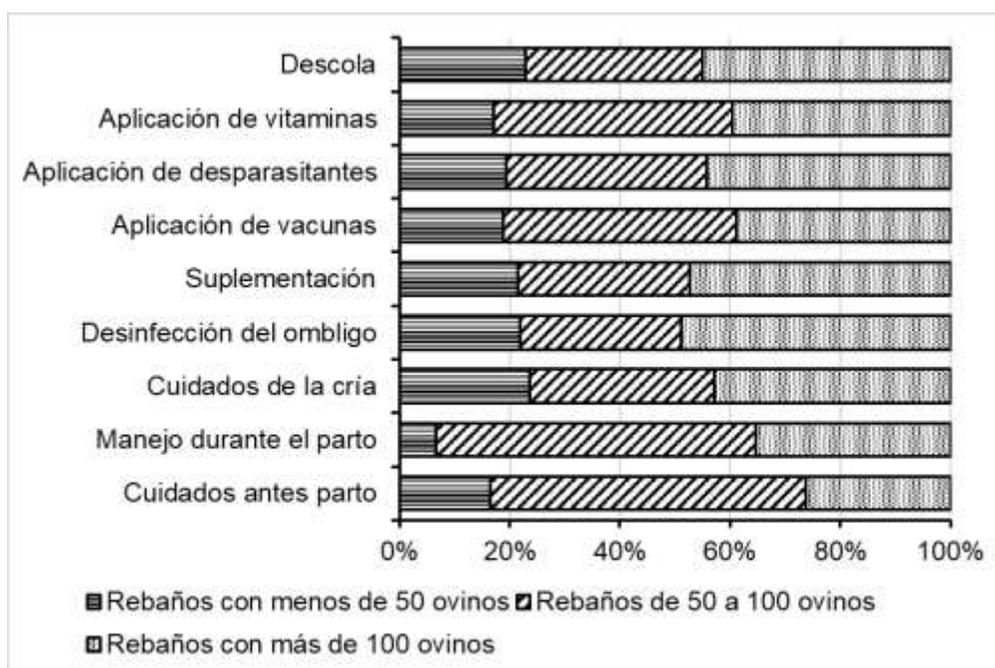


Figura 6. Estadísticos descriptivos de las prácticas de manejo para los estratos por tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala.

El modelo de regresión logística estimado para el manejo sanitario de la producción de ovinos encontró que la aplicación de vitaminas, en el estrato de 50-100 ovinos, es la única variable que puede explicar el manejo sanitario (Cuadro 8). Lo anterior, se relaciona con las variables del ambiente operativo, donde el estrato de 50-100 ovinos ha

recibido más apoyos en asesoría y capacitación, por lo mismo tienen más adopción de prácticas de manejo.

Cuadro 8. Resultados de la regresión logística de las variables del manejo sanitario de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.

Parámetro	Rebaños de 50-100 ovejas				Rebaños de más de 100 Ovejas		
	GL	Estimador	e.e.	Chi- cuadrado de Wald	Estimador	e.e.	Chi- cuadrado de Wald
Intercepto	1	0.1	0.6	0.0	-0.6	0.6	1.0
Cuidados antes parto	1	-0.6	0.4	2.4	0.0	0.5	0.0
Manejo durante el parto	1	-0.9	0.5	3.3	-0.5	0.5	1.2
Cuidados de la cría	1	0.6	0.6	1.0	0.2	0.5	0.1
Desinfección del ombliigo	1	0.2	0.4	0.4	-0.3	0.3	1.0
Suplementación	1	0.7	0.6	1.4	0.1	0.4	0.0
Aplicación de vacunas	1	-0.4	0.3	1.6	0.2	0.3	0.3
Aplicación de desparasitantes	1	-0.3	0.5	0.4	-0.5	0.4	2.2
Aplicación de vitaminas	1	-0.7	0.3	4.5*	-0.1	0.3	0.3
Descola	1	-0.2	0.4	0.2	-0.4	0.4	1.2

GL, grados de libertad; e.e., error estándar;

## 5.5. Identificación de problemas sanitarios

La identificación de problemas sanitarios se presenta en la Figura 7. Los rebaños de más de 100 ovinos tienen más problemas de abortos, neumonías y diarreas; aunque es baja la presencia de parásitos. Estos problemas podrían explicarse por el mayor hacinamiento de los animales, ya que estos suelen golpearse y provocar abortos, también, por la cantidad de estiércol acumulado en los corrales puede provocar problemas respiratorios. El estrato de productores con rebaños de 50 a 100 ovinos registraron la presencia de diarreas y menor identificación de problemas respiratorios. En los rebaños de menos de 50 ovinos se registró la presencia de parásitos y menor frecuencia de abortos.

