

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Oximetría de pulso en terneros Holstein
recién nacidos y su relación con enfermedad
neonatal**

**POR
VIOLETA MARTÍNEZ OCHOA**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Oximetría de pulso en terneros Holstein recién nacidos y su relación con enfermedad neonatal

Por:

VIOLETA MARTÍNEZ OCHOA

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

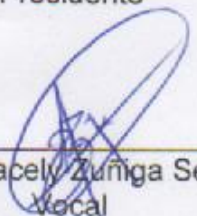
Aprobada por:



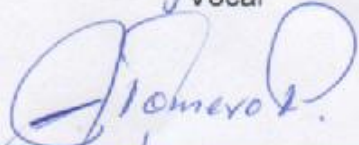
Dr. Marco Alfredo Hernández Vera
Presidente




Dra. Olivia García Morales
Vocal



M.C. Aracely Zúñiga Serrano
Vocal



Dr. Jaime Isaiás Romero Paredes Rubio
Vocal Suplente



MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Oximetría de pulso en terneros Holstein recién nacidos y su relación con enfermedad neonatal

Por:

VIOLETA MARTÍNEZ OCHOA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Marco Alfredo Hernández Vera
Presidente



Dra. Olivia García Morales
Vocal



M.C. Aracely Zuñiga Serrano
Vocal



MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022



AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater. Por permitirme formarme en esta noble y bella institución

Dr. Marco Alfredo Hernández Vera .A quien le agradezco su apoyo, confianza, disponibilidad y por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Quiero agradecerle también el facilitarme los medios necesarios para llevar a cabo las actividades planeadas así como el transmitirme sus conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente en mi vida dándome fortaleza en mis momentos de debilidad y quien con su bendición llena mi vida y la de mi familia.

A mis padres. Sr. Edgar Martínez Reyes y Sra. Vitalia de la Luz Ochoa Chandomí, faltarían palabras para expresar mi amor y gratitud por apoyarme, motivarme a seguir mis sueños, por brindarme los recursos necesarios y sobre todo por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía ante las adversidades para lograr mis objetivos.

A mis hermanos. Ivan y Zuleica, por el cariño incondicional y sus palabras de aliento en cada paso que doy.

A mis abuelos. Sein, Manuelita, Imar y Sarita por estar a mi lado acompañándome siempre con sus consejos en cada etapa de mi vida, dándome ejemplo de trabajo y honradez.

RESUMEN

La oximetría se refiere a la medición óptica de la saturación de oxihemoglobina en la sangre (Bencomo, Villazana, & Salas, 2016). Mediante el uso de la oximetría de pulso, la saturación arterial de oxígeno, así como la frecuencia del pulso, pueden medirse de forma continua y no invasiva (Kanz et al., 2020).

El objetivo de este estudio es medir la cantidad de oxígeno de becerros Holstein al nacimiento, y durante el tratamiento de enfermedad, por medio de un oxímetro de pulso y evaluar la relación de este valor con su relación a su condición de enfermedad, así como relacionar dichos valores con su nivel de Proteína Total como medida de su transferencia de inmunidad pasiva.

Para ello se utilizaron un total de 97 terneros (34 machos y 63 hembras) desde el nacimiento a los dos meses de edad, de la raza Holstein-Friesian.

Se registraron los datos de peso al nacer, Proteína Total en suero medido por refractometría, la saturación de oxígeno de pulso usando un oxímetro en la parte de la oreja derecha. Se registraron 26 valores de oximetría de terneros al nacimiento. También el registro de la oximetría de 84 terneros al día en que se realizó el diagnóstico de enfermedad y durante los días que duró el tratamiento. Los datos de saturación de oxígeno fueron recopilados a la misma hora y el mismo sitio (de 1 a 3 pm, en la oreja derecha) en todas las terneras, ya sea recién nacidas y durante el diagnóstico y su recuperación. Se obtuvo el historial completo que se lleva en la sala de crianza, para identificar a cada cría nacida que incluye los registros de toma de calostros cantidad, calidad y su posterior análisis de los valores de refractómetros.

De los datos obtenidos se realizaron estadísticas descriptivas, y se realizaron correlaciones simples para observar el grado de asociación de las variables de peso al nacer, saturación de oxígeno, refractometría y diagnósticos de enfermedad.

Los resultados obtenidos demostraron que el peso al nacimiento se encuentra relacionado con el sexo del animal así como que el 70% de los animales se encuentra en una condición grave, indicando una oxigenación deficiente.

Aunque los valores de refractometría y peso al nacer fueron menores para las hembras, eso no influyó en que las hembras se enfermaran antes o después que los machos, al igual que eso no fue relevante para la duración en el tratamiento, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de oximetría al nacimiento y animales enfermos al compararlos por género.

Palabras claves: Oximetría, Becerros, Refractometría, Estadística descriptiva, Correlaciones simples.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
OBJETIVO	2
HIPOTESIS	2
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. QUE ES LA OXIMETRÍA	3
2.2. HISTORIA DE LA OXIMETRÍA	3
2.3. COMO OPERA UN OXÍMETRO	3
2.4. ALTERACIONES DE LA OXIMETRÍA	4
2.5. SITIOS PARA TOMAR LA OXIMETRIA	4
2.6. UTILIDAD DE LA OXIMETRÍA EN MEDICINA VETERINARIA	4
2.7. IMPORTANCIA DE VERIFICAR EL NIVEL DE OXIGENO EN SANGRE 5	
2.8. ANOXIA/HIPOXIA/ HIPOXEMIA	6
2.9. GESTACIÓN	7
2.10. CLASIFICACIÓN DE LA PLACENTA	8
2.11. FUNCIONES DE LA PLACENTA	10
2.12. EL FETO EN SU VIDA INTRA Y EXTRAUTERINA	11
2.13. LA CIRCULACIÓN FETAL	11
2.14. SISTEMA RESPIRATORIO	13
2.15. RESPIRACIÓN FETAL	13
2.16. OXIGENACIÓN TISULAR	14
2.17. MODIFICACIONES CARDIORESPIRATORIAS EN EL MOMENTO DEL NACIMIENTO	14
2.18. PARTO	17
2.19. MANEJO DEL RECIEN NACIDO	19
2.20. EXAMEN FISICO DEL TERNERO	20
2.21. NIVELES DE PROTEINAS SERICAS	21
2.22. TERNERO EN BUEN ESTADO, DÉBIL Y MUY DEBIL	22
2.23. ESTIMULACIÓN DE LA RESPIRACIÓN	23
2.24. IMPACTO ECONÓMICO DE LA MORBLIDAD EN BECERROS	24
2.25. REPERCUSIONES DE LA DEBILIDAD NEONATAL	24

III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
V.	CONCLUSIONES	29
VI.	LITERATURA CONSULTADA.....	31

I. INTRODUCCIÓN

La oximetría es un término que de acuerdo a *Bencomo, Villazana, & Salas, 2016* se refiere a la medición óptica de la saturación de oxihemoglobina en la sangre, siendo esto una herramienta precisa y método no invasivo (Kanz et al., 2020 y H.salas, 2015), que se ha convertido en un parámetro indispensable en la atención de pacientes (humanos) sin embargo en medicina ganadera, el uso de la oximetría de pulso se limita a unos pocos estudios debido a la falta de hardware adecuado y un beneficio económico incierto (Kanz et al., 2020) y probablemente también a la falta de conocimiento sobre el funcionamiento así como sus aplicaciones prácticas.

La pulsioximetría proporciona una técnica fácil de usar, inmediata y portátil para evaluar la oxigenación (Uystepuyst, Coghe, Bureau, & Lekeux, 2000), la cual si se utiliza correctamente podríamos realizar la detección temprana de un episodio de hipoxemia, permitiendo instalar una terapia apropiada y así facilitar el resultado clínico óptimo (Nuñes Hernández et al., 2008) siendo esto una base racional para el tratamiento estratégico de los terneros hipoxémicos y para controlar objetivamente los efectos de los procedimientos de reanimación, como el desobstrucción de las vías respiratorias superiores, la ventilación manual, la oxigenoterapia o la administración de analépticos respiratorios (Uystepuyst et al., 2000). Sin embargo algunas investigaciones afirman que la oximetría de pulso puede cambiar el tratamiento pero no cambia la mortalidad (Nuñes Hernández, Ayala Sánchez, & García Lascurain, 2008).

Los niveles bajos de oxígeno en sangre conllevan a que las células del organismo tengan dificultades para realizar adecuadamente sus funciones y también puede tener repercusiones sobre el corazón y el cerebro (American Thoracic Society, 2013)

Los principales beneficiados al emplear esta herramienta son los médicos veterinarios proporcionándoles datos que los lleven a realizar un buen diagnóstico y que estos a su vez se realicen de forma oportuna, al igual permite evaluar la eficiencia de los tratamientos en relación con los niveles de oximetría que se presentan desde el inicio hasta el final del tratamiento, y por otra parte analizar los principales factores que alteren este parámetro.

De igual manera a los pacientes resultarán beneficiado debido a que permite a que se actué de forma oportuna en el tratamiento de enfermedades. Así mismo a los productores les proporcionará información acerca de la condición en las que nacen los animales y que tan viable resultaría invertir en animales que presentan bajos niveles de oximetría.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio es medir la cantidad de oxígeno de becerros Holstein al nacimiento, y durante el tratamiento de enfermedad, por medio de un oxímetro de pulso y evaluar la relación de este valor con su relación a su condición de enfermedad, así como relacionar dichos valores con su nivel de Proteína Total como medida de su transferencia de inmunidad pasiva.

HIPOTESIS

Los animales que presentan niveles altos de oxígeno al nacimiento y al inicio de la enfermedad mantendrán sus niveles durante todo el tratamiento facilitando el tiempo de recuperación.

Los terneros que presentan niveles de oximetría bajos se relacionan con niveles de refractometría bajos y tienen influencia directa con su estado de salud

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. QUE ES LA OXIMETRÍA

La oximetría se refiere a la medición óptica de la saturación de oxihemoglobina en la sangre (Bencomo, Villazana, & Salas, 2016), es una herramienta precisa y método no invasivo que permite estimar la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial, vigila la frecuencia cardiaca y la amplitud del pulso en terneros (Kanz et al., 2020 y H.salas, 2015) los principios fisiológicos en que se basa es de que la hemoglobina oxigenada y desoxigenada tienen diferente espectro de absorción permitiendo dar una rápida y beneficiosa idea de la calidad de perfusión de oxígeno a los tejidos (Villegas González, Villegas Arenas, & Villegas González, 2012). Los usos del oxímetro son para determinar cuánto oxígeno se necesita y cuándo puede necesitarse (American Thoracic Society, 2013).

2.2. HISTORIA DE LA OXIMETRÍA

La oximetría tiene sus orígenes en el año 1862 cuando el profesor alemán Félix Hoppe Seyler acuña el término de hemoglobina (Hb) y reconoce que la sangre oxigenada puede diferenciarse de la no oxigenada, George Stokes dos años más tarde reporta que la hemoglobina transporta oxígeno (O_2) en la sangre (López-herranz, 2003).

