



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
SEDE UNIVERSITARIA UNA CAMOAPA**

**RECINTO MYRIAM ARAGÓN FERNÁNDEZ**

## **TRABAJO DE TESIS**

Diagnóstico de cetosis en vacas lecheras durante el post parto en las fincas “La Unión” y “San Dionisio”, municipio de Camoapa, Boaco, en el periodo marzo 2022 - febrero 2023

### **Autores**

Br. Fernando José Duarte Sequeira

Br. José Salomón Gómez Marín

### **Asesores**

Lic. José Adán Robles Jarquín

Lic. Robell Raduam Masís Ríos

**Camoapa, Boaco, Nicaragua**

**Octubre, 2023**





“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
SEDE UNIVERSITARIA UNA CAMOAPA**

**RECINTO MYRIAM ARAGÓN FERNÁNDEZ**

## **TRABAJO DE TESIS**

Diagnóstico de cetosis en vacas lecheras durante el post parto en las fincas “La Unión” y “San Dionisio”, municipio de Camoapa, Boaco, en el periodo marzo 2022 - febrero 2023

### **Autores**

Br. Fernando José Duarte Sequeira

Br. José Salomón Gómez Marín

### **Asesores**

Lic. José Adán Robles Jarquín

Lic. Robell Raduam Masís Ríos

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito para optar al título profesional de:

Licenciado en Medicina Veterinaria

**Camoapa, Boaco, Nicaragua**

**Octubre, 2023**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por el director de Sede Regional Camoapa M.Sc. Luis Guillermo Hernández Malueños como requisito parcial para optar al título profesional de:

**MÉDICO VETERINARIO**

Miembros del Honorable Comité evaluador:

Lic. Willmord Jenitzio Jirón Aragón  
Presidente

Lic. Jeyler de Jesús Rodríguez Hernández  
secretario

Lic. Nineth Alicia Rocha Mendoza  
Vocal

Camoapa, Boaco, Nicaragua

09 de octubre de 2023

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
2.1 Objetivo General	12
2.2 Objetivos específicos	12
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>13</b>
3.1 Antecedentes	13
3.2 Metabolismo del Rumen	17
3.2.1 Metabolismo de glúcidos en el rumen	17
3.2.2 Metabolismo de los ácidos grasos volátiles (AGVs)	18
3.2.3 Metabolismo y producción de Glucosa en el hígado	19
3.2.4 Periodo de transición en las vacas	20
3.3 Cetosis	21
3.3.1 Definición	21
3.3.2 Epidemiología	21
3.3.3 Fisiopatología de la cetosis	21
3.3.4 Signos clínicos de la Cetosis	22
3.3.5 Tratamiento	23
3.3.6 Prevención de la cetosis	24

3.4	Post parto y alteraciones reproductivas	25
3.4.1	Puerperio	25
3.4.2	Retención de membranas fetales	25
3.4.3	Endometritis	26
3.4.4	Piometra	26
3.4.5	Mucómetra	26
3.4.6	Quistes ováricos	26
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>28</b>
4.1	Ubicación y fechas del estudio	28
4.2	Diseño de la investigación	30
4.2.1	Población y muestra	31
4.2.2	Prueba de cetosis	31
4.2.3	Diagnóstico de trastornos reproductivos por ultrasonido	32
4.3	Datos evaluados	33
4.3.1	Prevalencia de cetosis	33
4.3.2	Prevalencia de trastornos reproductivos post parto	34
4.3.3	Asociación entre trastornos reproductivos y cetosis	35
4.4	Análisis de datos	36
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>38</b>
5.1	Prevalencia de Cetosis	38
5.1.1	Prevalencia puntual por hato	38
5.1.2	Prevalencia según la semana de lactación	40
5.1.3	Prevalencia por número de lactancia	41
5.1.4	Prevalencia por encaste	42
5.2	Prevalencia de trastornos reproductivos	43

5.3	Asociación estadística entre trastornos reproductivos post parto y cetosis	45
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>48</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>49</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

---

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de tesis en primer lugar a Dios, ya que me brindó el don de la vida, me permitió gozar de salud, sabiduría y perseverancia, para así poder llegar a cumplir mis metas y concluir mi carrera universitaria.

A mis tías **Arlin Yolivett Navarro Fernández** y **Yurenia del Carmen Navarro Fernández**; y mis tíos **Juan Ramon Martínez Matus** y **Juan Ernesto Miranda Diaz**, por haber tomado el papel de madres y padres conmigo, ya que ellos siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional tanto en lo económico como en lo moral y recibiendo sus consejos para hacer de mi una mejor persona.

**Br. Fernando José Duarte Sequeira**



## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación en primer lugar a **Dios** por haberme permitido llegar hasta la etapa final de mi sueño que es convertirme en médico veterinario.

A mis padres **José Salomón Gómez Pérez** y a **Colomba Marín Suarez** y a mi abuelita **Gloria Suarez** por su incondicional apoyo durante toda mi vida en cualquier cosa que me propusiera.

A todos los investigadores que se dedican a mejorar la ciencia veterinaria y a los productores y campesinos nicaragüenses que cada día se esfuerzan en su labor sin cansancio para garantizar la seguridad alimentaria en nuestro país.

**Br. José Salomón Gómez Marín**

## AGRADECIMIENTO

A mi abuelita **Alicia María Fernández Rodríguez**, por darme su cariño y estar conmigo en todo momento y guiándome por el buen camino.

A mis padres **Francisco Alberto Duarte Fernández** y **Vilma del Carmen Sequeira Pérez**, por haberme dado la vida.

A mis asesores el **MV. José Adan Robles Jarquín** y el **MV. Robell Raduam Masis Ríos**, por ser unas grandes personas y amigos, y transmitirme sus conocimientos, de igual manera por el tiempo que me dedicaron para guiarme en la elaboración de esta tesis.

A la **Universidad Nacional Agraria Sede Universitaria Camoapa**, por haber aceptado que fuera parte de esta institución académica y abrir las puertas de su documentación científica para poder estudiar mi carrera.

A todos los maestros que fueron parte de mi formación académica y que por medio de sus experiencias y lecciones contribuyeron a formarme y prepararme para los retos en la vida profesional.

A mis compañeros **José Salomón Gómez**, **Alexandra Morales**, **Nolfreddy Arroliga**, **Keylor Herrera**, **Neyler Díaz**, **Michael González**, **Manuel Gómez**, y **Jader Miranda**; por ser mis amigos y haber sido mi grupo de estudios a lo largo de mi formación académica.

A mi padrino **Ernesto Miranda** propietario de finca **San Dionisio**, por haberme permitido realizar prácticas y estudios en su unidad de producción durante todo el transcurso de mis estudios universitarios.

A don **José Gómez**, por haber facilitado su unidad de producción para la realización de esta tesis.

**Br. Fernando José Duarte Sequeira**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a **Dios** por brindarme salud, fortaleza, sabiduría y algunos atisbos de creatividad que creo que fueron muy necesarios para desarrollar esta investigación y considero que son dados solo por él, a mis padres **José Salomón Gómez Pérez** y **Colomba Marín Suarez** por haberme criado con todo su cariño, preocuparse por mi educación y por ayudarme sin condiciones en todos los proyectos que me propusiera en cualquier momento de mi vida y a mi abuelita **Gloria Suarez** y a mi prima **Jezzel Marín** por haber sido un pilar de mi educación, por cuidar de mi en momentos difíciles. A mi primo **Haslan Marín** por la motivación en sus palabras, momentos únicos compartidos en mi vida siendo una de las personas más especiales en mi vida.

A don **Ernesto Miranda** y **José Gómez** por dejar a la disposición sus unidades de producción para nuestra investigación.

A **José Jerónimo Gómez** por ser mi inspiración de niño para convertirme en veterinario.

A mis asesores **MV. Robell Raduam Masis** y **MV. José Adán Robles** por su amistad y por demostrar siempre interés en nuestra investigación, y darnos el apoyo necesario sin tiempo ni horario para terminar nuestra investigación, agradezco también a todos los profesores que han sido parte de mi educación y en especial a los de mi casa de formación profesional **Universidad Nacional Agraria sede Camoapa**.

Un agradecimiento especial para el **MV. Augusto Campos Soza** por su amistad y por haberme inculcado la pasión por la reproducción animal y enseñarme sin recelo todo el conocimiento con el que hoy cuento en esta área.

A mis amigos **Alexandra Morales, Danilo Sándigo, Fernando Duarte, José Daniel Castro, José Gregorio Suarez, Neyler Diaz, Nelson Rostran, Nolfreddy Arroliga, Keylor Herrera, Robin Reyes**.

**Br. José Salomón Gómez Marín**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Concentraciones de cuerpos cetónicos durante la segunda y cuarta semana en finca San Dionisio y La Unión	40
2.	Prueba de chi-cuadrado para asociación de cetosis y trastornos reproductivos	45
3.	Prueba de V de Cramer para medir la intensidad entre la asociación de cetosis y trastornos reproductivos	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Mapa del municipio de Camoapa	28
2.	Ubicación de finca San Dionisio	29
3.	Ubicación de finca La Unión	30
4.	Prevalencia de cetosis en fincas San Dionisio y la Unión	39
5.	Prevalencia de cetosis en la segunda y cuarta semana de lactancia, en finca San Dionisio	41
6.	Prevalencia de cetosis por lactancia en finca San Dionisio	42
7.	Prevalencia de cetosis por encaste en finca San Dionisio	43
8.	Prevalencia de trastornos reproductivos en las unidades de producción San Dionisio y La Unión	44
9.	Distribución de la prevalencia de trastornos reproductivos presentes en las unidades de producción La Unión y San Dionisio	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Cetómetro Nova Vet Veterinary Blood Ketone	59
2.	Formato de entrevista	59
3.	Ficha de evaluación clínica	62
4.	Prueba T de niveles de BHB para la segunda y cuarta semana en los hatos de las dos fincas del estudio	65
5.	Toma de muestra de sangre en vena coccígea	66
6.	Prueba de concentración del Betahidroxiacetato sérico por medio del cetómetro Nova Vet	66
7.	Palpación rectal y rastreo ultrasonográfico en bovino hembra	67
8.	Imagen ultrasonográfica de quiste ovárico folicular en hembra bovina	68
9.	Imagen ultrasonográfica de endometritis en hembra bovina	68

## RESUMEN

La cetosis es una enfermedad frecuente en el ganado lechero adulto principalmente en las primeras semanas después del parto, es causada por el aumento de las concentraciones de cuerpos cetónicos en sangre. El objetivo de este estudio fue diagnosticar la presencia de cetosis, la investigación fue de tipo descriptivo no experimental, de corte longitudinal con enfoque mixto, las variables evaluadas fueron prevalencia de cetosis clínica y subclínica por hatos, lactancia, encaste y asociación entre cetosis y trastornos reproductivos. El estudio se realizó en dos unidades productivas “La Unión” y “San Dionisio” ubicadas en las comarcas Piedra Sembrada y Masiguito, del municipio de Camoapa, departamento de Boaco. Fueron analizadas 71 vacas de una población de 100 hembras gestadas. Para determinar la prevalencia de cetosis se utilizó la prueba diagnóstica de Betahidroxibutirato sérico (BHB) por medio del cetómetro Nova Vet Veterinary Blood Ketone Meter, la muestra fue tomada de la vena coccígea, el muestreo por vaca se realizó en la segunda y cuarta semana postparto, considerando vacas con cetosis subclínica aquellas con niveles de BHB de  $\geq 1.2$ - 2.9, y con cetosis clínica  $>2.9$ , el diagnóstico de trastornos reproductivos se realizó mediante exploración clínica y ultrasonografía. Los niveles promedio de BHB encontrados en la finca San Dionisio tuvieron un valor promedio de  $0.59 \pm 0.32$  en la segunda semana y  $0.63 \pm 0.29$  en la cuarta semana, en finca la Unión se determinó una media de  $0.52 \pm 0.21$  en la segunda semana y de  $0.49 \pm 0.08$  en la cuarta semana no encontrándose diferencia estadística entre ambos hatos. En cuanto a la prevalencia de cetosis subclínica fue un 12.97% en la finca San Dionisio y 0% para la finca la Unión, las vacas en cuarta lactancia fueron las más afectadas por la enfermedad (37.50%), en cuanto al encaste las que presentaron mayor presencia de BHB correspondientes a cetosis fueron las Holstein (22.22%). Al realizar la prueba de chi cuadrado para las variables cetosis y trastornos reproductivos se encontró una asociación estadísticamente significativa de ( $p=0.001$ ).

**Palabras claves:** Trastorno metabólico, Encaste, Lactancias, Cuerpos cetónicos, Ultrasonografía, Cetómetro, Quistes Ováricos, endometritis.

## ABSTRACT

Ketosis is a common disease in dairy cattle, mainly in the first weeks after calving; it is caused by increased concentrations of ketone bodies in blood. The aim of this study was to diagnose the presence of ketosis, the research is non-experimental, descriptive, long-sectional with a mixed approach, the variables evaluated were prevalence of clinical and subclinical ketosis by herd, lactation, breed and the association between ketosis and reproductive disorders. The study was carried out in two productive units “La Unión” and “San Dionisio” located in the Piedra Sembrada and Masiguito regions, in the municipality of Camoapa, department of Boaco. 71 cows from an population of 100 pregnant females were analyzed. To determine the prevalence of ketosis, the serum Betahydroxybutyrate (BHB) diagnostic test was used using the Nova Vet Veterinary Blood Ketone meter, the sample was taken from the coccygeal vein, sampling per cow was carried out in the second and fourth week postpartum. Considering cows with subclinical ketosis those with BHB levels of  $\geq 1.2$ -2.9, and with clinical ketosis  $>2.9$ , the diagnosis of reproductive disorders was made through clinical examination and ultrasonography. The average levels of BHB found in the San Dionisio farm had an average value of  $0.59 \pm 0.32$  in the second week and  $0.63 \pm 0.29$  in the fourth week, in the La Unión farm an average of  $0.52 \pm 0.21$  was determined in the second week and  $0.49 \pm 0.08$  in the fourth week, with no statistical difference found between both herds. Regarding the prevalence of subclinical ketosis, it was 12.97% on the San Dionisio farm and 0% for the La Unión farm. The cows in fourth lactation were the most affected by the disease (37.50%), as for breed, those that presented the highest presence of BHB corresponding to ketosis were the Holsteins (22.22%). When performing the chi square test for the variables ketosis and reproductive disorders, a statistically significant association was found ( $p= 0.001$ ).

**Keywords:** Metabólica disorder, Breed, Lactation, Ketone bodies, Ultrasonography, Ketonemeter, Ovarian Cyst, Endometritis .



## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la actividad pecuaria creció 0.9 % (disminución de -0.1% en promedio anual), como resultado de aumentos en las exportaciones de ganado en pie y producción de leche, principalmente, con un incremento del 12.1% en el segundo semestre del 2021 (Banco Central de Nicaragua, 2021). Existen 136,600 fincas ganaderas con una población aproximada de 1,250,000 vacas en producción con un promedio de producción de leche de 3.7 litros/vaca/día. (Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua, 2018).