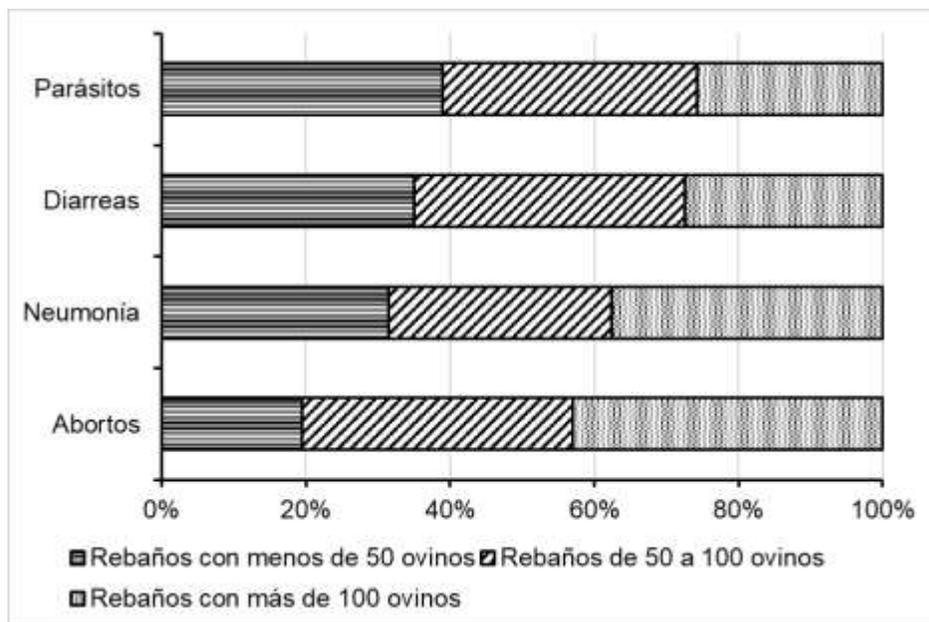


Figura 7. Estadísticos descriptivos de la identificación de problemas sanitarios para los estratos por tamaño de rebaño de ovinos en el estado de Tlaxcala.

El Cuadro 9 presenta los resultados de los factores que explican la identificación de problemas sanitarios. Lo más sobresaliente de la información fue la significancia del término independiente de los rebaños con más de 100 ovejas ( $p < 0.05$ ) y no hubo diferencia en identificar los abortos, neumonías, diarreas y parásitos entre estratos de rebaños.

Cuadro 9. Resultados de la regresión logística de las variables de identificación de problemas sanitarios de la producción de ovinos en el estado de Tlaxcala.

Parámetro	Rebaños de 50-100 ovejas				Rebaños de más de 100 ovejas			
	GL	Estimador	e.e.	Chi-cuadrado de Wald	Estimador	e.e.	Chi-cuadrado de Wald	
Intercepto	1	-0.8	0.4	3.2	-1.0	0.4	5.6*	
Abortos	1	-0.4	0.3	1.2	-0.4	0.3	1.4	
Neumonía	1	0.1	0.2	0.1	-0.3	0.3	1.6	
Diarreas	1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	1.0	
Parásitos	1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.3	0.1	

GL, grados de libertad; e.e., error estándar;

Para la producción de ovinos es frecuente que se apliquen planes de manejo sanitario de otras regiones, sin embargo, como se registró en este trabajo cada región tienen sus características muy particulares y que deben ser consideradas en el momento de proporcionar asesoría o formación de los productores. Por lo que un plan de manejo debe considerar el ambiente, las condiciones socioeconómicas de los productores, la escala de producción, el tipo de alimentación y el tipo genético de los ovinos. Si un ovino es criollo, pastorea en áreas poco frecuentadas por otros rebaños, toman agua limpia y cuentan con limpieza en las instalaciones, generalmente no requieren de un manejo intensivo.

## 5.6. Dinámica de los problemas sanitarios y enfermedades

### 5.6.1. Época en que se presentan los problemas sanitarios

En la Figura 8 se presentan las principales épocas en que los productores de ovinos observaron la presencia de problemas respiratorios. La mayor parte de los productores (40.2 %) mencionaron que este problema comienza a partir del mes de mayo hasta noviembre, lo cual coincide con la temporada de lluvias que comienzan a finales de

marzo y termina a mediados de noviembre. Aunque en una menor proporción se observa que la enfermedad existe durante todo el año, es decir, no solamente en la época de lluvias, sino que también de noviembre a marzo que es temporada de fríos y secas, quizás atribuible a las precarias condiciones de manejo de los ovinos. En el estudio de Nava-López *et al.* (2006) en Tabasco, encontraron una mayor prevalencia de neumonías en época de lluvias, además, destacan que existe mayor vulnerabilidad en los corderos y reproductoras. En el estudio Maiga (1992) en Mali, encontró una relación de la mortalidad por problemas respiratorios con la temporada fría y seca, lo contrario fue para época de lluvia.