Fue durante la Segunda Guerra Mundial que Glen Millikan (1942) introduce el término "oxímetro" a partir del desarrollo de un medio óptico destinado a medir la saturación de hemoglobina con O_2 en pilotos que volaban a grandes alturas, dando paso para que Shaw en el año de 1964 ensamblara el primer oxímetro auricular autocalibrable y el método de calentar el pabellón de la oreja para "arterializar" los capilares sanguíneos. Esto se convirtió en un modelo clínico seguro para la monitorización intraoperatoria, sin embargo no se aceptó como un monitor de rutina por la dificultad del sensor auricular el costo y tamaño (López-herranz, 2003).

El ingeniero Takuo Ayoag en 1974 desarrolló en Tokio el primer oxímetro de pulso el cual era basado en que las pulsaciones arteriales cambia el color de la sangre y usando el radio de absorción de luz roja e infrarroja pueden ser leídas (H. Salas, 2015), más tarde en 1980 el anestesiólogo William New desarrolla y distribuye el oxímetro de pulso" (López-herranz, 2003), siendo en la década de 1980 cuando los oxímetros de pulso se introdujeron en la práctica (Sola, Chow, & Rogido, 2005).

2.3. COMO OPERA UN OXÍMETRO

El oxímetro de pulso consiste en un dispositivo con una pinza incorporada, es un pequeño aparato portátil que contiene un sensor conectado a un cable para ser

ajustado en un dedo de la mano, del pie o en el lóbulo de la oreja. (American Thoracic Society, 2013).

Basándose en el principio de la absorción diferencial de la luz los oxímetros de pulso determinan la SpO₂ (saturación arterial de oxígeno), al ser colocado en una región del cuerpo, por medio de diodos emisores de luz (LED) se transmiten diferentes longitudes de onda de luz a través de la piel hacia el tejido; estas longitudes de onda se absorben diferencialmente por la oxihemoglobina (HbO₂) de la sangre, que es de color rojo, y la desoxihemoglobina, que es de color azul. Un fotodetector también localizado en el sensor (generalmente situado en el lado opuesto al LED) convierte la luz transmitida en señales eléctricas proporcionales a la absorbancia. El microprocesador del oxímetro de pulso procesa las señales y muestra la lectura de SpO₂ (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2020).

2.4. ALTERACIONES DE LA OXIMETRÍA

De acuerdo con *Villegas González et al., 2012* la oximetría es capaz de detectar pacientes normosaturados (mayor de 95%) con desaturación leve (saturación entre 93 y 95%), moderada (saturación entre 88 y 92%) y grave (saturación entre menor de 88%).

2.5. SITIOS PARA TOMAR LA OXIMETRIA

Algunos sitios de colocación del sensor en los caballos son la nariz, vulva, prepucio y belfos; estos en un estudio realizado fallaron en la detección del pulso, se le atribuyo a la pigmentación de la piel y el grosor de la misma. En cambio cuando los sensores se colocaron en la lengua y oreja que son estructuras más delgadas si se detectó el pulso (Nuñez Hernández et al., 2008).

Coghe, Uystepruyst, Bureau, & Lekeux, 1999, encontraron que la cola, el tabique nasal y la mucosa genital de los machos bovinos proporcionan una señal continua, estable e intensa.

2.6. UTILIDAD DE LA OXIMETRÍA EN MEDICINA VETERINARIA

En medicina veterinaria, el uso de la oximetría de pulso se limita a pocos estudios; debido a la falta de hardware adecuado, así como un beneficio económico incierto (Kanz et al., 2020), probablemente también a la falta de conocimiento sobre el funcionamiento así como sus aplicaciones prácticas.

La oximetría de pulso es una herramienta que permite medir de forma continua y no invasiva la saturación arterial de oxígeno y la frecuencia de pulso (Kanz et al., 2020), aunque como se mencionó anteriormente el uso de la oximetría es bastante limitado, esta herramienta ofrece grandes beneficios, entre los que destacan su uso durante la fase II del parto, cuando el feto bovino corre el riesgo de sufrir una deficiencia de oxígeno a causa del intercambio de gases insuficientes entre él y la

madre, si se detecta a tiempo esta condición , acompañada de la asistencia en el parto se puede ayudar a mejorar la vitalidad del ternero recién nacido o evitar que nazca muerto (Bleul & Káhn, 2008), en los bovinos los cambios cardiopulmonares ocurren después del nacimiento siendo este un momento crítico en el cual la pulsometría podría proporcionarnos datos que permitan evaluar la oxigenación de los terneros y en base a ello realizar un tratamiento estratégico de terneros hipoxémicos, así como controlar los efectos de los procedimientos de reanimación, desobstrucción de vías respiratorias superiores, administración de analépticos, ventilación manual y oxigenoterapia (Uystepruyst et al., 2000).

La pulsioximetría puede detectar condiciones críticas en una fase muy temprana, además de proporcionar "datos duros" en contraste con la evaluación más subjetiva de, por ejemplo, la membrana mucosa o el color de la lengua. El uso de la pulsioximetría para la monitorización de los parámetros vitales en los fetos bovinos podría ser una opción interesante para mejorar la gestión del parto y reducir la mortalidad perinatal (Kanz et al., 2020).

Proulx, 1999, establece que el análisis de gases en sangre permite la evaluación cualitativa y cuantitativa de los problemas ácido básicos tanto metabólicos como respiratorios, incluidas las interrelaciones entre la ventilación, la oxigenación y las condiciones metabólicas. El análisis de gases en sangre es un complemento útil para la evaluación clínica del paciente y otros diagnósticos para determinar la terapia adecuada para afecciones específicas y complejas.

2.7. IMPORTANCIA DE VERIFICAR EL NIVEL DE OXIGENO EN SANGRE

El cuerpo obtiene el oxígeno del aire inspirado y es indispensable para sostener el metabolismo aerobio. La oxigenación es el proceso de difusión pasiva del oxígeno desde el alveolo al capilar pulmonar, en este último el oxígeno difundido tiene dos opciones: 1) unirse a la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos, 2) disolverse en el plasma (M. Salas, 2016). La hemoglobina (HB) es una proteína globular que como se mencionó se encuentra en concentraciones altas en los glóbulos rojos, y es la encargada de transportar el O₂ del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos y del transporte de CO₂ y protones (H⁺) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados (Brabdan, Aguirre, & Gimenez, 2008). Cuando este proceso falla ocurre oxigenación deficiente y disminución de oxígeno en la sangre (hipoxemia) (M. Salas, 2016).

El monitoreo de la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂), pulsaciones por minuto y la frecuencia respiratoria constituyen un importante procedimiento que proporciona información sobre el estado de los pacientes en riesgo de hipoxia o ventilación inadecuada, siendo útil en la detección de complicaciones respiratorias (Gómez García & Velasco Medina, 2014).

Cuando su nivel de oxígeno en la sangre es bajo, las células del organismo pueden tener dificultades para cumplir adecuadamente sus funciones y también

repercutir en el corazón y cerebro. Aunque se considera que tener niveles más bajos de saturación de oxígeno en sangre durante un período de tiempo corto no causa daños; sin embargo, si esto ocurre con frecuencia, puede dañar o provocar un esfuerzo excesivo a las células de su organismo (American Thoracic Society, 2013).

Los signos vitales (SV) tales como el ritmo cardíaco, la presión arterial, la temperatura, la frecuencia respiratoria y la saturación de oxígeno considerado como el quinto signo vital (Bencomo et al., 2016) proporcionan información que permiten estimar la efectividad de la circulación, de la respiración y de las funciones neurológicas basales y su réplica a diferentes estímulos fisiológicos y patológicos. (Villegas González et al., 2012) así como información acerca del estado del paciente, aun cuando este no puede expresarse por sí mismo, y considerando que cualquier desviación de los valores regulares de estos signos vitales puede significar que el paciente sufre algún tipo de problema o condición física anormal (Bencomo et al., 2016).

CONSTANTES FISIOLÓGICAS BOVINOS			
	Adulto		Ternero
Temperatura (Pérez et al., 2017)	38-39°C		39-40.5°C
Frecuencia cardíaca (Pérez et al., 2017)	Media:30		Media:120
	Rango:40-80		Rango: 100-140
Frecuencia respiratoria (Cebrián Yague, Pastor Meseguer, Ramos Antón, & Ferrer Mayayo, 2008)	15-30 respiraciones por minuto		20-40 respiraciones por minuto

*Frecuencias cardíacas normales en reposo (latidos/min) en rumiantes adultos y crías (<30 días de edad)

2.8. ANOXIA/HIPOXIA/ HIPOXEMIA

El estado de anoxia- hipoxia es considerado como el principal causante de la debilidad neonatal en terneros(Landeta Hernández, 2015), sin embargo deben establecerse las diferencias entre los distintos términos que se emplean y que se encuentran relacionados con los niveles de oxígeno. De acuerdo con *M. Salas, 2016*, la "hipoxemia" es un término que hace referencia a el bajo contenido de oxígeno en sangre mientras que "hipoxia se refiere a un nivel de oxígeno bajo en órganos, tejidos o a nivel sistémico, otra de las diferencias entre ambos términos es que para éste último su valor es complejo de determinar basándonos únicamente en la exploración.

Otro de los términos que se emplea al hablar de oxigenación es "anoxia", que significa la disminución de la cantidad normal en O₂ en los tejidos. El termino

hipoxia es más científico, puesto que la anoxia es incompatible con la vida(Álvarez-Silva, 2012).

La hipoxia fetal (asfixia) se produce por un parto prolongado o un parto distócico ya que ocurre la oclusión y/o ruptura umbilical prematura y separación prematura de la placenta, esto llega a causar el nacimiento de animales muertos, débiles o con mayor predisposición a enfermar y morir(Arancibia Berríos, 2012). Induce una serie de eventos como la vasodilatación en el corazón, el cerebro, y vasoconstricción en las vísceras, los riñones y los tejidos esqueléticos. La circulación pulmonar fetal se constriñe vigorosamente cuando el feto está hipóxico, desviando más sangre a través del conducto arterioso hacia los tejidos sistémicos (Klein, 2014), Colapso parcial del pulmón (atelectasia) por reducción en la producción de surfactante y metabolismo anaeróbico que produce acidosis metabólica, la cual al principio estimula los movimientos respiratorios para posteriormente inhibirlos(Arancibia Berríos, 2012)

Se observó en condiciones experimentales que becerros murieron en el útero cuando el flujo umbilical fue interrumpido por más de 6 minutos. Los signos clínicos asociados a la hipoxia son primariamente nerviosos(Landeta Hernández, 2015).

Arancibia Berríos, 2012, encontró una correlación negativa entre el grado de acidemia y la eficiencia de absorción de inmunoglobulinas calostrales, concluyendo que a mayor grado de acidosis metabólica la eficiencia en la absorción de inmonuglobulinas calostrales es menor, predisponiendo al ternero a padecer enfermedades durante los primeros meses de vida que podrían incluso terminar con la vida del animal.

2.9. GESTACIÓN

Es el periodo de adaptación y desarrollo del ternero en crecimiento dentro del vientre materno, el promedio de duración es de 9 meses (285 días) (Rossner, 2018) los cuales se encuentran divididos en dos periodos, el embrionario y el fetal. El periodo embrionario abarca desde la concepción hasta el final de la etapa de diferenciación (aproximadamente 45 días), el periodo fetal se extiende desde el día 45 de gestación hasta el parto(López-Gatius, Almeria, Serrano-Pérez, 2013). Los factores que determinan la duración de la gestación son: la edad de la madre, factores fetales como el sexo y factores genéticos, entre otros (Rossner, 2018), ejemplo de ello es que las vaquillas pueden tener gestaciones más cortas que vacas adultas y la gestación de fetos machos es más larga en comparación con la gestación de fetos mellizos y hembras (Bartolomé, 2009).