La eficiencia productiva de leche esta mediada por tres aspectos básicos que son: la sanidad y manejo animal, la genética y la nutrición de las vacas, en este contexto, Campos y Hernández (2008) afirman que es posible que la mala calidad de los alimentos utilizado en la alimentación en ambientes tropicales origina deficiencia en la transformación de la energía en rumiantes sumado a la falta de fuentes de energía de alta calidad con bajo costo económico y la deficiencia en el manejo de alimentos con altos contenidos energéticos, se agrega el mal manejo de compuestos ricos en nitrógenos y sus efectos sobre el estado de salud reproductiva y en la relación energía – proteína.

Tomando en cuenta la afirmación anterior, la pérdida de eficiencia energética da entrada a enfermedades metabólicas, en el ganado lechero una de las principales es la acetonemia; “La cetosis clínica y subclínica son problemas de la ganadería lechera moderna” (Cook et al., 2001, p. 769).

La cetosis “se produce entre la segunda y sexta semana post parto y se caracteriza por inapetencia, diarrea o estreñimiento, heces recubiertas con mucus, depresión, rápida pérdida de peso, disminución en la producción de leche, incoordinación y paresia” (Koenig y Contreras, s.f, como se citó en Araya, 1984, p.9).

En Nicaragua muchas de las enfermedades metabólicas más relevantes son subdiagnosticadas, pasando de forma desapercibida por parte de los productores, y en algunos casos por los médicos veterinarios; la cetosis no es la excepción , esto se puede deber a la falta de estudio en el país en

comparación con algunas de las enfermedades zoonóticas como por ejemplo la tuberculosis o brucelosis, aunque la acetonemia no supone ningún riesgo para la salud pública esta ocasiona grandes pérdidas económicas.

Entre los distintos métodos diagnósticos de cetosis se pueden encontrar métodos semicuantitativos como tiras reactivas para orina y leche, análisis laboratorial Enjalbert et al. (2001), actualmente el método más utilizado consiste en un cetómetro portátil (Nova Vet Veterinary Blood Ketone/Glucose Meter) con el cual es posible cuantificar de forma fácil, rápida y precisa los niveles de cuerpos cetónicos, pudiendo diagnosticar la cetosis en campo que además de causar disminución del rendimiento de en la eficiencia productiva cuando se presenta de forma subclínica puede afectar a las vacas con manifestaciones clínicas que van desde la pérdida corporal progresiva hasta la manifestación de nerviosa (Mann et al., 2019).

Aunque la presencia de trastornos reproductivos en las vacas en las unidades de producción es de origen multifactorial la presentación de estos podría estar relacionado con la cetosis. Con la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas como el ultrasonido el diagnóstico de afecciones del tracto reproductivo ha experimentado un adelanto en materia de precisión en el diagnóstico en campo.

Por las razones antes expuestas en esta investigación se diagnosticó la presencia de cetosis en vacas lecheras en dos unidades de producción del municipio de Camoapa a través de un cetómetro portátil lo que permitirá aportar conocimiento epidemiológico de esta enfermedad en el país, además de identificar la presencia de enfermedades reproductivas mediante ultrasonografía y determinar si existe correlación o no con las vacas diagnosticadas con cetosis en este estudio.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Diagnosticar cetosis en vacas lecheras durante el post parto en las unidades productivas “La Unión” y “San Dionisio”, en las comarcas Piedra Sembrada y Masiguito, municipio de Camoapa, departamento de Boaco, marzo 2022 a febrero 2023.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la prevalencia de cetosis clínica y subclínica de vacas lecheras en el periodo post parto en dos unidades productivas del municipio de Camoapa, Boaco, marzo 2022 a febrero 2023.
- Correlacionar la aparición de trastornos de la reproducción y animales positivos a cetosis, en dos unidades productivas del municipio de Camoapa, Boaco, marzo 2022 a febrero 2023.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Antecedentes

Enjalbert et al. (2001) en Toulouse, Francia examinaron la relación entre los niveles de cuerpos cetónicos en la leche y en la sangre como un medio para evaluar la detección de cetosis subclínica. Para llevar a cabo este estudio, utilizaron un grupo de 60 vacas Holstein multíparas, donde 40 pertenecían a una unidad experimental y 20 de ellas a ganaderías comerciales. Cuantificaron las concentraciones de acetona, acetoacetato y  $\beta$ -hidroxibutirato en sangre y leche, también utilizaron la prueba de tira Ketolac para determinar de manera semicuantitativa el  $\beta$ -hidroxibutirato en la leche. Para cada rango de niveles de cuerpos cetónicos tanto en sangre como en leche se estableció un rango de amplitud límite donde la vacas por encima de este se definieron como subclínicamente cetónicas cuando la concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en sangre superaba los 1200  $\mu\text{mol/L}$ . Los resultados revelaron una fuerte correlación entre la acetona en sangre y el acetoacetato en sangre, así como entre la acetona en sangre y la acetona en leche. Sin embargo, las concentraciones de  $\beta$ -hidroxibutirato en leche y sangre mostraron una correlación débil. Además, la prueba de tira Ketolac sobrevaloró las concentraciones de  $\beta$ -hidroxibutirato. La mayor sensibilidad y especificidad se obtuvieron al utilizar el acetoacetato en sangre o leche con umbrales de 125-50  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente. Por último, se observaron resultados útiles al determinar el  $\beta$ -hidroxibutirato en la leche mediante la prueba de tira Ketolac con umbrales de 70 y 100  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente.

Cook et al. (2001) en la universidad de Wisconsin Madison examinaron muestras de sangre y leche de vacas que presentaban cetosis clínica antes y después de recibir tratamiento, con un intervalo de 12 horas. En su investigación, evaluaron la concentración de  $\beta$ -hidroxibutirato en la leche y en el plasma, así como la concentración de acetona en la leche. La medición de acetona en la leche demostró ser la opción óptima en términos de sensibilidad, especificidad y valor predictivo positivo para la detección de vacas con cetosis. Aunque ya había sido descrita anteriormente la influencia individual de la cetosis en la eficiencia reproductiva en otros estudios de mayor cantidad de rebaños se encontró poca relación entre estas variables por lo cual en este trabajo posteriormente se utilizó en un estudio comparativo de la fertilidad entre

vacas con cetosis y vacas normales. Se recolectaron dos muestras de leche de 410 vacas pertenecientes a tres granjas, entre los 12 y 60 días posteriores al parto, fueron medidas las concentraciones de B-hidroxibutirato en plasma y fueron comparados con los niveles de este mismo en leche sumado a los niveles de acetoacetato esta comparación se realizó por medio de regresión lineal en donde se encontró relación entre los niveles séricos y a nivel lácteo entre los metabolitos. Las vacas con cetosis mostraron un intervalo significativamente más largo entre el parto y la concepción con una media de 139 días comparados con el de las vacas sanas que fue de 85 días, así como una tasa de descarte más alta debido a la falta de concepción ( $P < 0.05$ ).

Céspedes (2013), estableció una investigación en Arequipa, Perú con el fin de determinar las concentraciones de  $\beta$ - Hidroxibutirato, en 20 vacas de la raza Holstein. Tomó muestras de sangre a los 7 y 20 días postparto, en la medición utilizó un cetómetro (Optium Xceed©) y el Porta BHB (tira reactiva a leche), utilizando como valores de referencia las siguientes cetosis clínica ( $>2.9$  mmol/dL), cetosis subclínica (1.2 – 2.9 mmol/dL). Los resultados obtenidos fueron de  $1.79 \pm 0.78$  mmol/dL en vacas de 7 días postparto y  $2.34 \pm 1.65$  mmol/dL a los 20 días postparto, encontrándose diferencia estadísticamente significativa entre ambos muestreos al utilizar prueba T para muestras pareadas. En este estudio también se analizó la presencia de cetosis en dependencia del número de lactancias y se demostró que en cuanto aumentan los partos aumenta también la presencia de la enfermedad sin embargo la prueba de chi cuadrado no encontró asociación estadística. La mayoría de las vacas que presentaron cetosis correspondían a la forma subclínica de esta. La comparación de los datos obtenidos por la prueba en leche de cetosis y la el cetómetro (prueba sérica) se demostró que el cetómetro electrónico presenta una alta sensibilidad en el diagnóstico de cetosis clínica y subclínica en vacas lecheras en comparación a las tiras de medición semi cuantitativa en leche.

Eun-Kyung et al. (2015), en Chungbuk, Korea, evaluaron las asociaciones entre la cetosis, los metabolitos séricos, la condición corporal y patologías de reproducción, así como el rendimiento en vacas lecheras. Extrajeron muestras de sangre de doscientos trece animales entre las 4ª y 2ª semanas preparto, y las semanas 1ª, 2ª, 4ª, 6ª y 8ª postparto para luego determinar la concentración del  $\beta$ -28 hidroxibutirato (BHBA) sérico, ácidos grasos no esterificados (NEFA),

glucosa, colesterol total, nitrógeno ureico, concentraciones de aspartato aminotransferasa (AST),  $\gamma$ -glutamilttransferasa ( $\gamma$ GT) y progesterona. Las vacas se categorizaron en dos grupos: grupo cetósico ( $\geq 1200 \mu\text{mol} / \text{L}$  de BHBA,  $n = 59$ ) y el grupo no cetósico ( $<1200 \mu\text{mol} / \text{L}$ ,  $n = 154$ ). Las vacas con niveles altos de NEFA, BHB y bajos niveles de insulina son considerados como animales con un gran déficit energético, generalmente asociado a vacas con menos consumo de materia seca lo cual ocurrió con las vacas con condición corporal demasiado alta. Los animales cetósicos presentaron los mayores niveles de NEFA, AST enzima que está asociada a daño tisular hepático generalmente relacionado a esteatosis hepática cuando se encuentra encima del límite superior establecido. Se encontró mayor probabilidad de endometritis y quistes ováricos en el grupo cetósico.

Callo (2015), realizó investigación en Arequipa, Perú, de las concentraciones de  $\beta$ -hidroxibutirato, en vacas de la raza Holstein entre los 0-50 días después del parto, con este fin separó a los animales en dos categorías, primíparas y multíparas las cuales fueron subdivididas en subgrupo de 0-15, 16-30 y de 31-45 días postparto. Utilizando a 10 hembras por subgrupo, realizando el análisis mediante el método de fotocolorimetría clasificando los resultados como Cetosis Clínica (2.9 mmol/L), Cetosis Subclínica (1.2 – 2.9 mmol/L) y Normal ( $< 1.2 \text{ mmol/L}$ ). Como resultado determinó concentraciones de  $\beta$ -Hidroxibutirato para grupo “Primíparas; de 0.324 mmol/L (0-15 dpp), 0.330 mmol/L (16 - 30 dpp), 0.289 mmol/L (31 – 45 dpp) y para el segundo grupo Multíparas; de 0.265 mmol/L (0-15 dpp), 0.360 mmol/L (16 - 30 dpp), 0.408 mmol/L (31 – 45 dpp)”. Al realizar el análisis estadístico no encontró asociación entre los días postparto y la presencia de cetosis ( $p > 0.05$ ).

Garzón y Espinoza (2018) realizaron un estudio exhaustivo con el objetivo de analizar la incidencia y prevalencia de la cetosis clínica (CC) y subclínica (CSC) en la región del altiplano Cundiboyacense en Colombia. Este estudio se centró específicamente en las primeras seis semanas después del parto en vacas dedicadas a la producción de leche. Se seleccionó una muestra de 150 vacas de 10 hatos lecheros de manera conveniente, y se les hizo un seguimiento semanal para medir la concentración de  $\beta$ HB utilizando un medidor electroquímico portátil. Además de los datos de  $\beta$ HB, se registraron una serie de variables adicionales, como la lactancia, los días en que estaban produciendo leche, la condición corporal, el período previo al parto, el

período seco, la raza, la producción de leche y las enfermedades posteriores al parto de cada animal. Además, se evaluaron las prácticas de manejo de cada finca mediante una encuesta. Los resultados revelaron una incidencia acumulada de CC del 3,3% y una incidencia acumulada de CSC del 25,3%. Se observó que el pico de incidencia de CSC se produjo en la cuarta semana después del parto, mientras que, para la CC, ocurrió en la segunda semana. La prevalencia de CSC se registró en un 42,6%, y para CC fue del 6%. Vale la pena destacar que la enfermedad fue más común en las vacas con al menos tres lactancias. Durante el período posterior al parto, las enfermedades más significativas fueron la retención de placenta y la metritis. En resumen, el estudio concluyó que la CSC mostró una alta incidencia durante las primeras seis semanas después del parto, siendo más relevante en la cuarta semana en el caso de vacas multíparas.

En 2020, Molina y su equipo llevaron a cabo un estudio epidemiológico que consistió en una investigación de tipo corte transversal que analizó datos individuales de 1149 animales, incluyendo los niveles sanguíneos de  $\beta$ HB y la presentación clínica de enfermedades puerperales. Además, evaluaron la capacidad de la prueba para predecir la enfermedad posparto. Luego, realizaron análisis de chi-cuadrado ( $X^2$ ) y un modelo de regresión logística final con el objetivo de explorar los factores relacionados con la hipercetonemia. La relación entre los niveles de  $\beta$ HB en la sangre, la presencia de cetosis y la ocurrencia de enfermedades puerperales se determinó mediante el análisis de la Característica Operativa del Receptor (Receiver Operating Characteristic -ROC).

Los resultados mostraron que la prevalencia de cetosis fue del 7.9%, con un 0.6% correspondiente a cetosis clínica y un 7.3% a cetosis subclínica, según los niveles de  $\beta$ HB. La prueba demostró ser un predictor eficaz de enfermedad puerperal, con un LR+ de 13.6. Se identificaron varios factores de riesgo de cetosis, que incluyen una condición corporal igual o superior a 3.5, haber tenido 2 o más partos, la presentación de retención de placenta, fiebre de leche y la enfermedad posparto. Además, el análisis de la curva ROC indicó que la medición de  $\beta$ HB en sangre ( $\geq 1.2$  mmol/Lt) puede utilizarse para el diagnóstico de cetosis.

## **3.2 Metabolismo del Rumen**

Para conocer mejor sobre la fisiología digestiva del rumiante hay que conocer los aspectos básicos de dicho sistema, Hernández (2007) dice que:

Se acostumbra a hacer referencia siempre al rumen, aunque es sabido que los rumiantes presentan en su tubo digestivo un estómago pluricavitario, que está formado por el rumen o panza, el bonete o retículo, el librillo u omaso y el cuajar abomaso o verdadero estómago. Los tres primeros (rumen, bonete y librillo) constituyen los llamados preestómagos. La existencia del rumen permite realizar grandes transformaciones en los alimentos ingeridos generalmente de bajo valor nutritivo, con la posterior utilización por el rumiante de los productos de este trabajo bioquímico, los cuales son de mayor utilidad. Esto ha posibilitado la confección de dietas que solo son posibles en estos animales.