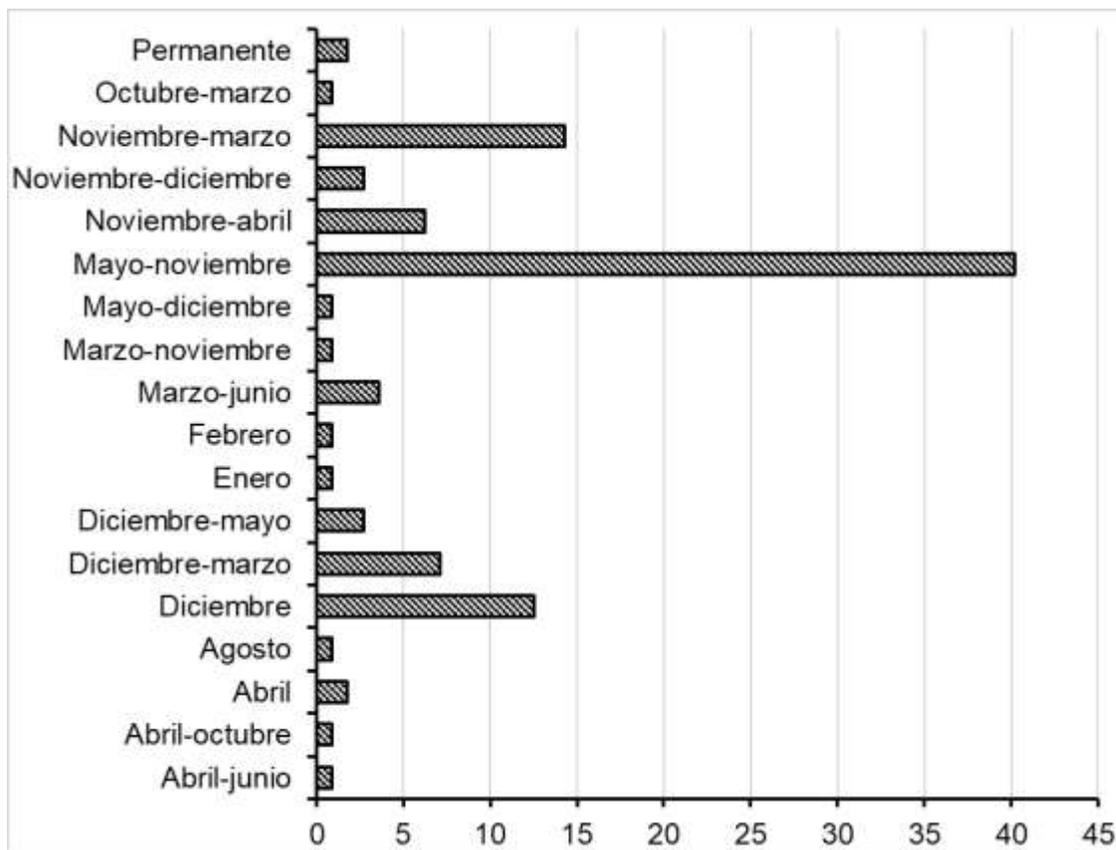


Figura 8. Épocas de problemas respiratorios percibidos por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.

La época en que se presentan los problemas digestivos se presenta en la Figura 9, la mayoría de los productores mencionaron que fueron los meses con lluvias de mayo a noviembre. Esto coincide con lo señalado para el estado de Tabasco (Nava-López *et al*, 2006), donde la época con mayor humedad y temperatura tienen relación con los problemas digestivos.