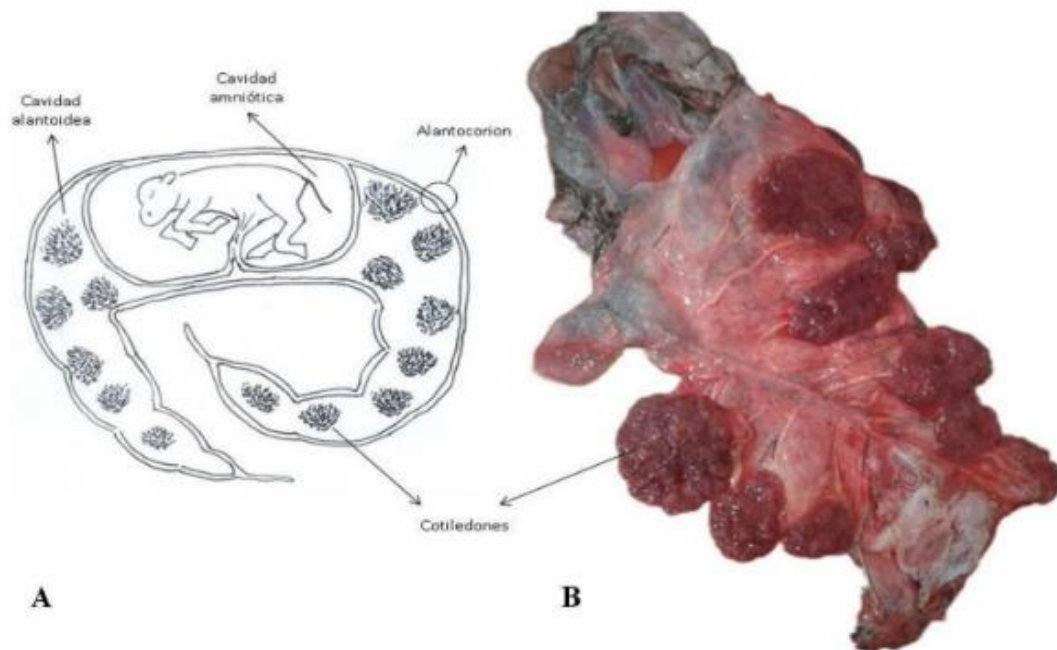
2.10. CLASIFICACIÓN DE LA PLACENTA

La placenta de los mamíferos puede ser clasificada en base a la morfología placentaria y en la estructura (Auad et al., 2019).

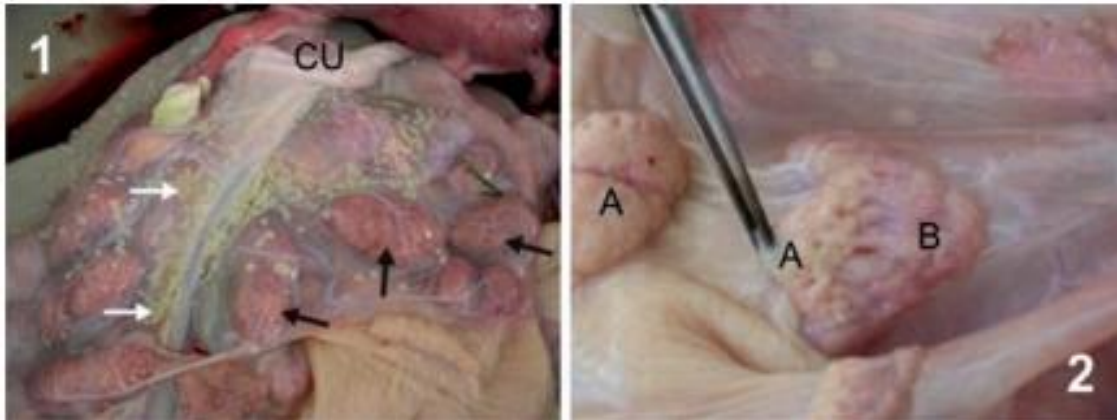
Tipo de implantación en bovinos		
Día de implantación	Duración de la gestación	Tipo de implantación
30-50	275-290	central
(Roa, Smok, & Prieto, 2012)		

Clasificación morfológica de la placenta: se realiza de acuerdo a la forma en que se distribuyen las vellosidades coriales en la placenta (Roa et al., 2012).

- **Cotiledonaria:** las vellosidades coriales se agrupan en rosetas (llamadas cotiledones) y estas a su vez se relacionan con las carúnculas endometriales del útero (Auad et al., 2019), pueden ser numerosos encontrándose alrededor de 100 hasta 180 en la vaca (Claudio G. Barbeito, 2010). En conjunto las estructuras corionicas y uterinas conforman el placentoma (Auad et al., 2019), en la vaca los placentomas tienen una forma convexa los cuales tienen la capacidad de aumentar su diámetro a 5-6 centímetros al final de la gestación (Claudio G. Barbeito, 2010).



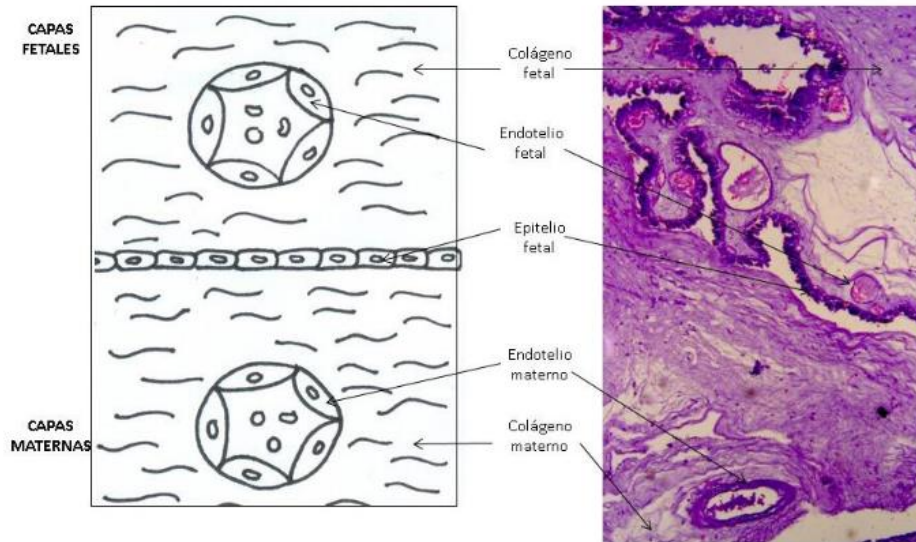
Tomado de (Auad et al., 2019) A) Esquema de las envolturas fetales de placenta cotiledonaria. B) Imagen digital de la microscopía de la placenta cotiledonaria de cabra



Tomado y modificado de Galosi et al., 2010. Placenta cotiledonaria en bovinos. 1. Las flechas negras señalan placentomas. Las flechas blancas señalan placas amnióticas. CU. Cordón umbilical. 2. Placentoma de bovino. A. Carúncula, B. Cotiledón.

Clasificación histológica: corresponde a el número de capas que se interponen entre la sangre fetal y la materna, el número máximo es de seis de las cuales tres son fetales (epitelio del corion fetal, tejido mesenquimático fetal y el endotelio del capilar fetal) y tres maternas (epitelio de la mucosa uterina, tejido conectivo materno y endotelio de los capilares maternos) (Roa et al., 2012, Galosi et al., 2010 y Auad et al., 2019).

- **Sinepiteliocorial:** inicialmente era denominada sindesmocorial porque el epitelio uterino parecía haber desaparecido, dejando el trofoblasto en asociación directa con el tejido conectivo endometrial (cinco capas de tejido) (Auad et al., 2019). En la actualidad se sabe que el epitelio uterino no se pierde, sino que se fusiona con células trofoblásticas para formar sincitios que tienen un origen: materno y fetal. El resultado del proceso de la fusión, en la placenta madura en los bovinos, es la formación de células trinucleadas. Como consecuencia de esta fusión celular a esta variedad de placenta epiteliocorial se la denomina sinepiteliocorial (Galosi et al., 2010).



Tomado de (Auad et al., 2019) esquema de la placenta sinepiteliocorial e imagen histológica de la placenta sinepiteliocorial. Coloración hematoxilina eosina (10X)

2.11. FUNCIONES DE LA PLACENTA

Las funciones que la placenta cumple durante la vida prenatal son las que desarrollan casi todos los sistemas del organismo después del nacimiento (Galosi et al., 2010), siendo la placenta una interfase entre la circulación materna y fetal (Roa et al., 2012).

La placenta asume progresiva y temporalmente las funciones de los pulmones fetales (intercambio gaseoso), del tracto gastrointestinal (absorción de nutrientes) y de los riñones (regulación del volumen del líquido y la eliminación de los metabolitos residuales), mientras estos órganos se desarrollan. Actúa como órgano endócrino al liberar en ambas circulaciones hormonas esteroideas y peptídicas. El paso de sustancias a través de la barrera materno-fetal depende de características como el espesor y extensión de la barrera, gradiente de concentración de la sustancia así como la presencia de mecanismos de transferencia activos (Auad et al., 2019).

Función de intercambio: La placenta está destinada al intercambio fisiológico entre la madre y el feto, cumpliendo funciones como la absorción de nutrientes, excreción de productos de desecho y su principal función de intercambio gaseoso. Los diferentes componentes de este intercambio son transportados por difusión simple (O_2 y CO_2), difusión facilitada y mediante transporte activo altamente selectivo (Auad et al., 2019; Roa et al., 2012).

Del feto a la madre pasan productos finales del metabolismo, como urea y anhídrido carbónico (Auad et al., 2019) y de la madre al feto pasan sustancias nutritivas como oxígeno, agua, lactato, aminoácidos, ácidos grasos libres,

vitaminas, electrolitos, hormonas, anticuerpos, medicamentos y algunos patógenos(Auad et al., 2019; Roa et al., 2012)

Función endocrina: la comunicación entre la madre y el feto se realiza por vía sanguínea mediante la cual las sustancias que viajan por esta vía pueden actuar en la misma placenta ejerciendo una acción local o actuando a nivel uterino o en el mismo feto ejerciendo una acción a distancia. Las hormonas están orientadas a causar efecto en la madre y en menor proporción al feto. Se pueden clasificar en dos tipos: peptídicas y esteroidales(Roa et al., 2012). Las hormonas placentarias, peptídicas (lactógeno placentario y gonadotrofina coriónica) y esteroidales (progesterona y estrógeno), tienen una participación importante en el establecimiento y mantenimiento de la preñez, la adaptación del organismo materno a esta, en el crecimiento y desarrollo fetal así como en el mecanismo del parto(Auad et al., 2019).