Los microorganismos ruminales son del tipo de los protozoos, hongos, levaduras y bacterias, los cuales constituyen la microflora del rumen. Entre los protozoos del rumen se encuentran rizópodos, flagelados y ciliados, siendo estos últimos los principales. La fauna protozoaria del rumen alcanza, en condiciones normales, alrededor de  $10^6$  infusorios por mililitro de líquido ruminal. Los ciliados tienen actividad bacterofágica y pueden sintetizar glucógeno, otros poliglúcidos, proteínas y algunos lípidos; además producen la fermentación de los glúcidos y otras acciones bioquímicas. (pp. 351-352)

### **3.2.1 Metabolismo de glúcidos en el rumen**

Para poder comprender el origen de la cetosis es necesario conocer el metabolismo energético normal en el bovino, por ejemplo, el de ciertos carbohidratos como:

La celulosa se compone de cadenas no ramificadas de monómeros de glucosa unidas por enlaces  $\beta$  [1-4] glucosídicos, a diferencia de los enlaces  $\alpha$  [1-4] del almidón. La pectina



y la hemicelulosa son químicamente más heterogéneas que la celulosa y están compuestas por diferentes proporciones de varios azúcares y sus ácidos. Ninguno de los componentes de la pared celular es objeto de la digestión hidrolítica llevada a cabo por las glándulas digestivas de los mamíferos. Sin embargo, la celulosa, la hemicelulosa y la pectina se hidrolizan por la acción de un complejo de enzimas microbianas conocido como celulasa. Este sistema enzimático fragmenta los complejos carbohidratos de las paredes celulares en monosacáridos y oligosacáridos, pero estos no son absorbidos por el animal, sino que son metabolizados por los microorganismos.

La lignina, un grupo heterogéneo de compuestos fenólicos, es resistente tanto a la acción de las enzimas de los mamíferos como a la de las microbianas y solo una pequeña parte puede digerirse por otros procesos. Es una molécula importante, no solo por ser indigerible, sino también porque tiende a recubrir los carbohidratos de la pared celular, reduciendo su digestibilidad al protegerlos de la acción de la celulasa bacteriana. La concentración de lignina de las plantas aumenta con la edad de las mismas y la temperatura del ambiente. Así, las plantas jóvenes de las estaciones templadas son más susceptibles a la digestión que las plantas maduras que han crecido en estaciones cálidas. (Cunningham, 2014, p. 322)

### **3.2.2 Metabolismo de los ácidos grasos volátiles (AGVs)**

Cunningham (2014) con relación al metabolismo de los ácidos grasos volátiles expresa que:

Los principales AGV son el ácido acético, el ácido propiónico y el ácido butírico; todos ellos son con frecuencia denominados como sus iones disociados: acetato, propionato y butirato, respectivamente. La formación de ácido propiónico a partir de piruvato provoca una regeneración eficaz de NAD sin producción neta de NADH. De hecho, el oxígeno obtenido en la *rama aleatoria* de la ruta del ácido propiónico permite la oxidación del exceso de NADH originado en las rutas de los ácidos acético y butírico. La formación de ácido acético genera eficientemente ATP; sin embargo, a diferencia de la producción de ácido propiónico, no regenera NAD a partir del exceso de NADH producido en esta

ruta. En este caso, la regeneración de NAD se produce mediante la formación de hidrogeno libre, que más adelante se utiliza para reducir el dióxido de carbono a metano y agua.

Proporcionalmente, los ritmos de producción de ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico se reflejan en sus concentraciones relativas en el líquido ruminal. La concentración relativa de los AGV tiene importantes consecuencias nutricionales y metabólicas, y, aunque rara vez se miden con un propósito clínico, aparecen con frecuencia en la literatura científica. En los rumiantes y otros grandes herbívoros, los AGV son los combustibles energéticos más importantes y cumplen en gran medida el papel que en los animales omnívoros de un solo estomago desempeña la glucosa. (pp. 323-324)

Hernández (2007) afirma que:

Los niveles de glucosa sanguínea de los rumiantes son normalmente los más bajos entre los animales superiores, encontrándose entre 45 a 75 mg /100 ml en los bovinos y de 50 a 80 mg/ 100 ml en los ovinos, mientras en los equinos, porcinos y caninos, por ejemplo, pueden llegar hasta 100 o más mg/ 100 ml. Los niveles bajos de la glicemia de estos animales pueden estar en dependencia del pobre aporte de glucosa por la vía digestiva la cual depende, en gran medida, de la hidrólisis de los poliglúcidos bacterianos y de los protozoos. El aporte de glucosa trata de ser compensado a partir de una mayor gluconeogénesis, proceso más desarrollado en el rumiante, tomando como producto gluconeogénico el ácido propiónico. (p.366)

### **3.2.3 Metabolismo y producción de Glucosa en el hígado**

La demanda completa de glucosa y aminoácidos incrementa de manera abrupta justo después del parto cuando la síntesis de lactosa por parte de la glándula mamaria parte de prácticamente cero hasta a 1kg/día durante los primeros días de la lactación temprana (Reynolds, 2002). Los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) constituyen una parte principal de

precursores gluconeogénicos dentro del metabolismo hepático además de L-lactato, glicerol y aminoácidos glucogénicos, algunos valores cuantitativos sobre la liberación de glucosa sugieren un incremento del 64% desde el parto hasta los 4 días post parto seguido de un crecimiento menos intenso a los 29 días post parto (Larsen & Kristensen, 2013).

El hígado controla la extensa variedad de mudanzas metabólicas por medio de expresión de genes que suelen estar envueltos en la oxidación de ácidos grasos, gluconeogénesis regulación negativa de triglicéridos, estos cambios son observados en la concentración circulante de metabolitos como el BHB y los NEFAs, que a largo plazo pueden ser asociados con esteatosis hepática (Wathes et al., 2021).

#### **3.2.4 Periodo de transición en las vacas**

El periodo de transición en las vacas consiste en una serie de interacciones complejas que suponen cambios hormonales, inmunitarios e inflamatorios, estos eventos ocurren como una serie de acontecimientos en cadena bien coordinados generalmente en un periodo que va desde la tercera semana preparto hasta la tercera semana del posparto (Pascottini et al., 2020).

En esta fase el incremento de demanda energética debido a los requerimientos fetales del último tercio de la gestación y de la lactogénesis después del parto sumado a la disminución del consumo de materia seca es caracterizada por un periodo de balance energético negativo, la respuesta adaptativa de la vaca frente a esta situación consiste en la movilización de los depósitos adiposos de energía y convirtiendo músculo esquelético en el mayor sitio de utilización de derivados (NEFAs, cuerpos cetónicos) de este combustible energético, haciendo con que la glucosa disponible sea direccionada al metabolismo fetal y a la síntesis de lactosa (Herdt, 2000).

### **3.3 Cetosis**

#### **3.3.1 Definición**

La cetosis se puede definir como el aumento anormal de cuerpos cetónicos (aceto acetato, acetona, Betahidroxibutirato) en la sangre, suele presentarse en situaciones de lipomovilización de las grasas como resultado del metabolismo hepático de estas mismas, siendo asociado con bajos niveles de insulina y niveles aumentados de ácidos grasos no esterificados (NEFA) (Halfen et al., 2023; Soares et al., 2019) .

#### **3.3.2 Epidemiología**

Se produce particularmente en las vacas lecheras al principio del periodo de lactación y se caracteriza fundamentalmente por una anorexia parcial y depresión. En el ganado, prácticamente nunca ocurre al final de la gestación, momento en el que asemeja a una toxemia de gestación de las ovejas. Se distribuye por todo el mundo, pero es más frecuente donde las vacas lecheras son de raza y se reproducen a gran escala. (Kahn y Line, 2007).

#### **3.3.3 Fisiopatología de la cetosis**

En el inicio de la lactancia la vaca expresa su potencial genético lechero y por ello su producción incrementa rápidamente. Aunque el apetito se encuentra disminuido por efecto hormonal y solo se recupera a los 70-80 días post parto, se establece un desbalance entre los nutrientes energéticos que recibe y los que requiere para producir leche (Roberts, 1981 como se citó en Araya, 1984).

Hibbitt, (1979, como se citó en Araya, 1984) menciona que, este balance energético negativo puede ser compensado durante un corto periodo de tiempo. Por esto el animal pierde peso corporal que habitualmente se hace evidente desde el parto hasta los 2 a 3 meses posteriores, ya

que para compensar el desbalance Debe utilizar sus reservas corporales. Por esta razón moviliza la grasa de los depósitos y de ella obtiene la energía necesaria para producir leche.

Según Blood et al. (1983, como se citó en Araya, 1984), los puntos más sobresalientes de la etiología de la cetosis es que todos los carbohidratos ingeridos se convierten en el rumen en ácidos acético y butírico, los que son potencialmente cetógenos, y en ácido propiónico, que es glucogénico. Estos dos grupos de ácidos se producen normalmente en proporción aproximada de 4:1. La producción de ácido propiónico y su conversión en glucosa en el hígado debe continuar a un nivel normal para conservar el aporte de glucosa a los tejidos. Si no se logran satisfacer los requerimientos, aumenta su actividad la vía alternativa para proporcionar glucosa mediante síntesis a partir de aminoácidos y glicerol. La estimulación de esta reacción productora de energía origina aumento de las demandas de oxalacetato. Como consecuencia la incorporación de acetil COA al ciclo de Krebs, que también requieren de oxalacetato, queda impedida.

Payne (1977) con relación a los trastornos metabólicos en rumiantes menciona que:

La hipoglucemia y la cetosis pueden ser el resultado de varios posibles trastornos del metabolismo energético. La situación se complica aún más por el hecho de que las cetonas son metabolitos normales y un cierto grado de cetosis es bastante natural en la lactancia de las vacas. En otras palabras, la vaca "cetótica" clínicamente afectada representa sólo una extensión más allá del extremo de un normal rango metabólico. (pp. 157-158)

### **3.3.4 Signos clínicos de la Cetosis**

A menos que la cetosis sea grave, el diagnóstico se basa únicamente en los signos clínicos. Es difícil ya que a menudo son vagas y varían entre los animales. La mayoría de los bovinos hipercetonémicos son afectados subclínicamente y pueden no mostrar ningún signo clínico, particularmente al principio del curso del trastorno. En la experiencia, los animales pueden presentar concentraciones sanguíneas muy elevadas de BHB sin mostrar signos de estar

afectado. Cuando se observan signos, incluyen una preferencia dietética de forraje sobre grano con una ingesta generalmente disminuida o anorexia total, disminución de la producción de leche, depresión, y heces firmes y escasas. Los casos severos pueden progresar a nerviosismo. signos que incluyen agresión, ataxia y salivación, y se observa a las vacas mordiendo y masticando objetos duros, a veces hasta el punto de lesionarse (Mann et al., 2019).

Payne (1977) explica que, para un diagnóstico de cetosis espontánea primaria debe haber:

- a) exclusión de causas secundarias obvias; b) una historia de caso típico de una vaca en la lactancia temprana que repentinamente se niega comer concentrados y mostrar una repentina e inesperada disminución en la producción de leche; c) signos clínicos típicos que incluyen pérdida repentina de la condición corporal incluso hasta el punto de parecer muy delgado y demacrado, el paso de heces secas, glaseadas, y también signos de embotamiento o nerviosismo; d) buena respuesta a la infusión de glucosa o al tratamiento con corticosteroides. (pp. 157-158)

Molina et al., (2020), explica que, la cetosis subclínica se determina mediante:

La detección de hipercetonemia en sangre, leche y orina y sin la presentación de cuadros clínicos. Las concentraciones plasmáticas de  $\beta$ HB compatibles con los efectos negativos sobre la producción y la salud son  $\geq 1.2$  y  $\leq 2.9$  mmol/Lt (1,11). Estudios recientes han definido con cetosis a todo aquel animal que presente concentraciones séricas de  $\beta$ HB  $\geq$  a 1.2 mmol/Lt (3,4). (p.2)

### **3.3.5 Tratamiento**

Las opciones de tratamiento para la cetosis en ganado lechero incluyen administración intravenosa directa de glucosa, tratamiento oral con precursores gluconeogénicos como el propilenglicol y tratamientos auxiliares como la administración de vitaminas B, colina y glucocorticoides. Aleatorizado Los ensayos controlados han demostrado que el propilenglicol

oral tratamiento tiene la evidencia científica más sólida demostrando eficacia en la prevención y el tratamiento de hipercetonemia. (Mann et al., 2019)

### **3.3.6 Prevención de la cetosis**

Según Payne (1977) se debe de tener en cuenta que:

El conocimiento de la causa y patogenia de la cetosis sugiere formas de profilaxis. En general, esto significa tomar medidas para evitar esas condiciones, que predisponen al fallo del metabolismo intermedio. Se debe hacer todo lo posible para evitar que las vacas se vuelvan demasiado gordas, en el período seco es probable que se movilicen depósitos de grasa excesivos demasiado rápido al principio de la lactancia, lo que provoca tensión en las vías para la oxidación de grasas en el hígado.

El aumento gradual de la ingesta de alimento debe realizarse en el mismo tipo de racionar, los cambios repentinos pueden afectar la palatabilidad y el apetito, Incluso un pequeño contratiempo puede ser suficiente para desencadenar las anomalías que conducen a cetosis en una vaca cuyo metabolismo energético está finamente equilibrado y bajo tensión. La ración de producción debe aumentarse gradualmente a medida que la producción de leche sube. La ración de concentrado debe equilibrarse cuidadosamente con la dieta de fibra y el contenido de proteínas no debe exceder el 16-18%. Los carbohidratos deben ser fácilmente digeribles. El maíz molido tiene Ventajas especiales porque parte de ella escapa a la fermentación ruminal para ser digerido y absorbido directamente como glucosa. (pp. 161-162)

### **3.4 Post parto y alteraciones reproductivas**

#### **3.4.1 Puerperio**

Es un proceso fisiológico que comienza inmediatamente después del parto a partir de una serie de modificaciones en el útero, dentro de las fases principales se encuentran la expulsión de las secundinas, luego la regresión mecánica del tamaño del útero y expulsión de loquios (Rutter, 2002).

La actividad inmune y la expresión de genes de sustancias proinflamatorias juegan un papel importante en la recuperación del estatus reproductivo y el retorno a la ciclicidad posparto de la vaca. Citoquinas y proteínas quimiotácticas son esenciales durante la respuesta inmune innata y la regulación de migración de células inmunes como polimorfonucleares PMN (Peter et al., 2015).

El estado inmunológico del útero es fundamental en este periodo ya que las barreras físicas están abiertas y permanecen así durante varios días, las infecciones uterinas en esta etapa están altamente influenciadas por el balance entre la contaminación bacteriana y el estatus inmunológico local y sistémico (Singh et al., 2008).

#### **3.4.2 Retención de membranas fetales**

La retención de placenta se caracteriza por la permanencia de la porción fetal de la placenta adherida al útero a partir de 12 horas después de la expulsión del feto siendo que la falla en su liberación debido a la inhabilidad de separación de la conexión materno-fetal, la ocurrencia de esta es multifactorial dentro de los cuales se pueden destacar los mecánicos ligados a dificultades en el parto como distocia, parto gemelar mortinato, parto inducido o aborto, las deficiencias nutricionales y procesos infecciosos que reducen la respuesta inmune como los problemas asociados con manejos (Buso et al., 2018).