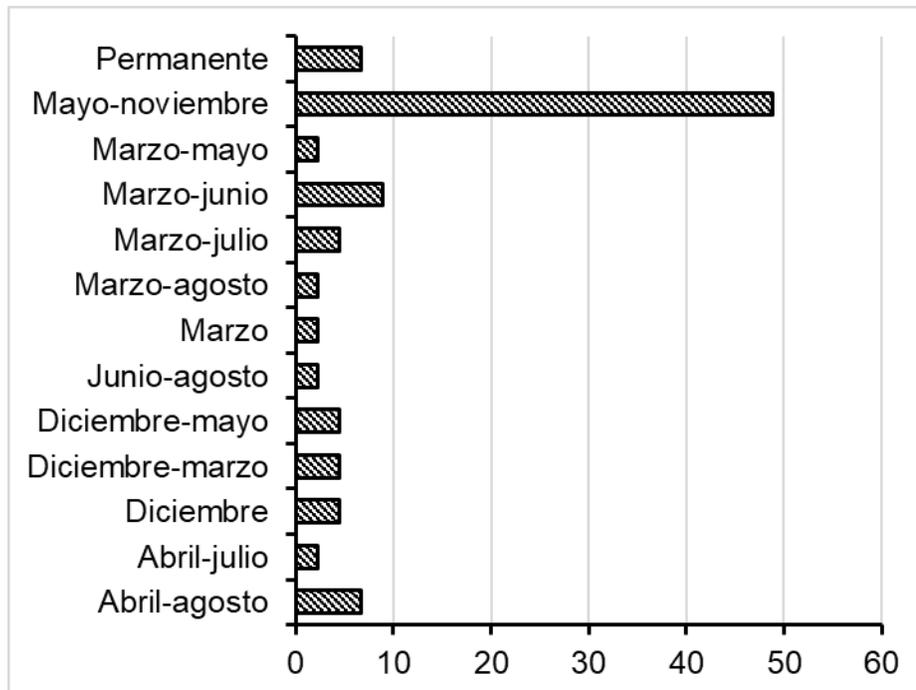


Figura 9. Épocas de problemas digestivos percibidos por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.

En la Figura 10 se presentan las principales épocas en que los productores de ovinos identificaron la presencia de parásitos. La mayoría de los productores mencionaron que se presentaron en la temporada de lluvias de mayo a noviembre (64 %), pero 20 % de los productores identifican este problema durante todo el año. Esto podría ser que las temporadas de lluvias presentan las condiciones ambientales favorables para la proliferación de parásitos en la región de estudio. Sin embargo, como lo mencionaron Rivera *et al.* (2016) para el estado de Campeche, es en la temporada de lluvias cuando existe una mayor disponibilidad de forrajes y una tasa elevada de parasitosis. En el

estudio de González *et al.* (2011) en Tabasco, encontraron un mayor porcentaje de ovinos parasitados en los periodos de mayo-agosto y de enero-marzo (arriba de 75%), pero se redujo en septiembre a noviembre.

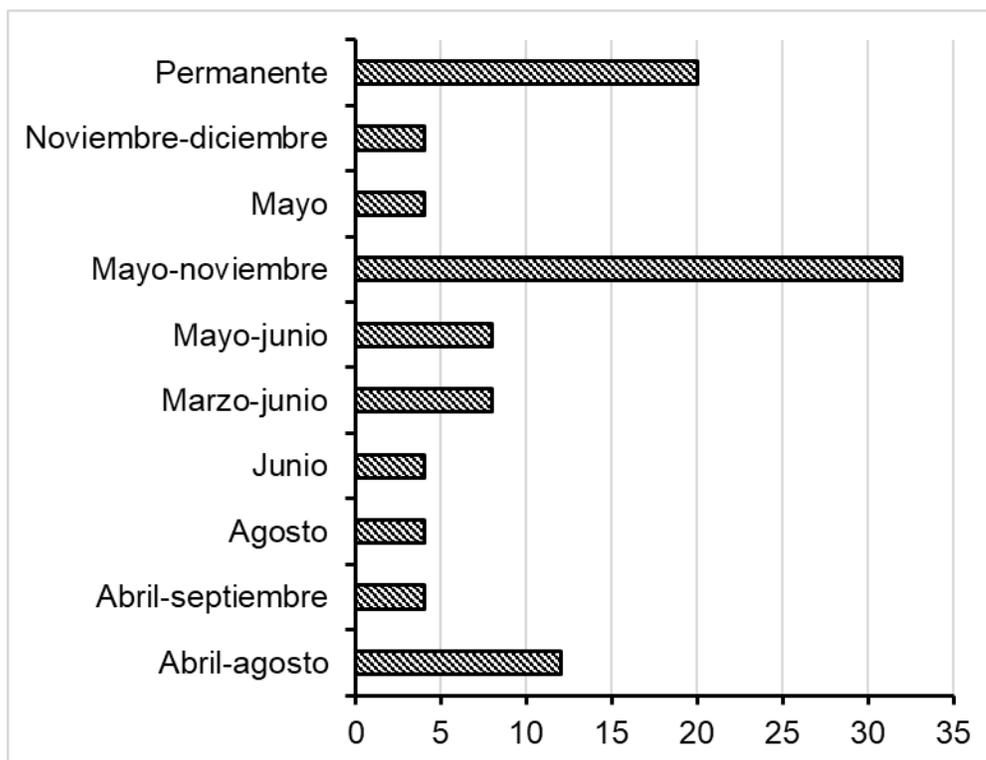


Figura 10. Épocas de parasitosis percibidos por los productores de ovinos en el estado de Tlaxcala.