Función inmune: el embrión posee una gran cantidad de proteínas que resultan extrañas para el sistema inmune materno las cuales son sintetizadas a partir de los genes aportados por el padre, existe un mecanismo compatibilizador que impide el rechazo, dado principalmente por la producción por parte de la placenta de factores inmunosupresores e inmunomoduladores en estadios tempranos (trofoblasto), además una adaptación en la respuesta inmune materna frente a los antígenos de histocompatibilidad fetal (Auad et al., 2019; Roa et al., 2012)

La transferencia de anticuerpos puede ocurrir a través de la placenta durante el estadio prenatal, vía calostro y leche materna luego del nacimiento, o por ambas vías según la especie (Auad et al., 2019).

2.12. EL FETO EN SU VIDA INTRA Y EXTRAUTERINA

Hasta el parto, la vida del feto está estrechamente relacionada a la de la madre, de la cual depende. Los órganos fetales, hasta el término de la gestación, se encuentran en formación y desarrollo, a excepción parcial de aparato circulatorio, los otros sistemas y aparatos tiene funciones incompletas, la placenta es la encargada de cumplir la mayoría de las funciones(Rutter, 2010),por lo que es un órgano imprescindible para llevar adelante la gestación en mamíferos domésticos (Auad et al., 2019). El crecimiento y la supervivencia del feto durante su desarrollo dependen exclusivamente de la placenta, conformada por tejidos maternos y fetales (Roa et al., 2012).

2.13. LA CIRCULACIÓN FETAL

El intercambio de gases y otras sustancias a través de la placenta está determinado por diversos factores, entre los que se incluyen la yuxtaposición de los tejidos fetales y maternos y el número de capas celulares que separan la sangre de ambos. El factor determinante es la disposición de los vasos

sanguíneos de la madre y el feto en las pequeñas vellosidades de la placenta(Klein, 2014).

En el adulto, el ventrículo derecho está separado del izquierdo, estando conectados a las circulaciones pulmonar y sistémica, respectivamente. En el feto, la sangre que sale de ambos lados del corazón se mezcla en varios puntos, por lo que conviene usar el término gasto cardíaco para referirse a la salida combinada de los ventrículos derecho e izquierdo. Al bombear los ventrículos derecho e izquierdo del feto hacia una circulación común, ambos tienen el mismo tamaño y el mismo grosor (Klein, 2014).

En el feto de la arteria aorta abdominal salen las dos arterias ilíacas internas y de ella las dos arterias umbilicales responsables de llevar la sangre venosa fetal a la placenta (Rutter, 2010).

El cordón umbilical conecta a la placenta y el feto. La sangre arterial ingresa a través del cordón umbilical por las venas umbilicales (es la única sangre verdaderamente arterial en el feto), entra al abdomen del feto y se dirige al hígado fetal, dividiéndose en capilares, saliendo por la vena hepática que se une a la cava caudal, para terminar en la aurícula derecha del corazón, de ahí a través del agujero oval llega a la aurícula izquierda mezclándose con la sangre que proviene de la circulación pulmonar. Desde la aurícula izquierda por medio de la válvula mitral la sangre alcanza el ventrículo izquierdo y de ahí a la aorta donde se pasa sangre a las subclavias y carótidas irrigando a los miembros anteriores y la cabeza. La sangre de las dos venas cavas no se mezclan en la aurícula derecha debido a la presencia del tubérculo de Lower(Rutter, 2010).

La sangre proveniente de la vena cava craneal entra en el ventrículo derecho y mediante la arteria pulmonar una escasa parte alcanza los pulmones (atelectásicos en el feto), el 80% pasa por el conducto arterioso (conexión vascular de la arteria pulmonar y aorta), la aorta abdominal, sigue hacia las ilíacas internas y las arterias umbilicales. La sangre que fluye desde los pulmones a través de las venas pulmonares alcanza la aurícula izquierda, ninguna parte del feto esta irrigada por sangre completamente arterial, debido a los cortocircuitos (Rutter, 2010).

El flujo sanguíneo, desde la aurícula derecha a la izquierda por el agujero oval y desde la arteria pulmonar hasta la aorta por el conducto arterioso, requiere que la presión del lado derecho de la circulación fetal sea mayor que en el izquierdo. La diferencia de presión es porque el izquierdo cede la mayor parte de su gasto a la placenta de baja resistencia y el derecho se opone a la circulación pulmonar de alta resistencia(Klein, 2014).

2.14. SISTEMA RESPIRATORIO

El sistema respiratorio hace posible el intercambio de gases entre la sangre y el aire, el término respiración hace referencia al transporte de gases hacia las células y desde ellas, así como también a los procesos químicos de oxidación que tiene lugar en las células gracias al oxígeno. El sistema respiratorio se encuentra integrado por segmentos que conducen aire (nariz, cavidades nasales, senos paranasales, laringe, tráquea, bronquios y pulmones) y otros que realizan el intercambio gaseoso (bronquiolos respiratorios, conductos alveolares y alveolos) entre la sangre y el aire (Konig & Liebich, 2011).

Este sistema desempeña múltiples funciones, destacando la función principal: asegurar que se realice de manera adecuada el intercambio de gases (captar oxígeno y producción de dióxido de carbono) que satisfaga las necesidades metabólicas (Dunlop & Malbert, 2007). Sin embargo existen algunos factores que pueden afectar la concentración de oxígeno a nivel celular: 1) es el nivel de oxígeno en el aire inspirado, 2) la cantidad de hemoglobina y eritrocitos (Mondragón, 2016).

Otra de las funciones que desempeña el sistema respiratorio es suministrar el oxígeno suficiente al organismo para ser distribuidos y también eliminar el dióxido de carbono. El intercambio gaseoso es realizado en el segmento terminal del aparato respiratorio los alveolos, a través de la barrera aire-sangre la cual es una membrana fina y permeable (Kahn & Line, 2013).

Dentro de las funciones adicionales del sistema respiratorio también incluyen mantener el equilibrio ácido-base, actuar como depósito de sangre, probablemente también destruir émbolos, metabolizar algunas sustancias bioactivas (serotonina, prostaglandinas, corticosteroides y leucotrienos) y activar a otras sustancias (angiotensina) (Tonozzi, 2021).

El aparato respiratorio protege también sus delicadas vías aéreas, calentando y humedeciendo el aire inspirado y filtrando partículas de material. Las vías aéreas superiores también proporcionan el sentido del olfato y desempeñan un papel en la regulación de la temperatura en los animales jadeantes (Kahn & Line, 2013).

2.15. RESPIRACIÓN FETAL

El feto se encuentra protegido en un medio acuoso durante su desarrollo, sin embargo al nacer experimenta una serie de cambios fisiológicos y estructurales a los que el neonato debe responder con mecanismos de adaptación coordinados e inmediatos para que pueda sobrevivir y adaptarse al medio externo, sin embargo estos cambios le generan un estrés (Russo, 2017 y Álvarez Rico, Parada, & Mutis, 1988)

Dentro de los primeros cambios que se realizan es sustituir la respiración placentaria por la pulmonar, este ajuste se acompaña por cambios

cardiovasculares. Sin embargo alteraciones en este mecanismo de adaptación ocasiona una tensión severa que ocasiona trauma cerebral, predisposición a infecciones, ajustes fisiológicos inadecuados e incluso la muerte (Álvarez Rico et al., 1988).

2.16. OXIGENACIÓN TISULAR

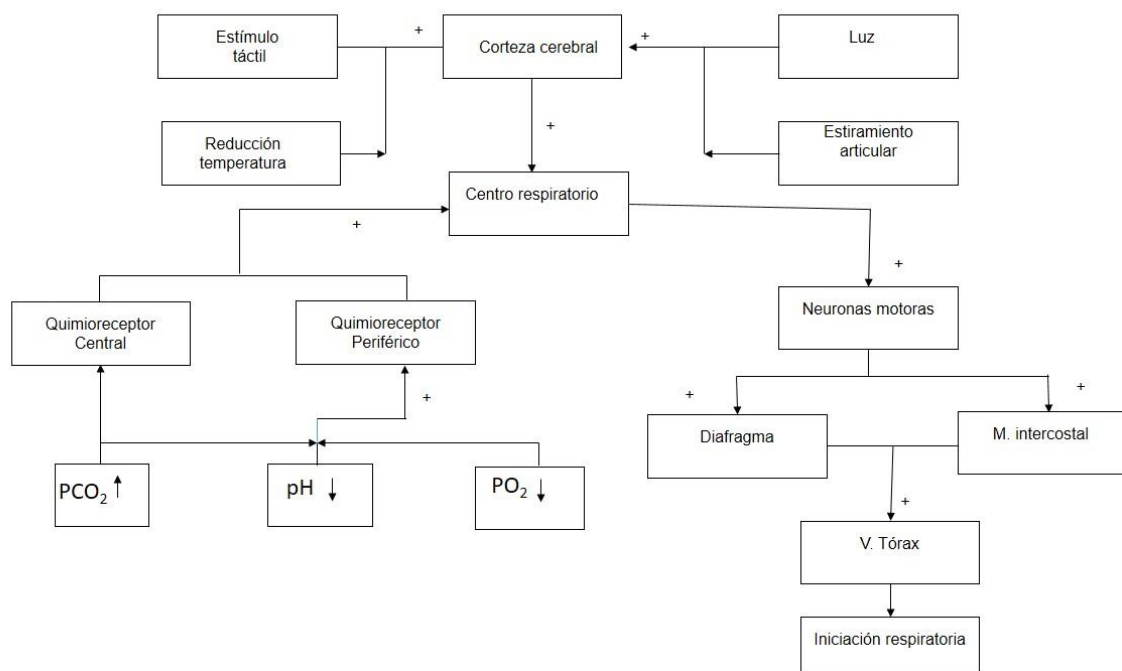
La oxigenación tisular depende de la capacidad de la sangre para transportar O₂, y perfusión tisular, mismos que están relacionados con su afinidad por el O₂ y la concentración de Hb, ésta última compuesta por 4 subunidades donde cada una contiene un átomo de Fe que puede combinarse, reversiblemente, con una molécula de O₂ (Álvarez Rico et al., 1988)

2.17. MODIFICACIONES CARDIORESPIRATORIAS EN EL MOMENTO DEL NACIMIENTO

El nacimiento implica la separación de la placenta y una serie de ajustes que permitan al becerro adaptarse a la vida extrauterina para llevar una vida independiente. En consecuencia a la ruptura del cordón umbilical ocurren una serie de cambios los cuales se manifiestan a nivel de: 1) circulación fetal, 2) presión de gases en sanguíneos y 3) equilibrio ácido-base (Russo, 2017).

La sangre arterial fetal presenta disminución de la presión de oxígeno (PO₂) y elevación de la presión de dióxido de carbono (PCO₂; hipercapnia) debido a la ruptura del cordón umbilical durante el periodo de expulsión del animal y porque la placenta no es un intercambiador eficaz de gases y además de que la sangre oxigenada y venosa se mezclan en diferentes puntos de la circulación (Russo, 2017 y Klein, 2014).