### **3.4.3 Endometritis**

La endometritis es una enfermedad multifactorial de gran impacto económico ya que tanto en su presentación clínica o subclínica reduce de manera significativa la fertilidad y por tanto el desempeño reproductivo de las vacas afectadas en el rebaño (Arenas, 2015), esta consiste en la inflamación del endometrio (lumen uterino) generalmente debido a la persistencia de bacterias patógenas, aunque muchas de estas vacas consiguen eliminar las bacterias durante las primeras 5 semanas después del parto un 10-17% de los animales presenta esta condición (Sheldon et al., 2006).

### **3.4.4 Piometra**

La piometra es una enfermedad uterina donde el exudado de fluido purulento se acumula en el lumen en presencia de un cuerpo lúteo, la presencia de infección endometrial cuando la vaca regresa a su actividad cíclica es un prerrequisito para desarrollar piometra, esta infección inhibe la liberación de prostaglandinas y consecuentemente la regresión usual del cuerpo lúteo (Knudsen et al., 2015).

### **3.4.5 Mucómetra**

Se trata de una acumulación muy viscosa de líquido uterino en la luz del órgano, es de característica aséptica y está asociado a lesiones del tracto genital especialmente con quistes ováricos (Mimoune et al., 2016).

### **3.4.6 Quistes ováricos**

Los quistes ováricos son estructuras anovulatorias de 17mm (1.7cm) o más que persiste por más de 6 días en ausencia de cuerpos lúteos (Purba et al., 2021). Su causa puede ser variada y la totalidad de mecanismos por el cual se desarrolla no se ha esclarecido. Variaciones en la síntesis de GnRH o cambios en el patrón de secreción pulsátil de LH normal es una de las causas más estudiadas, es uno (Madhuri et al., 2017).

Los quistes ováricos a su vez afectan de forma directa en el intervalo de partos, siendo más frecuentes los foliculares (pared fina y contenido anecogénico) en comparación con los de origen lúteo (pared gruesa y con trabécula en el interior) (Borş & Borş, 2020).

Usualmente desde el punto de vista epidemiológico suele estar distribuida en las vacas más productoras, generalmente multíparas y sufriendo un incremento de riesgo por cada parto; el estrés, trastornos metabólicos, enfermedades puerperales como endometritis y el estado sanitario en general pueden contribuir a la aparición de la patología (Kumar & Kumar, 2020; Mimoune et al., 2021; Purba et al., 2021).

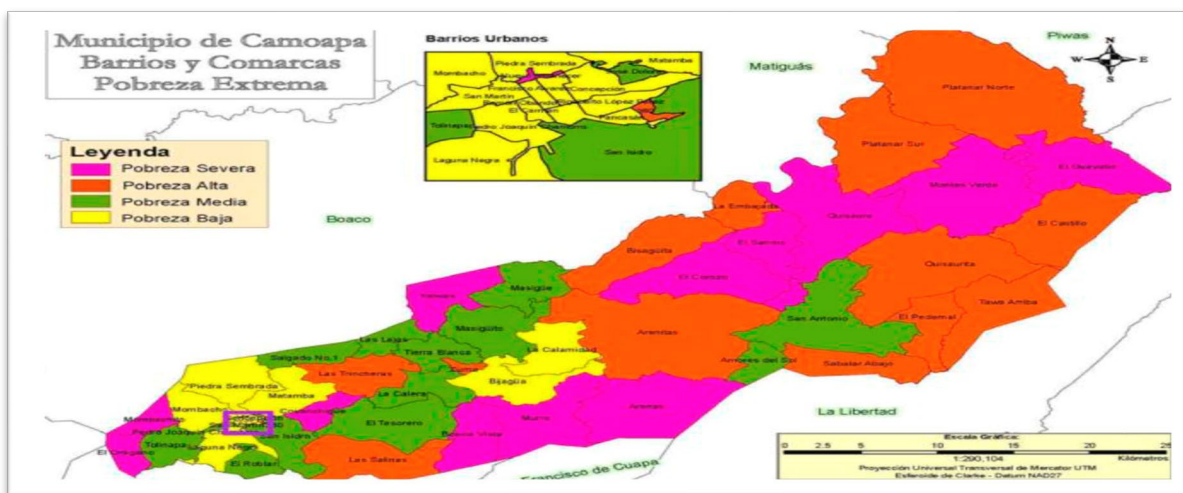
## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación y fechas del estudio

Según la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (s.f):

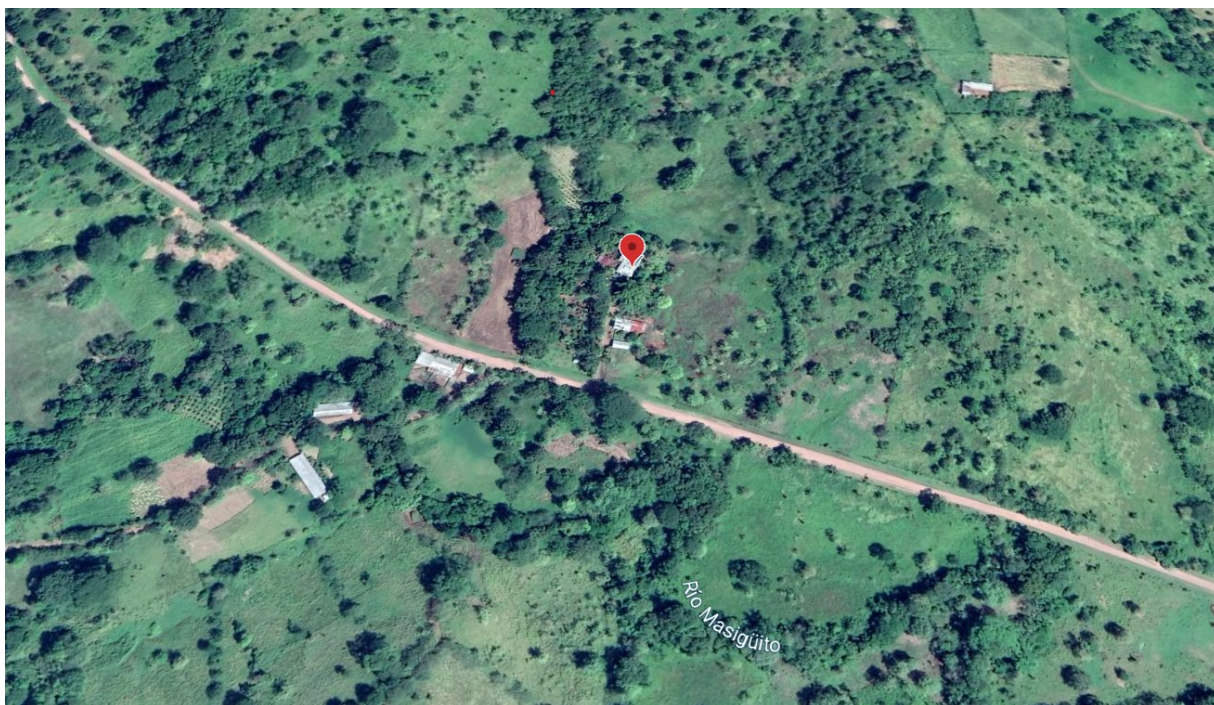
El municipio de Camoapa tiene los siguientes límites geográficos: al norte limita con los municipios de Boaco, Paiwas y Matiguás, al sur con Comalapa y Cuapa, al este con los municipios de La Libertad y El Rama y al oeste con San Lorenzo y Boaco. La temperatura promedio anual es de 25.2 °C, las precipitaciones anuales van desde 1,200 hasta 2,000 mm. Este municipio tiene una altura media de 520 m.s.n.m. (p. 4)

El proceso para la selección de las unidades productivas del este estudio se determinó por la accesibilidad que hay en el municipio a las ganaderías dedicadas a la producción de leche, población de hembras en gestación y promedio de producción láctea por ható, ya que como afirman González y Méndez (2015) “En Camoapa la mayor fuerza económica corresponde a las actividades ganaderas (producción lechera y engorde) aunque también la economía se fundamenta en la agricultura” (p. 4).



**Figura 1.** Mapa del municipio de Camoapa. **Fuente:** Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2008, p. 36)

La investigación se realizó en el periodo de marzo 2022 a febrero 2023 llevándose a cabo en dos fincas, la finca “San Dionisio” del señor Juan Ernesto Miranda Diaz, ubicada en la comarca Masigüito, en el municipio de Camoapa, departamento de Boaco; la posición geográfica de la finca es: 12°28'12.1"N 85°20'41.8"W.



**Figura 2.** Ubicación de la finca San Dionisio, en la comarca Masigüito. (Google Earth, 2022).

La otra finca donde tuvo lugar el estudio fue en finca “La Unión” del señor José Salomón Gómez Pérez, ubicada en la comarca Piedra Sembrada a 5.5 km de la ciudad de Camoapa, departamento de Boaco, la posición geográfica exacta es: 12°25'21.2"N 85°31'35.1"W.





**Figura 3.** Ubicación de finca La Unión, en la comarca Piedra Sembrada. (Google Earth, 2022)

#### **4.2 Diseño de la investigación**

Con relación a cetosis, se realizó un estudio de tipo descriptivo no experimental, de corte longitudinal, con enfoque mixto, esto debido a la aleatoriedad de los partos en las unidades de producción; las vacas sometidas al estudio fueron las que entraron en periodo de lactación (inmediatamente después del parto) durante el tiempo que se delimitó para la investigación.

La alimentación de las vacas fue principalmente a base de pastoreo con suplementación de concentrado al 22% de proteína en dependencia de la producción individual de leche de las vacas. Luego de la recolección de datos en el periodo establecido, se estratificaron los resultados por niveles de lactancia y encaste.

#### 4.2.1 Población y muestra

El muestreo aplicado para esta investigación fue por conveniencia, no probabilístico, en dependencia de las vacas paridas: 71 vacas para análisis de betahidroxibutirato en sangre, de una población de 100 hembras gestantes próximas al parto según manejo y registro reproductivo de las dos fincas en estudio.

#### 4.2.2 Prueba de cetosis

##### *Betahidroxibutirato sérico*

La muestra se recolectó de la vena coccígea, una gota de sangre de la vaca. La mejor manera que se ha encontrado para hacer esto es recolectando una cantidad muy pequeña de sangre de la vena de la cola con una aguja pequeña (calibre 25 o 27) y jeringa (1 ml - jeringa de tuberculina). Solo se necesita una pequeña cantidad de sangre en la jeringa (<0,1 ml) y tienes toda la muestra que se necesita (Oetzel y McGuirk, 2007).

Según Molina et al. (2020) Las muestras se extraen durante la segunda y la cuarta semana postparto, ya que durante este tiempo es que se muestran las mayores concentraciones de cuerpos cetónicos (BHB) en sangre.

El cetómetro **Nova Vet Veterinary Blood Ketone/Glucose Meter** es capaz de medir los niveles de beta-hidroxibutirato (BHB) en sangre, este aparato brinda información confiable, con la ventaja de que este puede ser usado en campo, obteniendo la información en solo 10 segundos según datos del fabricante (Nova Vet), a diferencia de otros cetómetros en el mercado este es exclusivamente para ganado bovino y no necesita de calibración previa para su uso. El cetómetro brinda al usuario información cuantitativa exacta, tomando como unidad de medida milimoles por litro (mmol/L). El betahidroxibutirato es recomendable que sea medido a nivel sanguíneo (plasmático), ya que la medición en las concentraciones de la leche suele ser demasiado variable

esto debido al uso de este metabolito por parte de la glándula mamaria. (Andersson y Lundstrom 1984, como se citó en Cook et al, 2001)

Según Oetzel y McGuirk (2010, como se citó en Céspedes, 2013):

La tira reactiva para cetonas contiene la enzima beta-hidroxiacetato deshidrogenasa, la cual reduce el BHBA hacia acetoacetato. Esto reduce el NAD<sup>+</sup> a NADH. El NADH es reoxidado nuevamente por medio de una molécula mediadora que transfiere electrones. La corriente eléctrica generada es medida por el cetómetro y es directamente proporcional a la concentración de BHB. Para el proceso en campo, el operador simplemente inserta una tira reactiva; espera el símbolo de la gota de sangre que aparece en la pantalla, La palabra "Ket" aparece e indica que está listo para medir BHB; lleva la tira reactiva a la gota de sangre y obtiene un resultado de prueba en 10 segundos. El resultado de la prueba se almacena automáticamente en la memoria del monitor. El operador puede recuperar y revisar los datos de prueba almacenados en el monitor. (p.4)

Para dividir la cetosis en clínica o subclínica se utilizaron los siguientes valores, concentraciones entre 1.2 mili moles/Litro (mmol/L) a 2.9 mili moles/Litro (mmol/L) para la cetosis subclínica, los valores inferiores al rango mínimo (1.2 mmol/L) se consideran normales, pero si estos sobrepasan el límite superior (2.9 mmol/L) se puede estar en presencia de una cetosis clínica. (Enjalbert et al., 2001)

Para evaluar la presencia de cetosis clínica además de la medición cuantitativa se evaluó la presencia de los síntomas clínicos de la enfermedad en las vacas, ya sean pérdida de peso, diarrea, descenso en la producción, entre otros.

#### **4.2.3 Diagnóstico de trastornos reproductivos por ultrasonido**

La utilización de distintas herramientas de diagnóstico veterinario en el ámbito de la reproducción ha permitido comprender de mejor forma la fisiología reproductiva bovina, el ultrasonido es una herramienta que ha sido adecuada a las necesidades en campo del veterinario

y ha ayudado a mejorar en gran parte la precisión de los diagnósticos de trastornos que antes no era posible mediante la palpación rectal (Quintela et al., 2012).

En esta investigación se utilizó para el diagnóstico de trastornos reproductivos el aparato de ultrasonido portátil SIUI CTS-800 dónde se escaneo entre frecuencias de 8.3 a 9 Mhz según la conveniencia para la nitidez de la imagen en dependencia de la estructura evaluada, el diagnostico de las patologías se realizó de la siguiente forma:

### ***Quistes ováricos***

Los quistes ováricos de naturaleza folicular son estructuras anovulatorias anecoicas de pared fina de más de 17mm que persisten por más de seis días (Purba et al., 2021), los quistes que son denominados luteales presentan una pared gruesa con una cavidad mayor generalmente con trabéculas (Borş & Borş, 2020).

### ***Trastornos uterinos***

Con respecto al diagnóstico de endometritis se realiza evaluación de la simetría uterina, es representativo la acumulación de líquido y grosor de la pared endometrial, se puede observar un poco contenido impuro e hiperecogénico, en cuanto a la mucometra se observa mayor contenido pero anecogénico, a diferencia de la piometra donde se puede observar más contenido de ecogenicidad mixta a lo largo del tracto reproductivo y en presencia de un cuerpo lúteo(Lagos y Narváez, 2016; Mimoune et al., 2016).