Como se puede observar en este estudio los problemas respiratorios, digestivos y parasitarios tienen mayor incidencia en la época de lluvias; lo cual coincide con lo señalado por Nuncio-Ochoa *et al.* (2001) para el estado de Tabasco.

### 5.6.2. Neumonías en corderos

Los resultados del modelo de simulación para neumonías se presentan en la Figura 11, el cual indica que la población de corderos es afectada principalmente en el primer mes, posteriormente, la población infectada tiende a cero. La población recuperada llega a 12 corderos durante los 10 meses que permanecen en la unidad de producción. La

población susceptible de 50 corderos al inicio de la simulación, llegó a 20 corderos al finalizar la engorda en la unidad de producción.

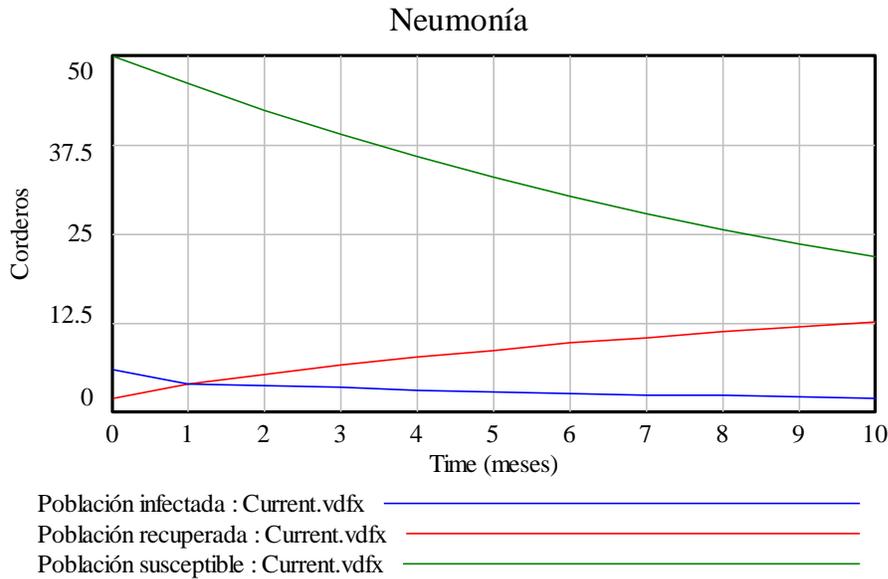


Figura 11. Dinámica de las Neumonías en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala

### 5.6.3. Coccidiosis en corderos

La Figura 12 presenta los resultados del modelo de simulación para coccidiosis. La población infectada es alta en los dos primeros meses, posteriormente empieza a disminuir hasta llegar a cero después del octavo mes de crecimiento de los corderos. La población susceptible es alta después del nacimiento del cordero, para disminuir considerablemente hasta el noveno mes de vida. En tanto, la población recuperada es superior a los 35 ovinos.

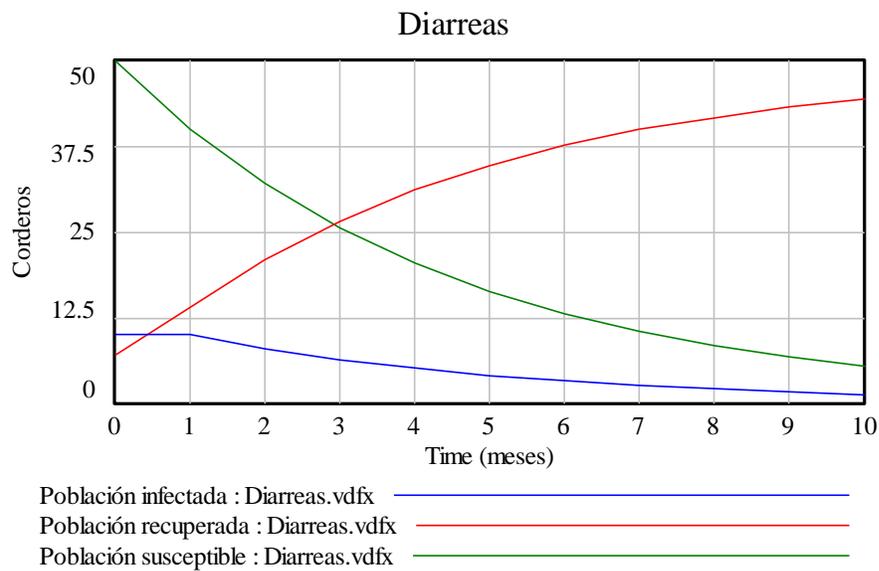


Figura 12. Dinámica de las diarreas en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala

En la crianza de ovinos, la dinámica de cada problema sanitario es específico de cada unidad de producción, por lo que no necesariamente se tiene el mismo impacto entre los productores; lo cual se explica por el ambiente específico que está determinado por el clima, la vegetación y el suelo (Rivera *et al.*, 2016).