Para que el feto pueda adaptarse a la hipoxia primero tiene un gasto cardiaco elevado capaz de distribuir una cantidad abundante de sangre por minuto a los tejidos, en segundo lugar produce eritrocitos (los eritrocitos se producen en el saco vitelino y en otros tejidos como el endotelio) con hemoglobina de afinidad por el oxígeno. Los eritrocitos embrionarios tienen núcleo y contienen hemoglobina fetal. Al término del periodo embrionario los eritrocitos cambian de lugar de formación hacia el bazo o hígado, posteriormente al bazo y médula ósea siendo hasta el último tercio de la gestación cuando la médula ósea se encarga totalmente de la producción de ellos quienes pierden el núcleo. Una característica de los eritrocitos fetales es que poseen más afinidad por el oxígeno que los maternos (Klein, 2014).



Tomado y modificado de Álvarez Rico et al., 1988: *Modificaciones en el sistema respiratorio en el momento del nacimiento.*

Al nacer el pulmón debe estar preparado para realizar el intercambio gaseoso que anteriormente realizaba la placenta, el pulmón se desarrolla en 3 etapas que tienen el mismo tiempo de duración: 1) Primera etapa (estadio subglandular): en el primer tercio de la gestación el pulmón embrionario comienza con el sobrecrecimiento del canal alimentario, invade el mesénquima del tórax y se divide en las principales vías respiratorias. Las vías respiratorias primordiales se recubren con epitelio cuboide y en el corte transversal tiene una apariencia de una glándula. 2) Segunda etapa o canalicular: ocurre el desarrollo de los bronquios, las vías respiratorias forman lúmenes y los capilares invaden la región bronquiolar en desarrollo. 3) Etapa del saco alveolar, es la tercera etapa: se desarrollan los sacos alveolares y los alveolos (Klein, 2014).

Después del nacimiento los pulmones permanecen expandidos por causa del surfactante pulmonar, el cual se comienza a sintetizar durante la etapa glandular, la síntesis de lecitina (uno de sus componentes) aumenta a la mitad de la gestación coincidiendo con la aparición de las células alveolares tipo II (origen del surfactante) y con un aumento del flujo sanguíneo pulmonar (Klein, 2014).

A partir del nacimiento, los pulmones cuentan con dos circuitos vasculares; 1) la circulación pulmonar o pequeña circulación: encargado de transportar sangre del corazón a los pulmones, 2) circulación de origen aórtico o gran circulación, encargada del aporte de nutrientes a tejidos bronquiales y pulmones (Russo, 2017).

El paso del feto a través del canal de parto ocasiona que el tórax y los pulmones se compriman provocando que los líquidos almacenados y producidos en ellos sean expulsados, posteriormente cuando se expulsa el ternero se produce una descompresión del tórax, permitiendo el ingreso de aire a las vías respiratorias superiores y ocasionando que el diafragma genere una presión intratorácica negativa al contraerse y por consiguiente infle los pulmones (Álvarez Rico et al., 1988).

La primera respiración es la más poderosa de todos los momentos de la vida del ternero y requiere un mayor gasto energético para superar una presión que es de 6 a 20 veces más alta que en respiraciones siguientes (Russo, 2017) y para que el líquido viscoso descienda por las vías aéreas hasta entrar y abrir los alveolos que se encuentran llenos de líquido. No todos los alveolos se llenan con la primera inspiración, aunque en las siguientes inhalaciones el pulmón se infla esparciendo el surfactante por la superficie alveolar. El surfactante estabiliza los pulmones y evita que colapsen estableciéndose un volumen pulmonar estable al final de la inspiración (capacidad pulmonar residual) (Klein, 2014).

Para que se pueda llevar a cabo la primera respiración se necesitan de estímulos: 1) hipoxia e hipercapnia por la pérdida de la placenta, 2) enfriamiento del feto por evaporación de los líquidos que cubren la piel y 3) aumento generalizado del impulso sensitivo fetal cuando la madre lo lame y lo acaricia 4) estímulos táctiles, 5) cambio de temperatura, 6) la luz y 7) flexión de las articulaciones, los estímulos llegan a la corteza cerebral y de ahí se transmiten al centro respiratorio en la médula (Russo, 2017, Klein, 2014 y Álvarez Rico et al., 1988).

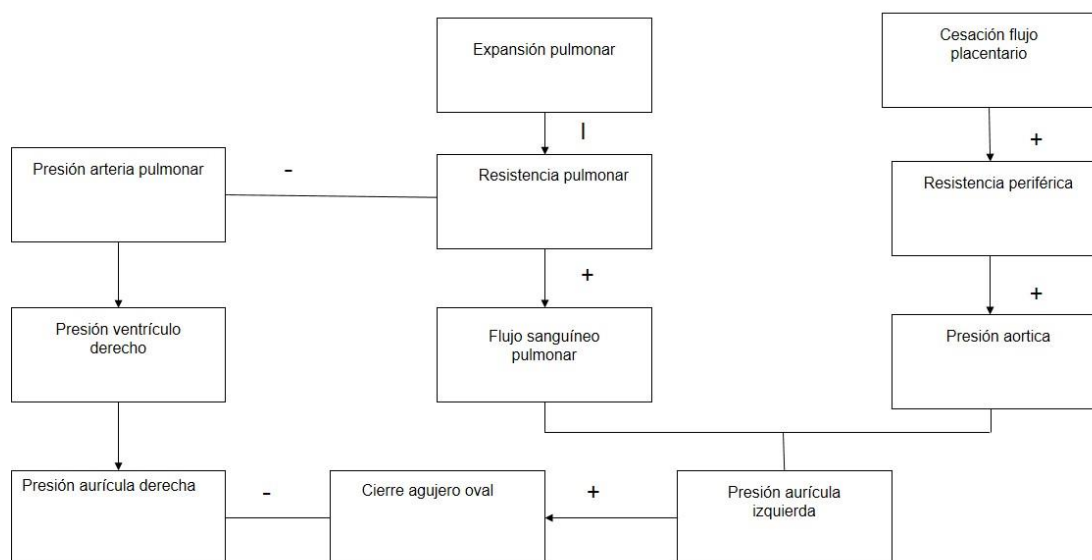
La estimulación de este último a través del nervio frénico e intercostal envía señales a las neuronas motoras y ellas ocasionan contracción del diafragma y músculos intercostales inspiratorios, iniciando la respiración del neonato y disminución del flujo umbilical (Álvarez Rico et al., 1988)

Una vez que los pulmones tienen aire, los vasos se dilatan a causa de una mayor presión de oxígeno y una disminución de dióxido de carbono, disminuyendo así la resistencia vascular pulmonar. Durante el periodo fetal menos del 10% del volumen sanguíneo se dirigía a los pulmones, mientras que después del nacimiento casi todo el volumen sanguíneo cardíaco fluye a los pulmones. En consecuencia al aumento de ese intercambio gaseoso ocurre un incremento en la circulación pulmonar, dando paso a una reducción de la resistencia vascular pulmonar y de la presión sanguínea de la arteria pulmonar y el aumento concomitante del flujo sanguíneo pulmonar (Russo, 2017).

En la vida fetal la capa de las arterias pulmonares es más gruesa que ocasiona una disminución en su luz, disminución del flujo sanguíneo de los vasos pulmonares, el circuito pulmonar fetal es de bajo flujo pero de resistencia y presión alta. A partir del nacimiento los pulmones cuentan con doble circuito vascular, uno llamado circulación pulmonar o pequeña circulación que es funcional y transporta

sangre del corazón derecho a los pulmones, donde se produce hematosis y posteriormente llegar al corazón izquierdo. La otra circulación de origen aortico, pertenece a la gran circulación y se encarga de aportar nutrientes a tejidos bronquiales y pulmonares (Russo, 2017).

Todas estas modificaciones disminuyen la presión de la aurícula derecha y aumenta la presión en aurícula izquierda esta diferencia provoca el cierre funcional del agujero oval (entre 5-20 minutos) y el conducto arterioso (entre 4-5 minutos) después del nacimiento. El cierre anatómico del agujero oval y conducto arterioso duran varias semanas (Álvarez Rico et al., 1988 y Russo, 2017).



Tomado y modificado de Álvarez Rico et al., 1988::Modificaciones en el sistema circulatorio en el momento del nacimiento.

El neonato debe hacer un esfuerzo fisiológico para adaptarse a las condiciones de vida fuera del útero, el cambio principal implica al sistema vascular, sobre todo en lo relacionado con el aparato respiratorio (Klein, 2014).

2.18. PARTO

Los órganos fetales que inician el parto son la corteza adrenal, hipotálamo y adenohipófisis (Klein, 2014). El hipotálamo fetal secreta a la hormona liberadora de la ACTH, que a su vez desencadena la liberación de la ACTH por la adenohipófisis, la cual estimula a la corteza adrenal del feto para producir cortisol (Boeta et al., 2018). Cambios críticos en la secreción de cortisol fetal conducen a la síntesis y liberación de PGF₂ α por parte del útero, ocasionando contracción de los músculos y relajación del cérvix, además de inducir la síntesis de enzimas placentarias (17-hidroxilasa y C17-20 ligasa) que convierten la

progesterona en estrógenos. Este proceso se produce antes del parto comenzando en los días 25 a 30 del preparto en ganado vacuno (Klein, 2014). La síntesis y liberación acelerada de la $PG2\alpha$ inician el proceso final del parto (Boeta et al., 2018)

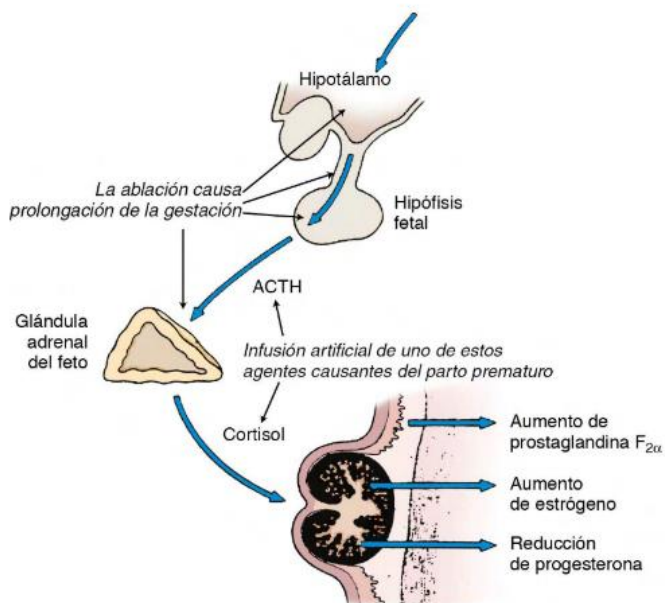
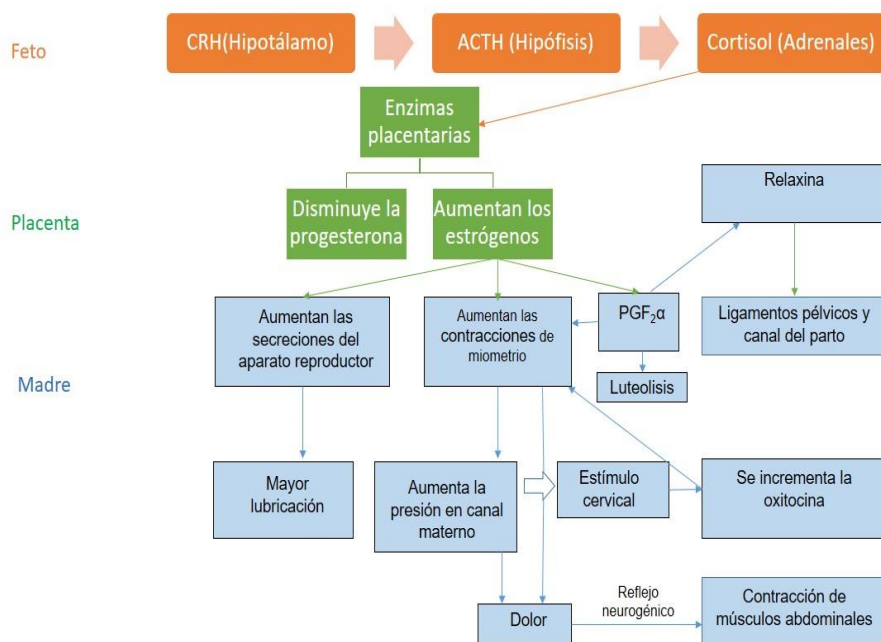


Imagen tomada y modificada de Klein, 2014: Resumen en forma de diagrama que explica cómo el feto de cordero controla el comienzo del trabajo de parto. Se muestran procedimientos experimentales que alargan o acortan la gestación. ACTH, Hormona adrenocorticotrópica (corticotropina).