## **4.3 Datos evaluados**

### **4.3.1 Prevalencia de cetosis**

Suescun (s.f.) define la prevalencia como:



El indicador epidemiológico que mide la frecuencia de los casos viejos y nuevos de una enfermedad en una población, en un tiempo y un lugar dado. La prevalencia puede expresarse en forma general, específica, proporcional y diferencial y, además en forma puntual o periódica. La prevalencia solamente se calcula como una proporción ( $a/a+b$ ).

De esta variable se medirán las siguientes subvariables:

- Prevalencia puntual por hato

$$\text{Prevalencia por hato} = \frac{\text{Numero de animales positivos a cetosis}}{\text{Poblacion total muestreada}} \times 100$$

- Prevalencia según la semana de lactación

$$\text{Pv. semana de lactancia} = \frac{\text{Numero de animales positivos a cetosis por semana de lactancia}}{\text{Población muestreada por semana de lactancia}} \times 100$$

- Prevalencia por N.º de lactancia

$$\text{Pv. N Lactancia} = \frac{\text{Numero de animales positivos a cetosis por numero de lactancia}}{\text{Población mustrada por numero de lactancia}} \times 100$$

- Prevalencia por encaste

$$\text{Pv. encaste} = \frac{\text{Numero de animales positivos a cetosis por encaste}}{\text{Población mustrada por encaste}} \times 100$$

#### 4.3.2 Prevalencia de trastornos reproductivos post parto

En el post parto el animal atraviesa por distintas situaciones adversas generalmente relacionado a factores nutricionales (Sammad et al., 2022), estas situaciones propician la aparición de trastornos reproductivos que disminuyen el rendimiento de la reproducción de las vacas en lactación, lo cual se puede determinar la presencia de afecciones de tipo inflamatorio o infecciosa a lo largo de todo el tracto reproductivo de la hembra Santos et al. (2009); Sheldon et al. (2009).

La evaluación de la presencia de trastornos reproductivos se realizó mediante exploración clínica, palpación y ultrasonografía herramienta válida para el diagnóstico preciso de trastornos del aparato reproductor (Fricke, 2002).

$$Pv. \text{ trastornos reproductivos} = \frac{\text{Numero de animales positivos a trastornos reproductivos}}{\text{Población muestreada}} \times 100$$

#### **4.3.3 Asociación entre trastornos reproductivos y cetosis**

Parte de la relevancia con la que cuenta el presente estudio es el establecimiento de la posible relación de cetosis con trastornos reproductivos postparto, con relación a esto podemos retomar lo que afirma O'connor (1998):

Uno de los principales problemas que se presentan en las lecherías, son los trastornos después del parto, debido a que las condiciones en que se dan los partos muchas veces no son las más adecuadas, favoreciendo así el padecimiento de infecciones a nivel del tracto reproductor, así de igual manera la genética y la herencia juega un papel muy importante en el padecimiento de estos trastornos. Las infecciones uterinas causan una reducción del 8% en la concepción durante el primer servicio. Las vacas después del parto presentan un porcentaje alto de bacterias durante las primeras dos semanas. El proceso natural de reparación uterina, involución uterina, con todos los mecanismos fisiológicos asociados, normalmente es muy eficaz para reducir la población de bacterias e inflamación en el útero. (p.3)

Buttler (2003) y su conclusión sobre la relación del alto rendimiento de las vacas lecheras y la fertilidad dicta que “El Desempeño reproductivo en vacas lecheras ha disminuido según el paso de las décadas en asociación al gran incremento del rendimiento productivo de leche” (p. 216).

La posible relación entre cetosis y los trastornos de la reproducción, fue evaluada de la siguiente forma:

- Al ser trastornos que se dan en la fase de transición es necesario describir los hallazgos presentes en el post parto (distocia, retención de membranas fetales, metritis, piometra, mucometra e hidrómetra etc.)
- Se realizo un examen clínico-ginecobstetra, con palpación rectal y mediante ultrasonografía una vez por semana.
- Se determino la asociación estadística entre vacas positivas a trastornos metabólicos y patologías reproductivas.

#### 4.4 Análisis de datos

Los datos se analizarán mediante estadística descriptiva (promedios, porcentajes, máximo y mínimo) e inferencial. Dentro de la estadística analítica se corrieron pruebas de normalidad, kolmogorov Smirnov, Prueba T para muestras independiente no paramétrica (U de Mann Whintney) para comparación de valores de cuerpo cetónicos entre la segunda y cuarta semana, prueba de Fisher, para establecer asociación estadística entre las variables de prevalencia de cetosis y trastornos reproductivos, se calculó mediante V de Kramer la intensidad de la asociación entre las variables; se utilizó el programa estadístico SPSS.

$$D = \sup |F_n(x_i) - F_0(x_i)|$$

Donde:

$x_i$ : es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).

$F_n(x_i)$ : es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que  $x_i$ .

$F_0(x_i)$ : es la probabilidad de observar valores menores o iguales que  $x_i$  cuando  $H_0$  es cierta.

### ***Prueba de fisher***

El valor p de una cola para la prueba exacta de Fisher se calcula como:

$$p = (a + b)! (c + d)! (a + c)! (b + d)! / (a! b! c! d! n!)$$

tamaño de la población = n

«éxitos» de la población = a + b

tamaño de muestra = a + c

muestra de «éxitos» = a

### ***Prueba T para muestras independientes no paramétricas***

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

t: estadístico t calculado.

X<sub>1</sub>; X<sub>2</sub>: medias muestrales.

S<sub>c</sub><sup>2</sup>: varianza común.

### ***Prueba de chi cuadrado***

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{n_{ij} - \hat{m}_{ij}}{\hat{m}_{ij}}$$

n<sub>ij</sub>: Representa el recuento maestral de la celda ij.

$\hat{m}_{ij}$ : Es el estimador de frecuencia absoluto.

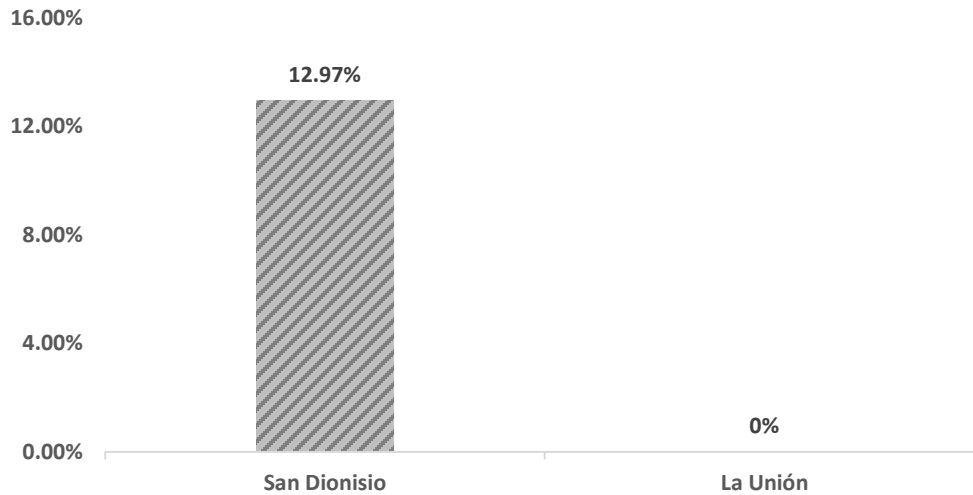
## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Prevalencia de Cetosis

#### 5.1.1 Prevalencia puntual por hato

En figura 4, se muestra la prevalencia en las unidades de producción, encontrándose un 12.97% de animales positivos en la finca San Dionisio, estos datos coinciden con los de Freitas (2020) donde la prevalencia de cetosis subclínica fue del 15%, Garzón y Espinoza (2018) afirma que los índices de cetosis se pueden encontrar desde 7-32 %. La prevalencia en finca La Unión fue del 0% esto puede deberse a que el rendimiento en la producción de leche de estas vacas es menor al de la Finca San Dionisio, referente a esto Vanholder et al. 2015 menciona que entre mayor sea la producción de leche se encontraran más casos de cetosis tanto clínica como subclínica, entre los aspectos que no fueron evaluados en esta investigación pero que definitivamente pudieron contribuir a los resultados encontrados se encuentra la influencia ambiental debido a que las vacas se encuentran en una dieta que principalmente es a base de pastoreo en este contexto Campos y Hernández (2008) aseguran que la mala calidad de los pastos pueden originar deficiencias en el metabolismo energético de las vacas.

Aunque las vacas de las dos unidades productivas recibían suplemento concentrado existen otras patologías metabólicas que pueden ir asociadas con la cetosis, que en este caso pueden ser la hipocalcemia (Salgado et al., 2009) en un estudio realizado en España se demostró que la presentación de hipocalcemia a un límite  $\leq 1.93$  mM como un predictor de cetosis con especificidad de 58% y sensibilidad de 67.4% (Rodríguez et al., 2017), acidosis (ya sea ruminal y metabólica) que puede presentarse de forma sub aguda en el inicio del post parto debido al cambio de dieta en el caso de la incorporación de concentrados, donde debido a la demanda energética se utilizan muchos carbohidratos de fácilmente fermentables. El aumento en los niveles de lactato en esta puede provocar la acidosis y disminuir el consumo de materia seca del animal haciendo con que entre en un balance energético negativo más marcado propiciando la cetogenesis (Antanaitis et al., 2015).



**Figura 4.** Prevalencia de cetosis en fincas San Dionisio y la Unión

Con relación a los niveles de cuerpos cetónicos entre los hatos de ambas fincas (cuadro.1) se encontró en la finca San Dionisio un valor promedio de  $0.59 \pm 0.32$  en la segunda semana y  $0.63 \pm 0.29$  en la cuarta semana, en finca la Unión se determinó una media de  $0.52 \pm 0.21$  en la segunda semana y de  $0.49 \pm 0.08$  en la cuarta. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) al realizar prueba T no paramétrica (Anexo. 4) entre los valores de cuerpos cetónicos de ambos hatos. Estos valores difieren con los encontrados en una investigación en Londres donde la media fue de 0.8 mmol/L (Jorritsma et al., 1998), podemos encontrar similitud en relación con los valores encontrados en la cuarta semana en la finca San Dionisio y por Schneider et al. (2020) utilizando el mismo tipo de cetómetro quien reporta valores  $0.7 \pm 0.5$  en vacas confinadas.

El haber encontrado estos niveles de cuerpos cetónicos sugiere la presencia de estos mismos durante la fase de estrés metabólico que se presenta en el periodo de transición, es decir existe de forma normal lipomovilización pero esta no excede su límite establecido para la producción exacerbada de cuerpos cetónicos, la falta de preparación de una dieta de pre parto donde la acumulación de grasas o de consumo de pastos con poca calidad nutricional y con gran cantidad de precursores cetogénicos como acetato puede aumentar las probabilidades de presentación de cetosis (Pascottini et al., 2020).

**Cuadro 1.** Concentraciones de cuerpos cetónicos durante la segunda y cuarta semana en finca San Dionisio y La Unión.

<b>Unidad de producción</b>	<b>Segunda semana</b>	<b>Cuarta semana</b>
San Dionisio	0.59 ± 0.32	0.63± 0.29
La Unión	0.52± 0.21	0.49 ± 0.08
P valor	.126	.994

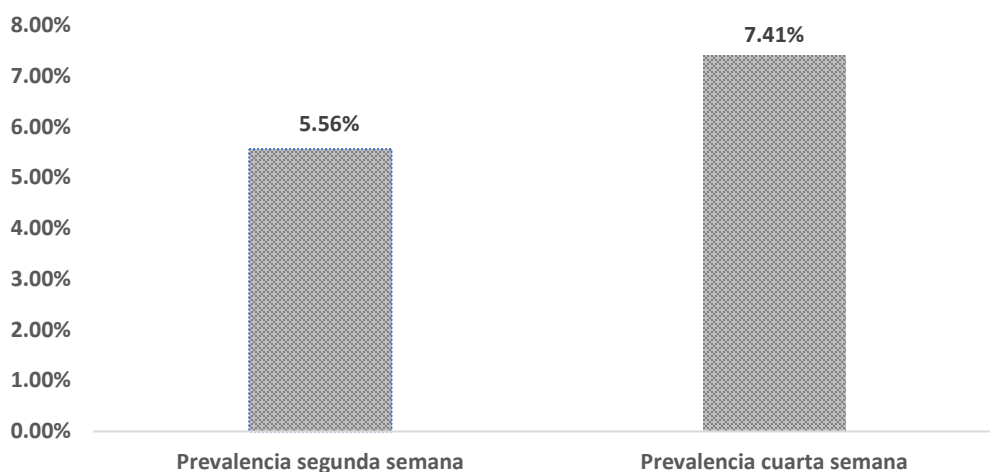
**Fuente** (Elaboración propia)

### 5.1.2 Prevalencia según la semana de lactación

En la figura 5, se observan los resultados de prevalencia de cetosis por semana de lactancia, encontrándose una mayor prevalencia en la cuarta semana con 7.41%, estos datos son similares a los encontrados en una investigación en el Altiplano Cundiboyacense en Colombia, donde determinaron que hay una gran presencia de cetosis subclínica en las primeras seis semanas post parto, con un pico en la semana cuatro después del parto con una prevalencia de 10.6% (Garzón y Espinosa, 2018); esto se debe a que en este periodo se encuentra la mayor producción láctea en vacas, generalmente se establecen los dos primeros meses de lactación como los de mayor producción (Bangar & Verma, 2017; Torshizi, 2016); como afirma Reynolds (2002) entre mayor producción más riesgo de presentación cetosis clínica o subclínica debido a la movilización de nutrientes para lactogénesis.

Inmediatamente después del parto el fraccionamiento metabólico de la energía moviliza azúcares principalmente para la síntesis de lactosa en el ubre, ya que el tejido muscular puede utilizar cuerpos cetónicos como fuente de energía, el incremento de producción de leche que muestra la curva de lactación aumenta la demanda de metabolitos por el ubre que predisponen la ocurrencia de cetosis en estos días, parte del por qué se eligió la prueba de BHB sérico se

refiere principalmente a la poca utilización de cuerpos cetónicos por parte de la ubre (Leite et al., 2019).