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto a la hipótesis planteada “La dimensión de la unidad de producción se relaciona con el ambiente operativo, manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México. Para el objetivo “Analizar el ambiente operativo, manejo sanitario y la dinámica de enfermedades en el sistema agrosilvopastoril de ovinos en el estado de Tlaxcala, México”. De acuerdo con los resultados de los análisis descriptivos y de regresión logística de las variables del ambiente operativo, manejo sanitario y la dinámica de enfermedades, la hipótesis planteada no se rechaza.

La producción de ovinos en estado de Tlaxcala es a pequeña escala, con la utilización de diferente tipo genético, instalaciones rústicas y alimentación dependiente del pastoreo, de lo cual se establece lo siguiente:

- La estratificación de las unidades de producción fue importante para explicar el ambiente operativo, las prácticas de manejo sanitario y la identificación de los principales problemas del estado de salud de los ovinos.
- De acuerdo con los análisis de regresión logística el ambiente operativo es el que determinó las diferencias entre los estratos de los rebaños bajo estudio, en donde la edad del productor, la capacitación y asesoría recibida con anticipación explican estas diferencias.
- Los estadísticos descriptivos de los problemas del ambiente operativo indican que los tres estratos de rebaños comparten la misma problemática. Sin embargo, los problemas del ambiente operativo son más acentuados en los rebaños con menos de 50 ovinos.
- Los productores con rebaños de 50 ovinos son más favorecidos en su ambiente operativo, cuentan con terrenos para el ganado, instalaciones y tuvieron mayor acceso a programas que proporcionaron las instituciones gubernamentales.
- La aplicación de vitaminas en el estrato de 50-100 ovinos, es la única variable que puede explicar el manejo sanitario de la producción de ovinos.

- Los productores con rebaños de más de 100 ovinos tuvieron mejor cuidado en el manejo de los aspectos reproductivos de las ovejas y el manejo de los corderos recién nacidos, son los que suplementan, aplicación de vitaminas, vacunan y desparasitan. Estos productores identificaron más problemas de abortos, neumonías y diarreas en sus rebaños.
- Para los rebaños con menos de 50 ovinos hay escaso manejo sanitario esto se explica por el nivel bajo de capacitación y asesoría.
- Para la dinámica de las enfermedades, los problemas respiratorios, digestivos y parasitarios tuvieron mayor prevalencia en la época de lluvias y la población de corderos fue la más afectada por neumonías y coccidiosis, en los primeros meses de vida.

Como conclusión general se establece que la dimensión de la producción de ovinos (estratos) determinó las diferencias en el ambiente operativo y este a su vez en las prácticas de manejo sanitario y la presencia de enfermedades que identificaron los productores en el estado de Tlaxcala.

## VII. LITERATURA CITADA

- Acero-Plazas, VM. 2014. El bienestar animal en sistemas productivos de ovinos-caprinos en Colombia. *Spei Domus*, 10(20):57-62.
- Armstrong, D., Jakob-Hoff, R., & Seal, U. S. (2003). *Animal movements and disease risk: a workbook*. Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN). Apple Valley, Minnesota.  
[http://www.cbsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Disease.Risk\\_Manual.pdf](http://www.cbsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Disease.Risk_Manual.pdf)
- Benavides, O. E. 2009. Principales enfermedades que afectan la producción ovina en el trópico. *Revista Spei Domus*, 5 (11): 32-36.
- Caicedo, J. A.; Ávila, M. A.; Cubides, J. D. 2016. Enfermedades respiratorias de vías aéreas bajas en ovinos, impacto regional, principales etiologías infecciosas y métodos de diagnóstico. *Rev. Zooc.* 3(1):25-32.
- Candelaria-Martínez, B., Flota-Bañuelos, C., y Castillo-Sánchez, L. E. 2015. Caracterización de los agroecosistemas con producción ovina en el oriente de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2): 225–236.
- Cárdenas, S. J.A. 2012. tecnologías para la producción de ovinos en el estado de Nayarit. Folleto para productores No.02 ISBN 978-607-425-783-0. Págs. 86.
- Castells, D. 2005. Adaptación de genotipos a ambientes adversos: resistencia genética de los ovinos a parásitos gastrointestinales. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 9(1-2): 587-593.
- de Jesús, R. A., Bergo, D., Rodrigues, F. L., Sabec, G. Z., & Marcusso, P. F. 2017. Uso de medicamentos homeopáticos na pododermatite em ovinos da raça santa inês—relato de caso. *Revista De Ciência Veterinária E Saúde Pública*, 4(2), 211-219.
- De la Rosa S., Revidatti M.A., Orga A., Tejerina E., Cappello S., Pilotti P. 2014. Algunos aspectos sociales de las granjas ovinas criollas del Oeste Formoseño (Argentina). *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4: 21-323.