La liberación de calcio iónico intracelular se da gracias a la hormona ACTH sobre el miometrio que se une a la miosina y actina para iniciar los procesos contráctiles. Las prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$ y PGE), realizan efectos en el cérvix, participando en su dilatación y relajación para permitir el paso del feto (Klein, 2014).

En la vaca 24 a 36 hrs anterior al parto inicia la regresión del CL gracias a la liberación y síntesis de $PGF_{2\alpha}$ con íntegra retirada de la progesterona en 12 a 24 hrs. Esto último es esencial para el parto, la liberación de $PGF_{2\alpha}$ es la que causa contracciones miométriales y luteólisis (Klein, 2014).

Oxitocina y relaxina también son partícipes del parto. La relaxina se produce en el cuerpo lúteo (CL) aunque puede producirse en otros tejidos. Su acción principal es provocar el relajamiento de la sínfisis pubiana aunque también actúa relajando los ligamentos pélvicos (Galina y Valencia, 2012) y su síntesis es estimulada por la $PGF_{2\alpha}$, aunque la secreción de $PGF_{2\alpha}$ antes del parto causa baja producción de progesterona, baja liberación de relaxina preformada y luteólisis (Klein, 2014). Por su parte la oxitocina actúa sinérgicamente a la $PGF_{2\alpha}$ suscitando las contracciones uterinas y los estrógenos son responsables de incitar la formación de sus receptores en el miometrio (Boeta et al., 2018).



Tomado y modificado de Boeta et al., 2018: modelo de los principales eventos endócrinos que regulan el inicio del parto.

El parto tiene tres componentes: las fuerzas expulsivas, el feto y el canal de parto. Un parto normal ocurre cuando las fuerzas expulsivas son suficientes para expulsar un feto normal y correctamente presentado a través del canal pélvico de dimensiones adecuadas (Galina y Valencia, 2012).

Fases del parto: 1) presentación del feto en el orificio interno del cérvix posiblemente causado por un alza de la actividad miométrial resultado de la liberación de PGF₂α. Al abrirse el cérvix el feto pasa al canal pélvico y las contracciones miométriales son menos cruciales para el nacimiento; la presión abdominal, es la principal fuerza responsable del proceso del parto, 2) proceso real del parto, 3) expulsión de membranas fetales (Klein, 2014).

2.19. MANEJO DEL RECIEN NACIDO

Para la supervivencia y un ternero sano es primordial un buen manejo y asistencia al parto, un parto distócico predispone muertes y carencia de calostro. Tracciones severas en terneros ocasiona, problemas de salud e incluso la muerte (Arancibia Berríos, 2012).

Los becerros inmediatamente después del nacimiento deben ser trasladados a un ambiente limpio y seco, esto con la finalidad de reducir las probabilidades que se contaminen por bacterias del medio ambiente. El ombligo o cordón umbilical de un recién nacido al ser un punto de acceso importante para las bacterias se debe

de sumergir en una solución de clorhexidina o yodo al 7% para desinfectar y sellar el ombligo lo más rápido posible (Bentley, Lopez, & Clark, 2017).

Secar al neonato es una tarea que resulta necesaria para evitar que baje su temperatura corporal, debido a que el estrés por frío provoca una lenta absorción intestinal. Limpiar los ollares y cavidad oral retirando restos del líquido amniótico y otras secreciones que impidan que el becerro respire adecuadamente y pueda tomar calostro sin riesgo de broncoaspiración (Bautista, 2016).

La administración del calostro debe ser realizada dentro de las primeras 6 horas de vida, la cantidad es aproximadamente del 10% del peso corporal del recién nacido. Es recomendable ofrecer la mitad de la toma dentro de las 2 primeras horas de vida (lo ideal es inmediatamente después del parto) y la siguiente mitad a las 4-6 horas posteriores (Bautista, 2016).

Las vacunas ayudan a defender contra enfermedades específicas y ayudan a desarrollar y fortalecer el sistema inmune; los planes de vacunación se deben establecer durante las primeras semanas de vida (Bentley et al., 2017).

2.20. EXAMEN FISICO DEL TERNERO

Seguido del parto se realizara un análisis clínico al ternero para hallar anomalías, si es o no sano para criarlo y precisar el sexo. Las anormalidades más comunes son (Arancibia Berríos, 2012):

1. Paladar hendido: ausencia de paladar, la cavidad bucal y la nariz se comunican, lo que causa neumonía a cuerpo extraño y la muerte del ternero.
- 2.- Anormalidades de los miembros: tendones contracturados, mala conformación, articulaciones inflamadas, dedos fusionados.
- 3.- Freemartin: hembra melliza con un macho, son infértiles, existen pocas excepciones.
- 4.- Terneros Ciegos y otros con signos neurológicos: comúnmente se les asocia al VDVB.

La cabeza y orejas caídas son signos tempranos de enfermedad, los terneros enfermos pasan mucho tiempo en decúbito y beben menos. Antes de manipular al ternero debe tomarse la frecuencia cardíaca y respiratoria. La temperatura rectal varía entre 37.2 y 38.9°C durante los primeros 4 días de vida. Terneros con sepsis se muestran a menudo febriles, aunque la ausencia de fiebre no descarta la sepsis. Los animales con sepsis pueden tener temperaturas por debajo de las normales (Pérez et al., 2017)

Las membranas mucosas deben tener una coloración rosa y húmeda, el pulso periférico en arterias braquial y cola debe ser regular y fuerte y las extremidades deben estar calientes. Si es posible la radiografía del tórax, ecografía torácica y

análisis de gases en sangre arterial son herramientas auxiliares para evaluar la función respiratoria. Para evaluar el aparato musculo esquelético debe intentarse hallar evidencias de traumatismo neonatal como costillas rotas, traumatismos de tejidos blandos como edema en la cabeza y lengua por compresión prolongada del canal pélvico (Pérez et al., 2017).

Terneros muy grandes (54 kg o más al nacimiento) tienden a ser débiles y la ventaja de un peso alto al nacer, desaparece en un rango de 4 a 5 meses de edad. A los 2 días evaluar que la base del ombligo sea del grosor de un dedo de pulgar, consistencia suave y flexible de lo contrario realizar el tratamiento con antibióticos (Arancibia Berríos, 2012).

2.21. NIVELES DE PROTEINAS SERICAS

Hay una relación entre el riesgo de mortalidad y el nivel de proteína sérico total en terneros Holstein. Terneros con valores bajo 5g/dl son hipogamaglobulinémicos tienen más alto riesgo de mortalidad y morbilidad. Valores de 5,0 a 5,4 g/dl están en zona de riesgo intermedio. Valores de 5,5 o mayores: están a un bajo riesgo (Arancibia Berríos, 2012).

Se aconseja las guías siguientes para evaluar el nivel de transferencia de inmunidad pasiva a las becerras según la proteína total (Montoya Salas, 2016)

Inmunidad pasiva

- >5.5 g/dl: Transferencia exitosa
- 5.0 a 5.4 g/dl: Transferencia medianamente exitosa
- <5.0 g/dl: Transferencia incompleta

2.22. TERNERO EN BUEN ESTADO, DÉBIL Y MUY DÉBIL

SIGNOS EN BECERROS RECIÉN NACIDOS QUE DETERMINAN LA CLASIFICACIÓN EN QUE SE ENCUENTRA			
Condición	Ternero en buen estado	Ternero débil	Ternero muy débil
Respiración	Empieza a respirar 30 segundos antes. En 2 minutos la respiración es torácica, si esto no ocurre debe tratar de inducirse.	Toraco abdominal	Baja, lenta y abdominal. En casos severos la respiración no se inicia.
Posición	Antes de 15 minutos se coloca en posición esternal, las patas recogidas debajo del abdomen y miembros anteriores flexionadas	Pasa más de 30 minutos en posición lateral, realiza movimientos de pedaleo tratando de ponerse en posición esternal.	Posición lateral, presenta poco o ningún movimiento. Los miembros permanecen sin tono y no reaccionan al ser pellizcado el espacio interdigital.
Reflejo de succión y deglución	Antes de los 45 minutos estará de pie. Trata de mamar sin problemas, tragando sin toser	No siempre logra ponerse de piel y tarda en hacerlo sin ayuda. Al tratar de mamar le cuesta y se cansa, tirándose al suelo	El reflejo de succión puede estar disminuido o no estar presente, así como el reflejo de deglución no se presenta.

La información para la elaboración de la tabla fue tomada de Rutter, 2010.

En condiciones normales, los terneros y corderos presentan un reflejo de enderezamiento de la cabeza casi inmediatamente después de nacer. El decúbito esternal suele alcanzarse a los 2 o 3 min, seguido rápidamente de intentos de ponerse en pie a los 15-30 min en terneros (Pérez et al., 2017).

Los neonatos hipoxicos realizan esfuerzos para ello y al principio pueden parecer lucidos aunque muestran dificultad para mantenerse en decúbito esternal, no presentan reflejo de succión o lo tienen deprimido, son lentos para levantarse. La frecuencia cardiaca ($118 \pm 0.2^\circ\text{C}$) es similar a la de los terneros viables, pero la

frecuencia respiratoria es más baja (14 y 18 frente a las normales 49 ± 12). El tiempo medio desde el nacimiento hasta que el ternero se levanta y mama varía en función de la raza, para terneros de carne es de 35 min para levantarse y 85 min para mamar y los terneros de leche tardan aproximadamente el doble (Pérez et al., 2017).

De acuerdo con *Landeta Hernández, 2015*, los estados de debilidad neonatal están relacionados a cuadros de anoxia-hipoxia originados a partir de partos laboriosos. La debilidad neonatal es considerada como un estado clínico, que tiene como probables causas: hipotermia, desnutrición, pesos extremos al nacer, infecciones intrauterinas, infecciones post-natales, traumas al nacer, nacimientos prematuros, problemas metabólicos, hipoxia y malformaciones congénitas.

2.23. ESTIMULACIÓN DE LA RESPIRACIÓN

Luego del nacimiento es posible que el becerro necesite ser estimulado para empezar a respirar a causa de lesiones, acumulación de mucus en vías respiratorias y acidosis. Al hacer presión externa de los pulgares sobre la nariz y el paladar se puede aislar el mucus de la boca y nariz (Arancibia Berríos, 2012).