**Figura 5.** Prevalencia de cetosis en la segunda y cuarta semana de lactancia, en finca San Dionisio

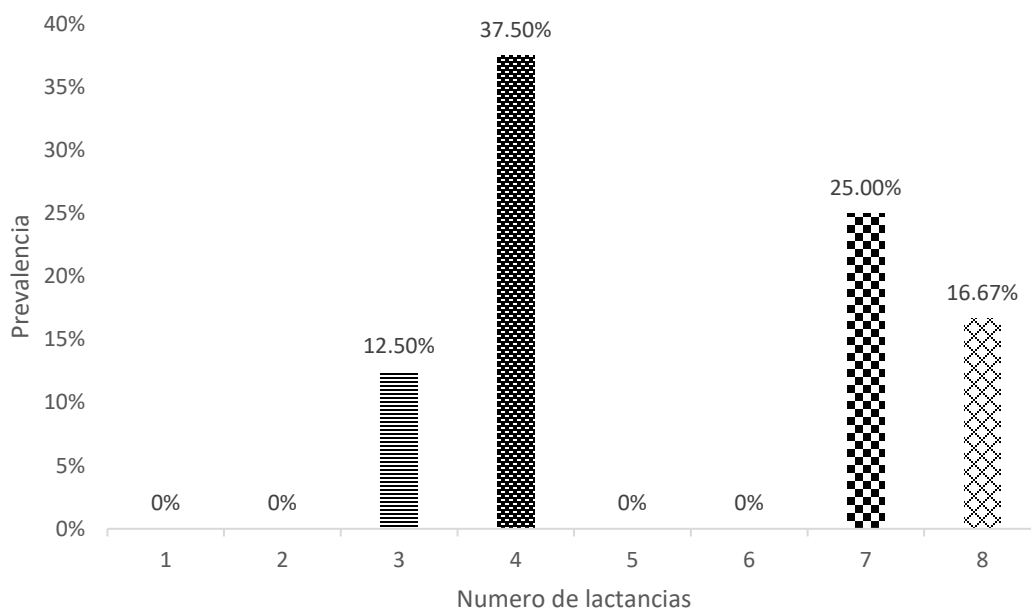
### 5.1.3 Prevalencia por número de lactancia

En la figura 6, se muestra la prevalencia de cetosis según la lactancia, donde se observa la mayor prevalencia para la cuarta lactancia con un 37.50%, seguido de la séptima con 25%, la octava lactancia con 16.67% y la tercera con un 12.50%, las vacas de primera, segunda, quinta y sexta lactancia no presentaron cetosis. La agrupación de estos datos puede a que el balance energético negativo suele ser mayor en vacas multíparas esto debido principalmente al aumento de producción láctea en estas lactancias, esto es comparable con los datos mostrados por Garzón y Espinoza (2018) donde afirma que el riesgo de desarrollar cetosis en estas lactancias es mayor con un OR de 2.1 para la segunda y 2.8 para la cuarta lactancia.

Las vacas de primíparas generalmente presentan bajos niveles de cuerpos cetónicos Molina et al, (2020), otro factor que tiene influencia sobre la presentación de cetosis es el intervalo parto-parto donde vacas con un intervalo mayor generalmente tienen un periodo seco más prolongado



lo que promueve la síntesis de tejido graso (Larsen & Kristensen, 2013), esta situación se presentó en las vacas de 7ma y 8va lactancia según el histórico referido por el encargado de la finca.

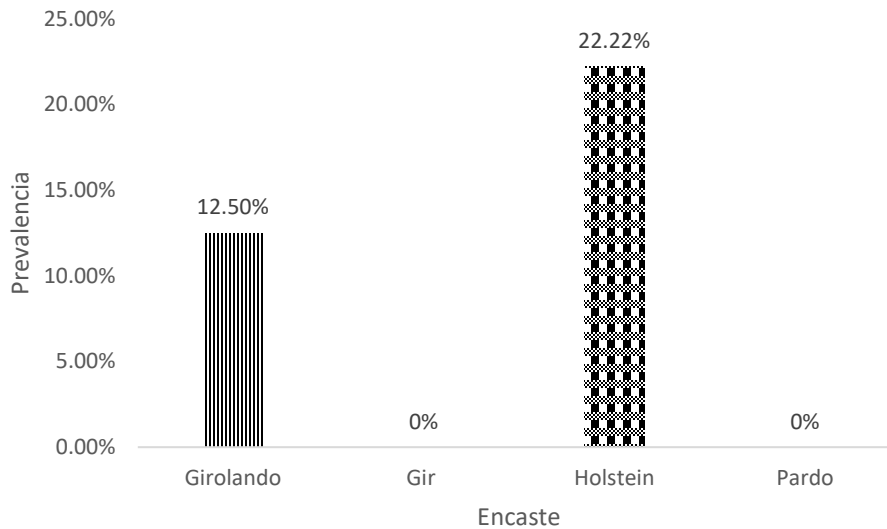


**Figura 6.** Prevalencia de cetosis por lactancia en finca San Dionisio

#### 5.1.4 Prevalencia por encaste

Los resultados obtenidos en cuanto a la prevalencia por encaste se muestran en el siguiente grafico de barras (Figura 7.) donde la más afectada fue la raza Holstein seguida de la Girolando, esto va a estar relacionado principalmente al factor productivo, estando entre las razas más susceptibles las vacas de raza Holstein y Jersey (Garzón y Espinoza, 2018).

Además de la relación que existe entre la productividad y la raza y la cetosis un estudio de países bajos en el 2015 demostró la presencia de genes en toros Holstein que al igual que pueden heredar en su progeñie características como tamaño de la ubre, y cantidad de solidos totales tambien pueden heredar esta condición de susceptibilidad a la cetosis (Vosman et al., 2015).

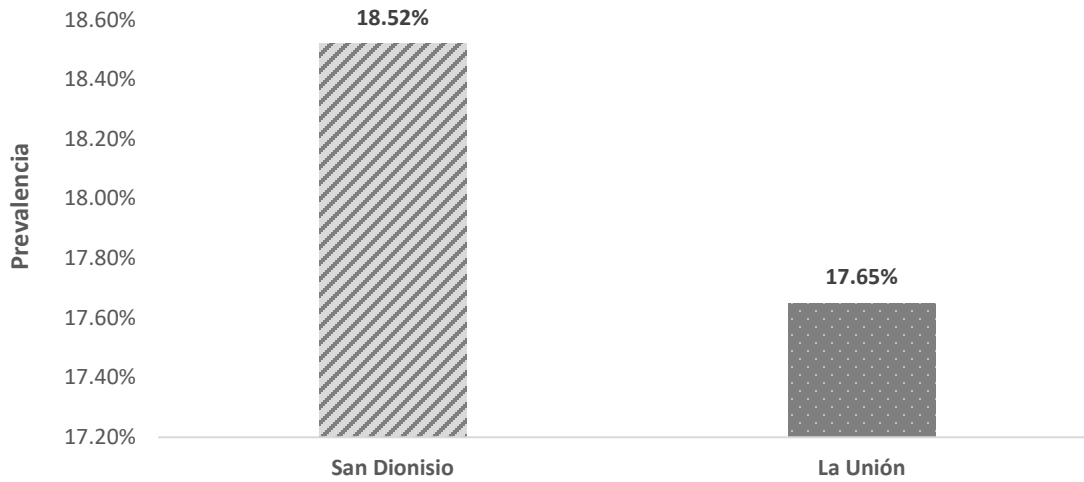


**Figura 7.** Prevalencia de cetosis por encaste en finca San Dionisio

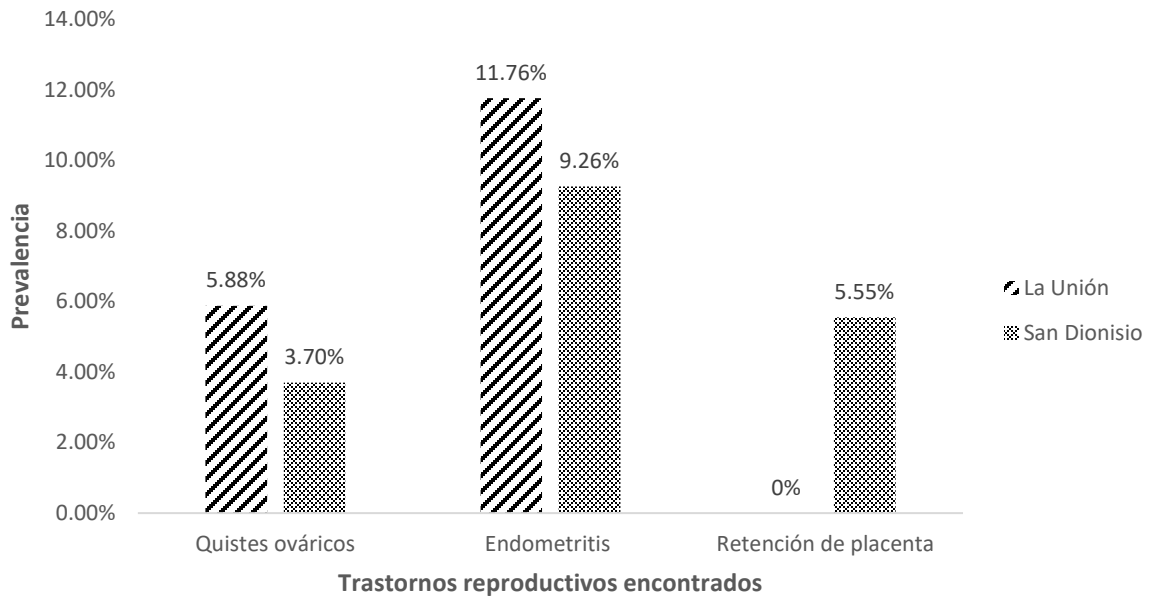
## 5.2 Prevalencia de trastornos reproductivos

La prevalencia de trastornos reproductivos encontrados en la unión corresponden a un 17.65% y en la Finca San Dionisio de 18.52% , si observamos el porcentaje de patologías que afectaron los diferentes hatos tendríamos que: en cuanto a endometritis un 11.76% de vacas fueron afectadas y 5.88% presento quistes foliculares, esto coincide con lo encontrado por Kaufmann (2010) donde detecto 12% de endometritis subclínica y difiere con lo encontrado con Arenas (2015) donde la prevalencia fue del 25.6 %, con respecto a quistes foliculares los valores difieren con los encontrados por Santos et al. (2009).

Si por otra parte observamos los datos de la Finca San Dionisio donde se encontró que el porcentaje de hembras con endometritis corresponde a un 9.26%,y un 3.70% de vacas tuvo quistes ováricos y por ultimo un 5.55% de vacas que tuvieron retención de membranas fetales; esto se debe a que está ligada a múltiples factores que van desde el nivel de inmunidad de la vaca, como de las condiciones ambientales la prevalencia de quistes difiere de la encontrada en otras unidades de producción (Buso et al., 2018; Silva et al., 2020).



**Figura 8.** Prevalencia de trastornos reproductivos en las unidades de producción San Dionisio y La Unión



**Figura 9:** Distribución de la prevalencia de trastornos reproductivos presentes en las unidades de producción La Unión y San Dionisio.

### 5.3 Asociación estadística entre trastornos reproductivos post parto y cetosis

En cuanto a la asociación de los trastornos reproductivos post parto y la cetosis se encontró un nivel de significancia de 0.001 a la prueba de Fisher (Cuadro. 1) lo cual confirma que existe asociación de estas variables ( $p < 0.05$ ), al realizar la prueba de V de Cramer (Cuadro.2) para determinar la intensidad asociación se determinó una asociación moderada (0.526).

Una de las posibles causas de esta asociación puede ser el balance energético negativo (BEN) tal como lo menciona Silva et al.(2020) puede influir en el desempeño del sistema inmune en las vacas, una de las formas principales es disminuyendo la actividad de células de defensa como son los polimorfonucleares los cuales juegan un papel importante en el control de los microorganismos a nivel uterino, igual Rutter, (2002) menciona que se pueden observar endometritis de tipo bacteriana que afectan el puerperio incluso retrasando la expulsión de los loquios los cuales son muy pocos (presentes solo en pocos mLs) ya en el día 18 post parto.

**Cuadro 2.** Prueba de chi-cuadrado para asociación de cetosis y trastornos reproductivos.

<b>Prueba de chi-cuadrado</b>						
		valor	df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado	de	14.921 <sup>a</sup>	1	.000		
Pearson						
Corrección	de	11.164	1	.001		
continuidad <sup>b</sup>						
Razón	de	11.519	1	.001		
verosimilitud						
Prueba exacta	de				.001	.001
Fisher						
Asociación lineal por		14.645	1	.000		
lineal						
N de casos validos		71				

**Fuente** (SPSS versión 26)

La nutrición juega un papel muy importante en la reproducción del bovino pues muchas de las modificaciones en las dietas de estos pueden afectar las concentraciones circulantes de hormonas hipofisarias y por tanto influir en el desarrollo folicular(Souza et al., 2009), en este

caso la cetosis que es causada por un desbalance energético negativo puede afectar el desarrollo de las ondas foliculares ováricas esto principalmente debido a la gestión metabólica de la energía que realiza el animal que es en el siguiente orden jerárquico: metabolismo basal, actividades, crecimiento, reserva de energías, preñez (si la hay), producción de leche, reservas adicionales de energía, ciclo estral e inicio de la preñez, exceso de reservas (Short et al., 1987).

Estudios que se han enfocado en el papel de algunos metabolitos de las vacas lecheras han demostrado que las concentraciones de urea, ácidos grasos no esterificados incluyendo el betahidroxibutirato cuyas concentraciones en sangre fueron escogidas como parámetro de vacas con cetosis en nuestra investigación y la insulina junto con el factor de crecimiento semejante a la insulina (IGF-1) pueden modificar la composición de los líquidos foliculares, tubárico y uterino teniendo impacto de esta forma en el desempeño reproductivo del animal. (Leroy et al., 2008), otro papel importante lo juega la hormona del crecimiento (GH) ya que esta hormona actúa de manera sinérgica con la insulina y suele tener influencia mitogénica de las células de la teca interna y de la granulosa siendo estas responsables de producir hormonas que se involucran en la fisiología ovárica principalmente del eje hipotálamo adenohipofisario gonadal pudiendo afectar incluso la frecuencia e intensidad de los picos de LH (Souza et al., 2009)

**Cuadro 3.** Prueba V de Cramer para medir la intensidad entre la asociación de cetosis y trastornos reproductivos.

<b>Medidas simétricas</b>						
			valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Nominal	por	Phi	-.526			.000
Nominal		V de Cramer	.526			.000
		Coefficiente de contingencia	.465			.000
Intervalo	por	R de Pearson	-.526	.156	-4.456	.000 <sup>0</sup>
Ordinal	por	Correlación de Spearman	-.526	.156	-4.456	.000 <sup>0</sup>
N de casos validos			71			

**Fuente** (SPSS versión 26)

## VI. CONCLUSIONES

La prevalencia de cetosis de las vacas en lactación fue de 12.97% en la finca San Dionisio y un 0% en la finca la Unión, durante las visitas realizadas no se observaron manifestaciones clínicas de cetosis en las vacas afectadas.

Las hembras en su cuarta lactación fueron las más afectadas en este estudio, con un 37.50% de prevalencia en estas, las vacas de tercera, séptima y octava lactación presentaron niveles 12.50, 25 y 16.67% respectivamente, mientras que las de primera, segunda, quinta y sexta no presentaron cetosis.

Basado en nuestros resultados las vacas de raza Holstein y Gyrolando demostraron tener una mayor predisposición a sufrir de cetosis ya que la prevalencia de estas fue de 22.22% para las Holstein y un 12.50% para las Gyrolando, a diferencia de las Gyr y Pardo Suizo que fueron involucradas en el estudio.

La prevalencia de trastornos reproductivos se mantiene en valores próximos en ambas fincas, presentando la finca San Dionisio 18.52% y la finca La Unión 17.65%, donde las patologías principales fueron los quistes ováricos (3.70% para San Dionisio y 5.88% para La Unión), y la endometritis subclínica (9.26% para San Dionisio y 11.76% en la Unión), seguido de retención placentaria que se presentó solo en la finca San Dionisio con un 5.55% de prevalencia.