- Estevao, B. S., A. Gallardo; A. Abalos; N. Jodor y O. Jensen. 2006. Actualización sobre linfadenitis caseosa: el agente etiológico y la enfermedad. *Veterinaria Argentina*, 23(224):258-278.
- Galaviz-Rodríguez, J. R., Vargas-López, S., Zaragoza-Ramírez, J. L., Bustamante-González, A., Ramírez-Bribiesca, E., De Dios Guerrero-Rodríguez, J., y Hernández Zepeda, J. S. 2011. Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(1), 53–68.
- Galaviz-Rodríguez, J., Ramírez-Bribiesca, J., Vargas-López, S., Zaragoza-Ramírez, J. L., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mellado-Bosque, M., y Ramírez, R. 2014. Effect of three production systems of central Mexico on growth performance of five lamb genotypes. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(5), 1303–1308.
- Góngora-Pérez, R. D., Góngora-González, S. F., Magaña-Magaña, M. Á., y Lara, E. 2010. Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 131–144.
- González, G. R., C. Córdova P., G. Torres H., P. Mendoza G., J Arece G. 2011. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México*, 42(2): 125-135.
- Gutierrez-Gutierrez, G., Colorado-Cornelio, A., Guzman-Begerano, D., Chay-Canul, A. J., Gutiérrez-Blanco, E., & Aguilar-Caballero, A. J. 2017. Prevalencia de cojeras y pododermatitis en ovejas de pelo del trópico húmedo de México. *Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México*, 195.
- Hernández, V. D., E. Sánchez V., W. Gómez D., C. G. Martínez G. 2019. Caracterización productiva y socioeconómica del sistema de producción ovina, en un área natural protegida de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(4): 951-965
- Herrera, J.; Jordán., H.; Senra., A.F. 2010. Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(3): 211-219.

- Herrera-Haro, J. G., Álvarez-Fuentes, G., Bárcena-Gama, R., & Núñez-Aramburu, J. M. 2019. Caracterización de los rebaños ovinos en el sur del Distrito Federal, México. *Acta Universitaria*, 29: 1-15.
- Juárez-Morales, M., Y. Álvarez-Castañeda, I. A. Domínguez-Vara, J. Mondragón-Ancelmo y C. G. Martínez-García. 2012. Canales de comercialización de ovinos en el municipio de Xalatlaco, estado de México. *Memorias del. 13er. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. Pp. 593-598.
- Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. 1927. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 115(772): 700-721.
- Lindsay, P. E. 2019. *Diarreas neonatales en pequeños rumiantes: Prevalencia de Escherichia coli, Salmonella spp. Clostridium spp. y Cryptosporidium parvum en la Comunidad Valenciana (Bachelor's thesis)*.
- Maiga, S. 1992. Small ruminant morbidity and mortality in the Delta of Niger, Mali. *Small Ruminant Research*, 9 (2):181-188.
- Manazza, J. 2004. Manejo sanitario y reproductivo de los ovinos. *Revista Visión Rural*, 11(52); 1-4.
- Morantes, G. M. 2014. Análisis de la gestión y eficiencia en los sistemas de producción con ovinos en Castilla-La Mancha, España. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Págs. 197.
- Moreno, D. C. y H. A. Grajales. 2017. Caracterización de los sistemas de producción ovinos de trópico alto en Colombia: manejo e indicadores productivos y reproductivos. *Rev Med Vet Zoot*. 64(3): 36-51.
- Muñoz, M., Álvarez, M., Lanza, I. y Carmenes, P. (1996). Papel de los patógenos entéricos en la etiología de la diarrea neonatal en corderos y cabritos en España. *Epidemiología e infección*, 117(1): 203-211.
- Muñoz-Osorio, A. G., A. J. Aguilar-Caballero, L. A. Sarmiento-Franco, M. Wurzinger y R. Cámara-Sarmiento. 2015. Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 7(15): 207 – 226.