Suspender a los becerros por las patas por un período, o balancearlos en esa posición esperando la salida de los líquidos desde los pulmones es un método para incitar la respiración (Rutter, 2010), ésta técnica es debatida, ya que el líquido expulsado es de origen digestivo, y el peso de las vísceras sobre el diafragma inhibe los movimientos respiratorios al colgarlo por un largo tiempo (Arancibia Berríos, 2012).

Se logra estimular el nervio frénico con toallas o paja, al meter una hebra de pasto por la nariz logrando el reflejo de respiración, o bien, derramar 5 lts de agua a 5°C sobre la cabeza del becerro, para mejorar la respiración, aumentar el volumen de inspiración (Rutter, 2010).

Principales fármacos: El Doxapram estimula los centros respiratorios, de corta duración, los receptores respiratorios no responden a una redosificación, y podría inducir un paro respiratorio. La Aminofilina motiva la producción de surfactante en los neumocitos tipo 2 sin deprimir el sistema inmunológico y es necesario controlar la taquicardia, la Dexametasona ayuda a la producción de surfactante (Arancibia Berríos, 2012).

Después de 2 min de nacido la ventilación no es la adecuada se debe dar ventilación mecánica, emplear un Kit de resucitación equipado con bolsa de Ambú, un tubo endotraqueal de 7mm de diámetro y laringoscopio. Una buena ventilación se puede obtener con 50 a 60 movimientos respiratorios por min y una presión positiva de 40° , se puede usar un tubo esofágico. Considerar que la resucitación boca - nariz es antihigiénica y no debe realizarse. El uso de O_2 sólo

es útil con ventilación forzada, debido a la atelectasia, shunt arterio-venoso y presencia de líquidos en las vías respiratorias (Arancibia Berríos, 2012).

2.24. IMPACTO ECONÓMICO DE LA MORBLIDAD EN BECERROS

Nunca se restauran al 100% los becerros que sufran afecciones de salud (incluyendo abandono de la madre y traumas) las 4 primeras semanas de vida, para la fecha de destete su peso vivo puede ser de al menos 16 kg por debajo de los no afectados (Landeta Hernández, 2015).

2.25. REPERCUSIONES DE LA DEBILIDAD NEONATAL

Estudios epidemiológicos, asocian la mortalidad en los terneros a enfermedades respiratorias y gastrointestinales. Como efecto de la falta de atención al nacimiento, hipoxias neonatales, o factores relacionados al nivel de inmunidad (calidad del calostro, deficiente y/o tardío consumo de calostro) da como resultado debilidad neonatal, todos los factores antes mencionados son señalados como predisponentes de éstos estados patológicos (Landeta Hernández, 2015).

Becerras sobrevivientes al estado de debilidad neonatal pueden bajar el valor de venta en un lote (Landeta Hernández, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un establo ubicado en Torreón Coahuila durante los meses de febrero a mayo del año 2021. Se utilizaron un total de 97 terneros (34 machos y 63 hembras) desde el nacimiento a los dos meses de edad, de la raza Holstein-Friesian.

Se registraron los datos de peso al nacer, Proteína Total en suero medido por refractometría, la saturación de oxígeno de pulso usando un oxímetro en la parte de la oreja derecha. Se registraron 26 valores de oximetría de terneros al nacimiento. También el registro de la oximetría de 84 terneros al día en que se realizó el diagnóstico de enfermedad y durante los días que duro el tratamiento.

Los nacimientos de los terneros tuvieron lugar en el corral de partos, los terneros se separaron de su madre dentro de la primera hora después del nacimiento y se alojaron en jaulas individuales para terneros en el área de crianza para proporcionarle el calostro de acuerdo al protocolo de la explotación. Los datos de saturación de oxígeno fueron recopilados a la misma hora y el mismo sitio (de 1 a 3 pm, en la oreja derecha) en todas las terneras, ya sea recién nacidas y durante el diagnóstico y su recuperación.

Se obtuvo el historial completo que se lleva en la sala de crianza, para identificar a cada cría nacida que incluye los registros de toma de calostros cantidad, calidad y su posterior análisis de los valores de refractómetros.

De los datos obtenidos se realizaron estadísticas descriptivas, y se realizaron correlaciones simples para observar el grado de asociación de las variables de peso al nacer, saturación de oxígeno, refractometría y diagnósticos de enfermedad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se observa el peso al nacer de las becerras y becerros raza Holstein que se utilizaron para el presente trabajo. El peso al nacer de los machos (42.65Kg) es mayor al de las hembras (36.46 Kg),coincidiendo esto con la afirmación realizada por *Dhakai et al., 2013, Maltecca, Khatib, Schutzkus, Hoffman, & Weigel, 2006* y *Olson, Cassell, McAllister, & Washburn, 2009* que los machos pesan más que las hembras, sin embargo en el presente estudio la diferencia es de alrededor de 6.19 kg siendo estadísticamente diferente ($p < 0.05$) y su desviación estándar es similar entre los datos de machos y hembras y su CV es muy similar, lo que nos indica una estabilidad tanto de hembras como de machos.

La diferencia de los pesos al nacer entre hembras y machos (6.19kg) difiere a los estudios realizado por *Dhakai et al., 2013* donde los terneros machos pesaron 2.0 kg más que las hembras, al de *Maltecca et al., 2006* en el cual la diferencia de peso fue de $1.3 \pm 0,4$ kg y el estudio realizado por (*Olson et al., 2009*) quien encontró una diferencia de 2.58 kg no mostrando diferencias significativas en ambos estudios.

Tabla# 1: Peso al nacer de becerros de la raza Holstein

Peso al nacer de becerras Holstein				
Sexo	N° de animales	Prom P.N. (kg)	D.S.(+-)	% CV
Hembras	63	36.46	3.98	11
Machos	34	42.65	4.18	10

Los valores de proteína Total (**PT**) en suero de los recién nacidos raza Holstein medidos con refractómetro como herramienta para el control del programa de calostreo se muestran en la Tabla #2. En esa tabla (2) la concentración la **PT** en los animales utilizados en el presente estudio osciló entre 6.45 g/dl 6.76 g/dl para hembras y machos, respectivamente. El uso de **PT** tiene una relación estrecha en los niveles de inmunoglobulinas (Ig) trasferidos por medio del calostro de ahí su uso como herramienta para monitorear el programa de calostreo en los becerros recién nacidos. De acuerdo a *Arancibia Berríos, 2012*, los datos encontrado en el presente **PT** indican que el riesgo de mortalidad de estos terneros Holstein son bajos. Al propio tiempo *Montoya Salas, 2016* en su trabajo, también indica que esos valores son una transferencia de inmunidad pasiva exitosa.

Tabla#2: Valores de Proteína Total en suero de becerras y becerros raza Holstein medida por refractometría

Valores de Proteína Total en suero de becerras y becerros raza Holstein medida por refractometría			
Sexo	mg/dl PT	D.S.	Coefficiente de variación %
Hembras	6.45	0.76	12
Machos	6.76	0.75	11

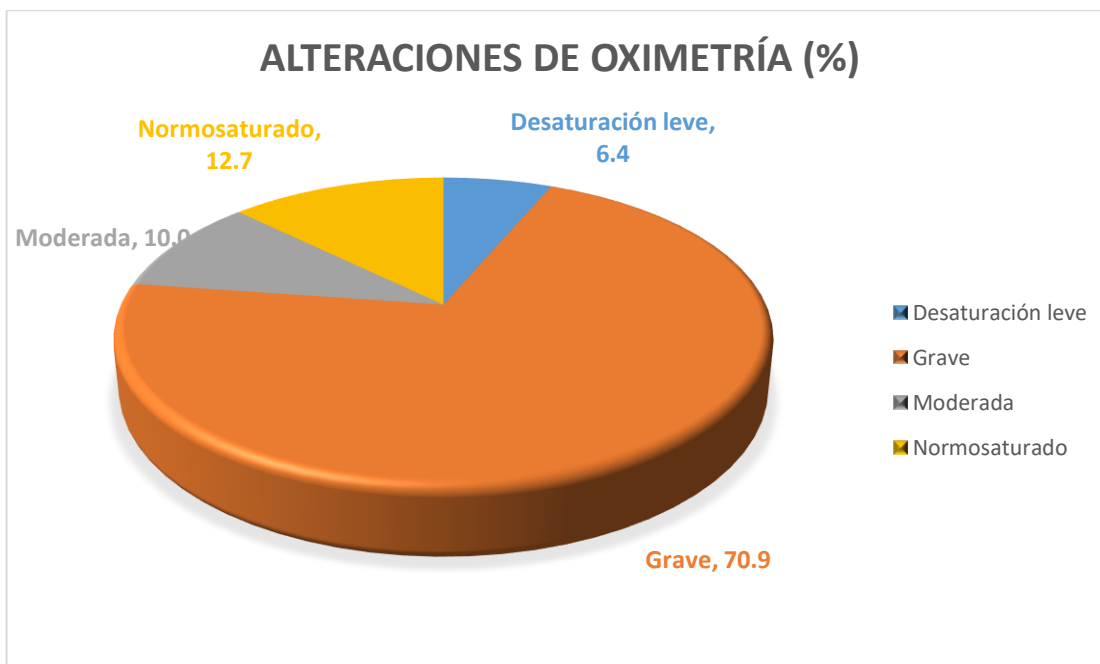
En la Tabla # 3, se encuentran los valores de % de oxigenación (**%PO₂**) medidos por el oxímetro portátil utilizado en el presente trabajo. La medición es en 26 terneros al nacimiento. Se puede observar en la Tabla (3) que los valores son de 82.92 % y 88.85% para hembras y machos, respectivamente. En un estudio realizado por *Kanz, Krieger, Drillich, & Iwersen, 2018*, los valores encontrados fueron de $54,85 \pm 4,92$, También *Bleul & Kähn, 2008* había mostrado resultados diferentes al medir la saturación de oxígeno (SPO₂) en 23 terneros recién nacidos de 2 a 20 horas después del nacimiento utilizando pulsoximetría y los resultados se compararon con los de la saturación de oxígeno (SaO₂) y comparándolos mediante análisis de gases en sangre arterial. Los resultados fueron valores entre el 34 y el 96% y la SpO₂ estaban entre el 28 y el 98%.

En el presente trabajo, al utilizar la clasificación de Villegas González et al., 2012, donde menciona los niveles de clasificación como normosaturados, desaturación leve, moderada y grave se encontró como lo muestra el Grafico #1. Las alteraciones que se presentaron en la oximetría se observa que el 12.7% de los animales se encuentran en una condición de normosaturados, el 6.4% desaturación leve, y moderada el 10% y grave 70%. Cabe mencionar que la clasificación es en humanos recién nacidos por no encontrar hasta el momento del presente trabajo una clasificación para animales y más aún para el caso de bovinos. Esta clasificación indica a pacientes normosaturados (mayor de 95%) o con desaturación leve (saturación entre 93 y 95%), moderada (saturación entre 88 y 92%) y grave (saturación entre menor de 88%).