Se encontró una asociación entre la cetosis y la prevalencia de trastornos reproductivos con un nivel de intensidad media.

## VII. RECOMENDACIONES

Para obtener datos más precisos sería interesante aumentar el número de muestreos a las vacas. Utilizar diferentes marcadores metabólicos brindaría un análisis más amplio del comportamiento metabólico de las vacas en el post parto, algunos metabolitos interesantes de cuantificar serían la insulina, ácidos grasos no esterificados, factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1).

Además de evaluar la prevalencia de trastornos reproductivos se recomienda utilizar parámetros para medir la eficiencia reproductiva de las vacas, como por ejemplo número de ondas foliculares, tasa de crecimiento folicular, intervalo entre el parto y la primera ovulación.

Medir la producción de leche por vaca incluida en el estudio.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Antanaitis, R., Zilaitis, V., Kucinskas, A., Juozaitienė, V., & Leonauskaitė, K. (2015). Changes in cow activity, milk yield, and milk conductivity before clinical diagnosis of ketosis, and acidosis. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 70(92), 3–8. <https://www.researchgate.net/publication/281667968>
- Araya, O., del Campo, H., y Hervé, M. (1984). Alteraciones del metabolismo energético en ruminantes y sus principales manifestaciones clínicas. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 16 (1), 7-13. <https://books.google.com.ni/books?id=oY877w5AjmsC&pg=PA9&dq=Cetosis+bovina&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjHh5zWuMH0AhV1TDABHZWHAQ4Q6AF6BAgE EAM#v=onepage&q=Cetosis%20bovina&f=false>
- Arenas, E. (2015). Frecuencia de endometritis subclínica en el postparto de vacas lecheras en Arequipa. *SPERMOVA*, 5(1), 93–96. <https://doi.org/10.18548/aspe/0002.21>
- Bangar, Y. C., & Verma, M. R. (2017). Non-linear modelling to describe lactation curve in Gir crossbred cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(3). <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0128-6>
- Banco Central de Nicaragua (2021, Septiembre 8). *BCN informa sobre el PIB trimestral (PIBT) del II trimestre del 2021*. [https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/CE\\_II\\_Trim\\_21.pdf](https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/CE_II_Trim_21.pdf)
- Borş, S., & Borş, A. (2020). Ovarian cysts, an anovulatory condition in dairy cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*, 82(10), 1515–1522. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0381>
- Buso, R., Campos, C., Santos, T., Saut, J., & Santos, R. (2018). Retained placenta and subclinical endometritis: Prevalence and relation with reproductive performance of crossbred dairy cows. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 38(1), 1–5. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-4707>
- Buttler, W. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science*. 83, 211-218.



- Callo, J. (2015). *Determinación de los niveles  $\beta$ -hidroxibutirato en sangre como método de diagnóstico de Cetosis Bovina en vacas lecheras de alta producción, Arequipa 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. EBSCO. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/5467/68.0796.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos, R y Hernández, É. (2008). *Relación nutrición fertilidad en Bovinos: un enfoque bioquímico y fisiológico*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7309/romulocamposgaona2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Céspedes, J. (2013). *Evaluación de los niveles de cetonas en vacas lecheras Holstein en la etapa de transición y post parto, utilizando un cetómetro electrónico, irrigación de Santa Rita de Siguan, Arequipa 2013*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. EBSCO. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/4353/68.0691.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cook, N., Ward, W. & Dobson, H. (2001). Concentrations of ketones in milk in early lactation, and reproductive performance of dairy cows. *The Veterinary Record*. 148, 769-772. <https://doi.org/10.1136/vr.148.25.769>
- Cunningham, J. (2014). *Fisiología Veterinaria quinta edición*. ELSEVIER.
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. (s.f.). *Caracterización Municipal de Camoapa. FICHA MUNICIPAL*. <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Boaco/Camoapa.pdf>
- Enjalbert, F., Nicot, M., Bayourthe, C. & Moncoulon, R. (2001). Ketone Bodies in Milk and Blood of Dairy Cows: Relationship between Concentrations and Utilization for Detection of Subclinical Ketosis. *American Dairy Science Association*, 84 (3), 583-589. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(01\)74511-0/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(01)74511-0/pdf)

- Eun-Kyung, S., Jae-Kwan, J., In-Soo, C., Hyun-Gu, K., Tai-Young, H., Young-Hun, J. & Ill-Hwa, K. (2015). Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology*, 84(2), 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.014>.
- Fajardo, A. (Enero, 2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. *Revista Alergia México*, 64(1), 111. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252>.
- Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua. (2018). Contexto Actual del Sector Ganadero. <https://funides.com/wp-content/uploads/2020/01/FAGANIC-ContextoActual.pdf>.
- Fernández, J. (2012). *Estudio de la prevalencia de quistes ováricos en una explotación de ganado vacuno lechero* [Tesis de master, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27624/Trabajo%20de%20fin%20de%20máster%20II.pdf?sequence=1>
- Freitas, B., dos Santos, J., Palmeira, M., Schwegler, E., Nogueira, C., e Lenocho, R. (2020). Cetose subclínica em vacas leiteiras na Região dos Campos Gerais no estado do Paraná. *Brazilian Journal of Development*. 6(5), 30398-30405. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-481>.
- Fricke, P. (2002). Scanning the future - Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 85(8), 1918–1926. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74268-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74268-9)
- Garzón, A. y Espinoza, O. (2018). Incidencia y prevalencia de cetosis clínica y subclínica en ganado en pastoreo en el altiplano Cundiboyacense, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 13 (2). 121- 136. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.3>
- González, R., y Méndez, M. (2015). *Caracterización de la transformación y comercialización de la producción láctea de pequeños y medianos productores de la comarca el Guayabo*,

*municipio de Camoapa, departamento de Boaco durante el periodo de Julio a Septiembre del año 2015. [Tesis de grado]. Camoapa: Universidad Nacional Agraria.*

Google. (2022). [Indicaciones de Google Earth sobre la ubicación de finca San Dionisio]. [https://earth.google.com/web/search/12°28%2712.1"N+85°20%2741.8"W/@12.46918042,-85.3450519,306.21108198a,1083.45236471d,35y,23.41232081h,38.42520615t,0r/data=CigiJgokCd-5sZn-1ChAEdGR7KH9uShAGdFDOt4TXVXAic3RzKdOZFXA](https://earth.google.com/web/search/12°28%2712.1)

Google. (2022). [Indicaciones de Google Earth sobre la ubicación de finca La Unión]. [https://earth.google.com/web/search/12°25%2721.2"N+85°31%2735.1"W/@12.42215304,-85.52566258,585.30672914a,1028.30998181d,35y,15.38705187h,0t,0r/data=CigiJgokCXWcIOX29ihAEd26g3bR7ShAGRqp5LjVvXAIzy33O-OVIXA](https://earth.google.com/web/search/12°25%2721.2)

Guerra, R., Hernández, A., y Menéndez, A. (2018, abril 30). *Análisis de curvas de lactancia en vacas Holstein de la cuenca lechera de Chiriquí, República de Panamá*. *Livestock Research for Rural Development*. [https://www.researchgate.net/publication/324413536\\_Analysis\\_of\\_lactation\\_curves\\_of\\_holstein\\_cows\\_in\\_the\\_milk\\_basin\\_region\\_of\\_chiriqui\\_republic\\_of\\_panama?enrichId=rgreq-e072b67e801b7858d8027ad2876f5bab-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNDQxMzUzNjtBUzoXMDIyMDY0NzQ4MTU4OTc3QDE2MjA2OTA2MzMyMTI%3D&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/324413536_Analysis_of_lactation_curves_of_holstein_cows_in_the_milk_basin_region_of_chiriqui_republic_of_panama?enrichId=rgreq-e072b67e801b7858d8027ad2876f5bab-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNDQxMzUzNjtBUzoXMDIyMDY0NzQ4MTU4OTc3QDE2MjA2OTA2MzMyMTI%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf)

Halfen, J., Carpinelli, N., Lasso-Ramirez, S., Michelotti, T., Fowler, E., St-Pierre, B., Trevisi, E., & Osorio, J. (2023). Physiological Conditions Leading to Maternal Subclinical Ketosis in Holstein Dairy Cows Can Impair the Offspring's Postnatal Growth and Gut Microbiome Development. *Microorganisms*, 11(7), 2-21. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071839>

Herd, T. (2000). Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 16(2). [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30102-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30102-X)

- Hernández, F., (2007). *BIOQUIMICA ANIMAL II*. Editorial Félix Varela.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2008). *Camoapa en cifras*. Recuperado de <https://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasMun/Boaco/CAMOAPA.pdf>
- Jorritsma, R., Baldeé, S., Schukken, Y., Wensing, T., & Wentink, G. (1998). Evaluation of a milk test for detection of subclinical ketosis. *Veterinary Quarterly*, 20(3), 108–110. <https://doi.org/10.1080/01652176.1998.9694851>
- Kahn, C., Line, S. (2007) *Manual Merck de Veterinaria sexta edición*. OCEANO. (Original publicado en 1899).
- Kaufmann, T., Drillich, M., Tenhagen, B., & Heuwieser, W. (2010). Correlations between periparturient serum concentrations of non-esterified fatty acids, betahydroxybutyric acid, bilirubin, and urea and the occurrence of clinical and subclinical postpartum bovine endometritis. *BMC Veterinary Research*. 6(47). 1-6. <http://www.biomedcentral.com/1746-6148/6/47>
- Knudsen, L., Karstrup, C., Pedersen, H., Agerholm, J., Jensen, T., & Klitgaard, K. (2015). Revisiting bovine pyometra-New insights into the disease using a culture-independent deep sequencing approach. *Veterinary Microbiology*, 175(2–4), 319–324. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2014.12.006>
- Kumar, P., & Kumar, P. (2020). Anoestrus in bovines: A review article. *The Pharma Innovation Journal*, 9(9), 458–460. <http://www.thepharmajournal.com>
- Lagos, F., y Narváez, P. (2016). Prevalencia de endometritis diagnosticada por ultrasonido en vacas de pequeños productores de leche en seis municipios del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Investigación Pecuaria*, 4(1), 22–30.
- Larsen, M., & Kristensen, N. (2013). Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal*, 7(10), 1640–1650. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001171>
- Leite, G., Sarzedas, A. C., De Paula, J., Cavalcanti, R., De Oliveira, E., Soares, P., De Mendonça, C., & Bastos, J. (2019). Cardiac biomarkers and blood metabolites in cows

- with clinical ketosis. *Semina:Ciencias Agrarias*, 40(6), 3525–3540. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3525>
- Leroy, J., Van Soom, A., Opsomer, G., & Bols, P. (2008). The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality. *Animal*, 2(8), 1120–1127. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002383>
- Lussier, J., Matton, P., & Dufour, J. (1987). Growth rates of follicles in the ovary of the cow. *Journals of Reproduction & Fertility Ltd*, 81, 301–307.
- Madhuri, G., Rajashri, M., Kesharwani, S., Scholar, P., Sc, M., & Rao, P. (2017). Post-partum anoestrus in dairy cows: a review. *International Journal of Science, Enviroment and Technology*, 6(2), 1447–1452. [www.ijset.net](http://www.ijset.net)
- Mann, S., McArt, J., & Abuelo, A., (2019). Production-related metabolic disorders of cattle: ketosis, milk fever and grass staggers. *In Practice*. 41, 205-209
- Meza, M. (2017). *Uso de B-hidroxibutirato como herramienta de diagnóstico de balance energético negativo y cetosis bovina en vacas lecheras jersey, en el establo Fundo Buen Pastor, La Joya 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <https://core.ac.uk/download/pdf/198128625.pdf>
- Mihm, M., & Bleach, E. (2003). Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*, 78(3–4), 217–237. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00092-7)
- Mimoune, N., Azzouz, M., Khelef, D., & Kaidi, R. (2021). Ovarian cysts in cattle: A review. In *Veterinarska Stanica. Croatian Veterinary Institute*, 52(5), 587-603. <https://doi.org/10.46419/vs.52.5.10>
- Mimoune, N., Kaidi, R., Azzouz, M., Keddour, R., Belarbi, A., & Dourdour, S. (2016). Cezayir’de el-harrach kesimevinde kesilen ineklerdeki genital kanal patolojileri. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 22(5), 639–646. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2015.14737>

- Molina, O., Gúzman, V., Palacio, L., Zambrano, J., y Olivera, M. (Agosto, 2020) Concentraciones séricas de Beta-hidroxibutirato y su asociación con enfermedades posparto en bovinos de leche. *Revista MVZ Córdoba*, 25 (3), 1-11. <https://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=feddd9cd-a2ee-4d4f-80d1-bb620ec145cc%40redis>
- Nova Vet. (s.f.). *Medidor de Cetona/Glucosa Nova Vet*. Nova Biomedical. <https://www.novabiomedical.com/es/nova-vet/index.php>
- O'connor, M. (1998). *Factors causing uterine infections in cattle*. Pennsylvania, EE.UU., Penn state university.
- Oetzel, G. & McGuirk, S. (2007). Fact Sheet-Cowside blood BHBA tested with hand-held “ketometer”. (Version 2, 9/27/07). <https://farmersdepot.ca/gcclientdata/pdf/634850.pdf>
- Pascottini, O., Leroy, J., & Opsomer, G. (2020). Metabolic stress in the transition period of dairy cows: *Focusing on the prepartum period*. *Animals*, 10 (8), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ani10081419>
- Payne, J. (1977) *Metabolic Diseases in Farm Animals*. William Heinemann Medical Books.
- Peter, S., Michel, G., Hahn, A., Ibrahim, M., Lubke-Becker, A., Jung, M., Einspanier, R., & Gabler, C. (2015). Puerperal influence of bovine uterine health status on the mRNA expression of pro-inflammatory factors. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(3), 449–462. [www.jpp.krakow.pl](http://www.jpp.krakow.pl)
- Purba, F., Suzuki, N., & Isobe, N. (2021). Association of endometritis and ovarian follicular cyst with mastitis in dairy cows. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83(2), 338–343. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0652>
- Quintela, L., Barrio, M., Peña, A., Becerra, J., Cainzos, J., Herradón, P., & Díaz, C. (2012). Use of Ultrasound in the Reproductive Management of Dairy Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(3), 34–44. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02032.x>
- R Core Team. (2016). R: *A language and environment for statistical computing* (Version 2016) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>