- Nava-López, VM; Oliva-Hernández, J; Hinojosa-Cellar, JA. 2006. Mortalidad de los ovinos de pelo en tres épocas climáticas en un rebaño comercial en la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 22 (2): 119-129.
- Nieves, C.A., Aguilar, C.A.J., Torres, A.J.F.J., Cámara, S.R. 2014. Problemas de salud y su control en rebaños ovinos del oriente de Yucatán, México. *Memorias de Congreso. XVIII Congreso Internacional de Ovinocultura Congreso Nacional Caprino*, Puebla. Pp 174-179.
- Nuncio-Ochoa, G., J. Nahed-Toral, B. Díaz-Hernández, F. Escobedo-Amezcuca y B. Salvatierra-Izaba. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia*, 35(4): 469-477.
- Ortíz, R. M. I., J. Hernández M., S. Rebollar R., E. Guzmán S., F. J. González R. 2012. La producción y comercialización de los ovinos en el sur del estado de México. *Memorias del. 13er. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. Pp. 599-605.
- Parra, R. I.; M. A. Magaña; J. H. Duarte; G. Téllez I. 2014. Caracterización técnica y rentabilidad de granjas ovinas con visión empresarial del departamento del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7(1): 64-72.
- Perea, J.; Mata, H.; García, A.; Castaldo, A.; Gómez, G.; Acero, R. 2010. Aspectos técnicos y sociales de las explotaciones ecológicas bovinas lecheras del noroeste de España. *Revista Científica*, 20(6): 633-639.
- Pérez, H. P.; Vilaboa A. J.; Chalate M. H.; Martínez B. C.; Díaz R. P.; López O. S. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica*, 21(4): 327-334.
- Quintana, R. A. L. 2018. Caracterización social de productores ovinos en el municipio de Chiscas – Boyacá. *Memorias del I Congreso Iberoamericano y XXXI Congreso Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias 2018*. 1-6.
- Rahal, A., Ahmad, A. H., Prakash, A., Mandil, R., & Kumar, A. T. 2014. Environmental attributes to respiratory diseases of small ruminants. *Veterinary medicine international*, vol. 2014, Article ID 853627, 10 pages.

- Rivas, J.; Perea, J.; Angón, E.; Barba, C.; Morantes, M.; Dios-Palomares, R.; García, A. 2015. Diversity in the dry land mixed system and viability of dairy sheep farming. *Ital. J. Anim. Sci.* 14: 179-186.
- Rivas, R. J. H. 2014. Nivel de Competitividad del Sistema Productivo Ovino Lechero de la DOP “Queso Manchego”. Propuestas de Mejoras de Viabilidad de las Explotaciones. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Pags. 147.
- Rivera, MJA; Lara, RMJ; Sepúlveda, VJ. 2016. Prevención y control de enfermedades de ovinos bajo pastoreo en Campeche. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Edzná. San Francisco de Campeche, Campeche. 32 págs.
- Robles, C. y F. Olaechea. 2001. Salud y enfermedades de las majadas. Cap. 11. pp 223-242. En: *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli, P. y G. Oliva Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 269 págs.
- Robles, C.; A. Peralta; L. Alvarez; A. Martínez. 2017. Brote atípico de ectima contagioso en ovinos Merino de la Patagonia Argentina. *Rev. med. vet. (B. Aires)*, 98(1): 5 – 10.
- Rojas, Á. J., S. Vargas L., Á. Bustamante G., E. Aceves R., M. Á. Casiano V. 2012. Caracterización del sistema de producción tradicional de ovinos en la Sierra Nororiente de Puebla. *Memorias del. 13er. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. Pp 607-612.
- Sánchez, C., Quilez, J., del Cacho, E., Gallego, M., López F., Estrada A. 2007. Diarreas neonatales de los pequeños rumiantes: criptosporidiosis. *Sitio argentino de producción animal*, 10(1): 23-29.
- SAS Institute Inc. 2013. SAS/STAT® 13.1 User’s Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/131/logistic.pdf>
- Suarez, V.H., Buseti, M.R., Real Ortellado, M. 2011. Prevalencia de enfermedades y manejo sanitario en los sistemas de producción ovina de lana y carne de La Pampa, Argentina. *Revista Veterinaria Argentina*, 28(284): 1-20.

- Timaure-Jiménez C., J. A. Pozo, Y. Soto-Ysea, A. Guerere-Morales. 2015. Sistemas de producción caprina y ovina en la subregión Costa Oriental del Lago de Maracaibo. *Tecnología en Marcha*, 28(1): 71-90.
- Valerio, D., García, A., Acero, R., Perea, J., Tapia, M. y Romero, M. 2010. Caracterización estructural del sistema ovino-caprino de la región noroeste de república dominicana. *Archivos de Zootecnia*, 59 (227): 333-343.
- Vázquez-Martínez I., S. Vargas-López, Á. Bustamante-González, F. Calderón-Sánchez, J. L. Zaragoza-Ramírez, N. P. Castro-González, F. Enríquez-García. 2012. Caracterización del sistema de producción tradicional de ovinos en la Sierra Nororiente de Puebla. *Memorias del. 13er. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. Pp 587-592.
- Weisstein, E.W. S/F. SIR Model. From *MathWorld*-A Wolfram. <https://mathworld.wolfram.com/SIRModel.html>