- Reynolds, C. K. (2002). Economics of visceral energy metabolism in ruminants: Toll keeping or internal revenue service? *J. Anim. Sci.*, 80, 74–84. [https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/E-suppl\\_2/E74/4829639](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/E-suppl_2/E74/4829639)
- Rodríguez, E., Arís, A., & Bach, A. (2017). Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7427–7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>
- Rutter, B. (2002). Puerperio Bovino. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Salgado, E., Bouda, J., Ávila, J., & Navarro, J. (2009). Efecto de la administración de sales de calcio y precursores de glucosa sobre calcio sérico y cuerpos cetónicos en vacas lecheras posparto. *Vet. Méx.*, 40(1), 17–26. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-50922009000100003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922009000100003)
- Sammad, A., Khan, M., Abbas, Z., & Hu, L. (2022). Major Nutritional Metabolic Alterations Influencing the Reproductive System of Postpartum Dairy Cows. *Metabolites*, 12(1), 2–21. <https://doi.org/10.3390/metabo12010060>
- Santos, R., Démetrio, D., & Vasconcelos, J. (2009). Cisto ovariano em vacas de leite: incidência, resposta à aplicação de GnRH e desempenho reprodutivo RESUMO. In *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 61 (3), 527-532. <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/yrtMw5K7KKKhsJy8t9w6g6w/?format=pdf&lang=pt>
- Schneider, R., Fraga, D., Martins, L., Possebon, C., Bernardi, K., Favaretto, M., Kinalski, G., & Secco, T. (2020). Diagnóstico de cetose em vacas leiteiras, em diferentes sistemas de produção, por Optium Xceed® e Ketovet®. *Pubvet*, 14(11), 1–7. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n11a688.1-7>
- Sheldon, I., Cronin, J., Goetze, L., Donofrio, G., & Schuberth, H. (2009). Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. In *Biology of Reproduction*, 81(6), 1025–1032. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.109.077370>

- Sheldon, I., Lewis, G., LeBlanc, S., & Gilbert, R. (2006). Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*, 65(8), 1516–1530. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.08.021>
- Short, R., Adams, D., & Anim Sci, C. (1987). Biennial Meeting Symposium entitled: Reproductive Management of Beef Cattle and Swine. *In J. Anim. Sci*, 68, 29-39. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjas88-003>
- Silva, R., Batista, A., Oliveira, A., Santos, A., Soares, P., Guido, S., & Bartolomeu, C. (2020). Effect of Pegbovigrastim on the leukocyte response of postpartum Holstein cows. *Revista Agraria Academica*, 3(4), 51–56. <https://doi.org/10.32406/v3n42020/51-56/agrariacad>
- Singh, J., Murray, R., Mshelia, G., & Woldehiwet, Z. (2008). The immune status of the bovine uterus during the peripartum period. *In Veterinary Journal*, 175(3), 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.02.003>
- Souza, F., Canisso, I., Borges, A., Filho, V., Lima, A., & Silva, E. (2009). Restrição alimentar e os mecanismo endócrinos associados ao desenvolvimento folicular ovariano em vacas. *Rev Bras Reprod Anim*, 33(2), 61-65. [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br)
- Suescun, O. (s.f). *Conceptos e indicadores básicos de la epidemiologia aplicados a la inspección, vigilancia y control sanitario de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos*. [Archivo PDF]. <https://cdn1.redemc.net/campus/wp-content/uploads/2020/09/1.-Conceptos-e-Indicadores.pdf>
- Torshizi, M. E. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 58. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1>
- Vanholder, T., Papen, J., Bemers, R., Vertenten, G., & Berge, A. (2015). Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *American Dairy Science Association*. 98(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8362>



- Vosman, J., De Jong, G., Eding, H., & Knijn, H. (2015). Genetic Evaluation for Ketosis in the Netherlands Based on FTIR Measurements. *INTERBULL BULLETIN*, 49, 1–5. <https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1623/1625>
- Wathes, D., Cheng, Z., Salavati, M., Buggiotti, L., Takeda, H., Tang, L., Becker, F., Ingvarlsen, K., Ferris, C., Hostens, M., & Crowe, M. (2021). Relationships between metabolic profiles and gene expression in liver and leukocytes of dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 3596–3616. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19165>

## IX. ANEXOS

**Anexo 1.** Cetómetro Nova Vet Veterinary Blood Ketone/Glucose Meter. (Nova Vet, s.f.)



**Anexo 2.** Formato de entrevista

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre del productor y/o encargado de la unidad de producción:

\_\_\_\_\_

Nombre de la unidad de producción: \_\_\_\_\_

Ubicación de la finca: \_\_\_\_\_ coordenadas: \_\_\_\_\_

Extensión de la unidad de producción: \_\_\_\_\_ Cantidad total de hembras adultas \_\_\_\_\_

Fuentes de agua:  Pozos  Ríos  Quebradas  Ojos de agua  Presa  Otros.

Sistema de producción:  Extensivo  Semi extensivo  Intensivo

Instalaciones con las que cuenta:  Galera  Sala de ordeño  Corral  Manga  Cepo

Tipo de ordeño:  Mecánico  Manual

Promedio de producción de leche vaca/día: \_\_\_\_\_ promedio de intervalo parto-parto: \_\_\_\_\_

Suministro de minerales:  Si  No Forma en que se administran:  Oral  Inyectado

Otro

Desparasitaciones:  Si  No

Producto que se utiliza: \_\_\_\_\_ Frecuencia con que se realiza: \_\_\_\_\_

Vitaminación:  Si  No

Producto que se utiliza: \_\_\_\_\_ Frecuencia con que se realiza: \_\_\_\_\_

Vacunación:  Si  No

Vacunas que se utilizan: \_\_\_\_\_ frecuencia con que se vacuna: \_\_\_\_\_

Otro tipo de suplementación: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Alimentación a base de:  Pastoreo  Concentrados  Ambas  Otro: \_\_\_\_\_

Si suministra concentrado, cuál es la cantidad por vaca/día: \_\_\_\_\_

Tipo de servicio:  Monta  Inseminación artificial  IATF  TATF

Registros reproductivos:  Si  No

Pastos con los que cuenta en la finca:

¿Qué procedimientos rutinarios realiza cuando una vaca esta próxima al parto?

¿Qué procedimientos de rutina realiza cuando una vaca acaba de parir?

¿Ha notado alguna vez bajas en la producción de leche o cambios repentinos en el comportamiento de sus vacas unas semanas después del parto? (Describa su experiencia)

¿Si noto algún cambio ¿a qué lo atribuye?

¿Ha escuchado sobre la cetosis u otras enfermedades metabólicas que tienen lugar en el periodo de transición?

¿Se le han presentado casos de cetosis u otra enfermedad metabólica? ¿Cuáles y con qué frecuencia?

**Anexo 3.** Ficha de evaluación clínica

**Propietario:** \_\_\_\_\_ **Unidad de producción:** \_\_\_\_\_

**Fecha** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Nombre del paciente:** \_\_\_\_\_ **Número de arete:** \_\_\_\_\_

**Raza:** \_\_\_\_\_ **Peso en Kg:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_\_

**Ultima fecha de desparasitación:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Antiparasitario utilizado:** \_\_\_\_\_

**Ultima fecha de vacunación:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Vacuna utilizada:** \_\_\_\_\_

**Ultima fecha de vitaminacion u otra suplementación:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Producto utilizado:** \_\_\_\_\_

**Fecha del parto:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Promedio de producción de leche en litros:** \_\_\_\_\_

**Descenso en la producción láctea:**

Repentino  Gradual  Desconocido  Sin cambios

**Reducción en el consumo de alimentos:**

Repentino  Gradual  Desconocido  Sin cambios

**Valor de BHB en sangre:** \_\_\_\_\_

**Enfermedades padecidas anteriormente:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Presencia de síntomas similares en otros animales del rebaño:**

Sí  No  No sabe

**Muertes en el rebaño:**

Sí  No  No sabe

**Anamnesis adicional:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

---

**Condición corporal general:**

Emaciado  Delgado  Normal  Sobre peso

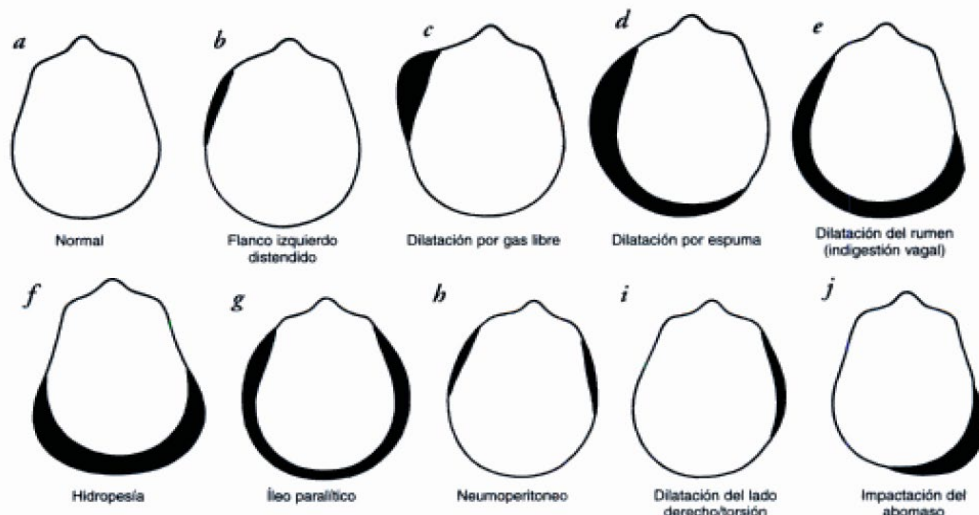
**Actitud General:**

Normal  Depresivo  Somnoliento/comatoso  hiperestático  Convulsionado  
 En Decúbito

**Vista lateral del cuerpo:**

Normal  Arqueada  inclinada hacia atrás  Inclinada hacia adelante.

**Vista del abdomen:**



**Hidratación:**

Normal  Deshidratación ligera  Deshidratación moderada  Deshidratación grave

**Piel:**

Normal  Tiña  Dermatitis  Parásitos  otros \_\_\_\_\_

**Constantes vitales:**

Temp (a): \_\_\_\_\_ Temp (c): \_\_\_\_\_ Fc: \_\_\_\_\_ Fr: \_\_\_\_\_

**Síntomas neurológicos:**

Sin presencia  Nistagmo  Estrabismo  Bruxismo  Parálisis facial  Otros: \_\_\_\_\_

**Ojos:**

Normal  Queratitis  Conjuntivitis  Uveítis  Miosis/midriasis/anisocoria  Ceguera

Lagrimeo  Otros: \_\_\_\_\_

**Nariz:**

Limpia  Sucia  Descamada  Seca  Húmeda  Secreción mucoide

Secreción purulenta  Otros \_\_\_\_\_

**Boca/Lengua:**

Normal  Ulceraciones  Vesículas  Palidez mucosa  Cianosis mucosa

Salivación excesiva  Otros: \_\_\_\_\_

**Nódulos linfáticos:**

Normales  Aumentados de tamaño \_\_\_\_\_

**Tos:**

Ninguna  Leve  Ocasional  Marcada

**Respiración:**

Normal  Acetona  Mal oliente

**Percusión de tórax:**

Normal  Matidez  Otros.

**Contracciones ruminales/Min:** \_\_\_\_\_ **Fuerza de las contracciones:**  Ninguna  Débiles

Moderadas  Fuertes.

**Naturaleza del contenido ruminal:**

Gas  Líquido  Esponjoso  Vacío  Impactado

**Respuesta dolorosa xifoidea:**

Negativa  Dolorosa  Gruñido positivo

**Sonidos metálicos:**

Ninguno  Rumen  Abomaso izq  Abomaso der  Colon espiral

**Heces:**

Normales  Acuosas  Melena  Estreñimiento  Sanguinolenta  Moco/fibrina  Otro

**Exploración rectal:**

Sin anomalías  Anomalías (explicar):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Útero:**

Normal  Retención de placenta  Piómetra  Metritis  Otros

Descripción detallada: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Genitales:**

Normales  Vaginitis  Desgarro vaginal  Desgarro R-V  Cervicitis

Prolapso vaginal  Otros

**Ovarios:**

Normal  Flácidos  Hipoplásicos  Sin actividad folicular  Quiste ovárico  Oforitis  Otro

**Descripción del ovario:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Diagnóstico:** \_\_\_\_\_

---

**Anexo 4.** Pruebas T no paramétricas de niveles de BHB para la segunda y la cuarta semana en los hatos de las dos fincas del estudio

**Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes**

N total	71
U de Mann-Whitney	570.000
W de Wilcoxon	2055.000
Estadístico de prueba	570.000
Error estándar	72.623
Estadístico de prueba estandarizado	1.528
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.126

**Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes**

N total	71
U de Mann-Whitney	458.500
W de Wilcoxon	1943.500
Estadístico de prueba	458.500
Error estándar	71.847
Estadístico de prueba estandarizado	-.007
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.994

Fuente: (SPSS versión 26)



**Anexo 5.** Toma de muestra de sangre en vena coccígea.



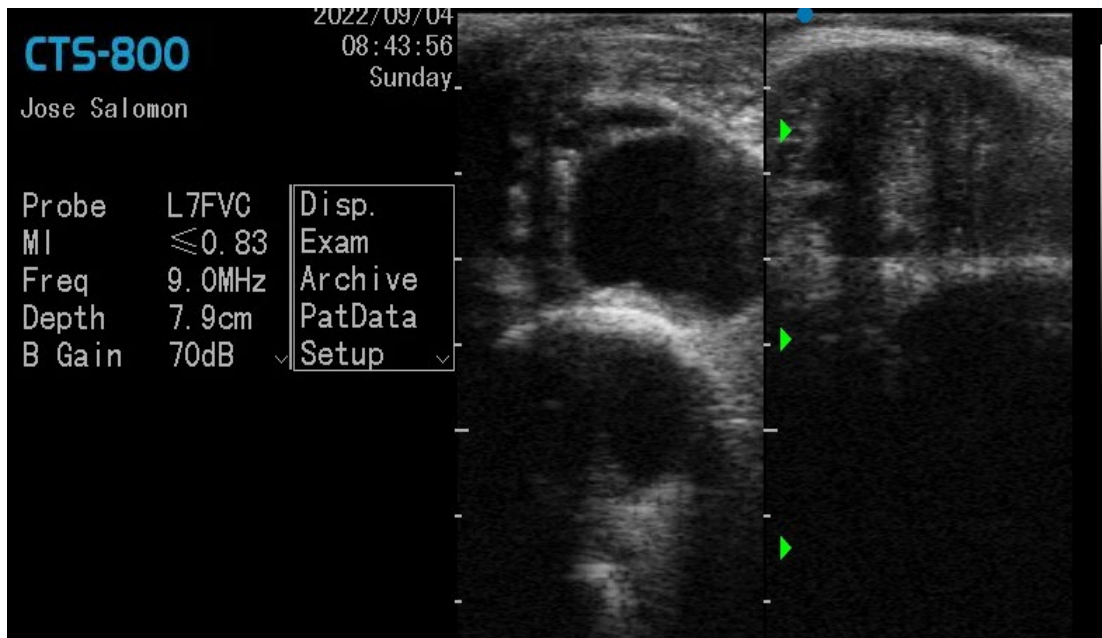
**Anexo 6.** Prueba de la concentración del Betahidroxibutirato sérico por medio del cetómetro Nova Vet.



**Anexo 7.** Palpación rectal y rastreo ultrasonográfico en bovino hembra.



**Anexo 8.** Imagen ultrasonográfica de quiste ovárico folicular en hembra bovina.



**Anexo 9.** Imagen ultrasonográfica de endometritis en hembra bovina.