Para nuestro estudio tomando en cuenta la clasificación de Villegas González et al., 2012, podríamos estar clasificando a la mayoría de los animales se encentraban con una oxigenación deficiente, sin embargo es un campo nuevo para la medicina veterinaria en bovinos,, donde requerimos mayor investigación para establecer parámetros acordes a los sistemas de producción

Tabla#3: valores de oximetría en animal al nacimiento

Valores de oximetría en animal al nacimiento				
Sexo	N° de animales	oximetría al nacimiento	Desviación estándar	Coefficiente de variación%
Hembras	13	82.92	17.41	20.9
Machos	13	88.85	13.88	15.6

Grafico#1: Alteraciones de oximetría

Dentro del presente trabajo se recolecto la información con respecto a los días en que los terneros enfermaban por primera vez después de su nacimiento. Esta información se presenta en la Tabla #4, ahí se observa que los días al diagnóstico de su primera enfermedad clínica esta entre 24.88 y 31.13 días para hembras y machos respectivamente. También se observa en la Tabla (4) que los días promedio de tratamiento fue similar tanto en hembras como en machos siendo estos de 3.55 y 3.71 respectivamente. Resultados que al comparar con los de *Ramiro, Rafael, Blanca, & Alondra, 2019* quienes encontraron que promedio de días en tratamiento para diarreas en becerras fue de 4.03 y para el caso de diarrea más neumonía (infección mixta) fue de 8.18 días. Sin embargo, en el presente trabajo no se clasifico por tipo de padecimiento, solo se puede observar que las desviaciones estándar con respecto a la media fueron de 1.22 y 1 día para hembras y machos respectivamente sin importar el padecimiento de su diagnóstico no encontrándose diferencias significativas entre los sexos ($P > 0.05$)

Tabla #4: días al diagnóstico de enfermedades después del nacimiento de becerros Holstein y días en tratamiento hasta su recuperación.

Días al diagnóstico de enfermedad después del nacimiento de becerros Holstein y días en tratamiento hasta su recuperación					
N° de animales	Sexo	Días al Dx	Desviación estándar días al dx	Días en tx	Desviación estándar. Días tx
60	Hembras	24.88	15.98	3.55	1.22
24	Machos	31.13	22.16	3.71	1.00

En relación a los valores de oximetría, también se midió a los animales al momento de del diagnóstico de enfermedad, estos resultados se encuentran en la Tabla #5. La tabla (5) representa los valores de oximetría de 84 animales al momento del diagnóstico de enfermedad; las hembras fue de 77.86 y en machos fue de 81.74, diferente a los valores reportados de $54,85 \pm 4,92$ por *Kanz, Krieger, Drillich, & Iwersen, 2018*. Tabla (5) indica que en el caso de las hembras la variación de los valores de oximetría es mayor que en los machos hecho que pudiera tener relación las peso al nacer que demostró en la Tabla 1, y al realizar pruebas de correlación, se encontró un coeficiente de correlación múltiple 0.49, del PN con la oximetría al día del diagnóstico, por lo que podemos suponer que quien tiene menor PN podrían mostrar menor saturación de oxígeno al momento de enfermarse. Al analizar los valores de PT con respecto a la saturación de oxígeno al momento de los diagnósticos encontró esta correlación de -0.08 aunque negativa con poco impacto en relación a la saturación de oxígeno al día del diagnóstico. Sin embargo, se requiere más trabajos para establecer relaciones que pudieran servir de herramientas para el manejo y garantizar mejores supervivencia en la crianza.

Tabla # 5: Valores de oximetría de pulso (OXPTX) en animales que enferman durante lactancia.

Valores de oximetría de pulso (OXPTX) en animales que enferman durante lactancia				
Sexo	N° de animales	OXPTX	Desviación estándar	Coefficiente de variación%
Hembras	60	77.86	18.15	23
Machos	24	81.74	7.95	10

V. CONCLUSIONES

1.- El peso al nacimiento entre machos y hembras utilizados en el presente trabajo fue de 42.65 ± 4.18 y 36.46 ± 3.98 , respectivamente. Mostrando significancia estadística ($P > 0.05$) entre machos y hembras concluyendo que el peso al nacimiento se encuentra relacionado con el sexo del animal.

2.- Los valores de la saturación de oxígeno al nacimiento, medida por la oximetría de pulso, mostraron que el 70% se encuentra en una condición grave, indicando una oxigenación deficiente.

3.- Los valores de Proteína Total (PT) medidos por refractometría no tuvo relación con que se enfermaran machos y hembras, ni los días en tratamiento ya que fueron similares. Se concluye que los valores de refractometría y peso al nacer fue menor para las hembras sin embargo eso no influyó en que las hembras se enfermaran antes o después al igual que eso no fue relevante para que duraran más días en tratamiento

4.- La saturación de oxígeno mediada por la oximetría de pulso indica que en el caso de las hembras la variación de los valores de oximetría es mayor que en los machos hecho que pudiera tener relación las peso al nacer. Se encontró un coeficiente de correlación múltiple 0.49, del PN con la oximetría al día del diagnóstico, por lo que podemos suponer que quien tiene menor PN podrían mostrar menor saturación de oxígeno al momento de enfermarse. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de oximetría al nacimiento y animales enfermos al compararlos por género.

5.- Es necesario realizar experimentos futuros para tratar de estandarizar valores de oximetría de pulso como herramienta para el pronóstico de enfermedades en neonatos. También evaluar las variaciones de oximetría según las edades de los animales y así encontrar valores de referencia de oximetría especialmente para usarlos en bovinos y hacer una clasificación de alteraciones de la misma y establecer la importancia de la oximetría en el monitoreo de enfermedades de tipo respiratorio o a otra enfermedad que provoque debilidad.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Alvarez-Silva, F. (2012). Anoxia fetal y traumatismo craneoencefálico. Punto de vista del anestesiólogo. *Ginecología y Obstetricia de Mexico*, 80(1), 45–48.
- Álvarez Rico, D. B., Parada, M., & Mutis, C. A. (1988). Evaluación clínica y cuidados intensivos del neonato bovino. *Revista Lasallista De Investigacion*, 8(16), 193–224.
- American Thoracic Society. (2013). Oximetría de pulso. *Radiology*, 93(3), 706–707. Retrieved from www.thoracic.org
- Arancibia Berríos, R. (2012). Manejo del ternero recién nacido. *Universidad de Chile*, 23–26. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/122560/Manejo-del-ternero-recien-nacido.pdf?sequence=1>
- Auad, J., Cerutti, J., Cooper, L. G., Lozano, N. A., Deltrozzo, J., Cristina, A., ... Lozano, A. (2019). Estructura de la placenta y su impacto en la transferencia de la inmunidad materno-fetal : revisión en mamíferos domésticos Structure of the placenta and its impact on the transfer of maternal-fetal immunity : a review in domestic mammals Resúmen, 4(2), 52–62.
- Bartolomé, J. a. (2009). Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Sitio Argentino de Produccion Animal*, 11(42), 20–28. Retrieved from www.produccion-animal.com.ar
- Bautista, U. (2016). Manejo del recién nacido: cuidados desde la vida fetal y la importancia del calostro en la inmunidad pasiva y el desarrollo del becerro. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–5. Retrieved from https://www.extension.iastate.edu/dairyteam/files/page/files/Manejo_y_cuidado_de_beceros_recien_nacido_y_calostro.pdf
- Bencomo, S., Villazana, S., & Salas, B. (2016). Diseño y construcción de un oxímetro de pulso. *Revista INGENIERÍA UC*, 23(2), 162–171.
- Bentley, J., Lopez, E. C., & Clark, K. (2017). Manejo y cuidado de becerros recién nacido y calostro, 1(1), 5. Retrieved from https://www.extension.iastate.edu/dairyteam/files/page/files/Manejo_y_cuidado_de_beceros_recien_nacido_y_calostro.pdf
- Bleul, U., & Kähn, W. (2008). Monitoring the bovine fetus during stage II of parturition using pulse oximetry. *Theriogenology*, 69(3), 302–311. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.033>
- Boeta, M., Balcázar, A., Cerbón, J. L., Hernández Mendrano, J. H., Cerón Hernández, J., Páramo Ramírez, R. M., ... Zarco, L. (2018). *Fisiología reproductiva de los animales domésticos. 1ª Edición.*
- Brabdan, N., Aguirre, M. V., & Gimenez, C. E. (2008). HEMOGLOBINA. *Encyclopedia of Respiratory Medicine, Four-Volume Set*, 263–267. <https://doi.org/10.1016/B0-12-370879-6/00174-5>

- Claudio G. Barbeito. (2010). Vista de Historia de las placentas y su relación con la morfología. *Ciencias Morfológicas*, 10(2), 1–15.
- Coghe, J., Uystepuyst, C., Bureau, F., & Lekeux, P. (1999). Non-invasive assessment of arterial haemoglobin oxygen saturation in cattle by pulse oximetry. *Veterinary Record*, 145(23), 666–669.
<https://doi.org/10.1136/vr.145.23.666>
- Dhokal, K., Maltecca, C., Cassady, J. P., Baloch, G., Williams, C. M., & Washburn, S. P. (2013). Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 690–698.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5817>
- Dunlop, R. H., & Malbert, C. H. (2007). *Fisiopatología veterinaria*. (Acribia, Ed.) (Vol. 1).
- Galina Carlos & Valencia Javier (2012). *Reproducción de animales domésticos*. Editorial Limusa. Tercera edición
- Galosi, C., Monteavari, C., Portiansky, E., Zanuzzi, C., Eöry, M., Fuentealba, N., ... Gimeno, E. (2010). Patología placentaria: conocimientos generados por estudios experimentales, 87–116.
- Gómez García, C. A., & Velasco Medina, J. (2014). Sistema de pulsioximetría y capnografía para dispositivos móviles Android. *Revista Ingeniería Biomédica*, 8(15), 36–44. <https://doi.org/10.24050/19099762.n15.2014.593>
- Kahn, C., & Line, S. (2013). *Manual Merk de Veterinaria*. (OCEANO/CENTRUM, Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Sexta edic, Vol. 53). Barcelona.
- Kanz, P., Gusterer, E., Krieger, S., Schweinzer, V., Süß, D., Drillich, M., & Iwersen, M. (2020). Pulsoximetric monitoring of fetal arterial oxygen saturation and fetal pulse at stage II of labor to predict acidosis in newborn Holstein Friesian calves. *Theriogenology*, 142(xxxx), 303–309.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.10.027>
- Kanz, P., Krieger, S., Drillich, M., & Iwersen, M. (2018). Technical note: Evaluation of a wireless pulse oximeter for measuring arterial oxygen saturation and pulse rate in newborn Holstein Friesian calves. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6437–6442. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14266>
- Klein, G. B. (2014). *Cunningham fisiología veterinaria*. 5ª Edición.
- Konig, H. E., & Liebich, H. J. (2011). *Anatomía de los Animales Domésticos. órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso*. (Panamericana, Ed.) (2ª Edición).
- Landeta Hernández, A. J. (2015). Aspectos genéticos de la debilidad al nacer en becerros brahman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 435–452. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-

_gestacion_parto_y_cuidados_del_ternero_al_nacimiento_en_bovinos_de_cria_0.pdf

- López-Gatius, Almeria, Serrano-Pérez, G.-I. (2013). Managing gestation in cattle. *Animal Reproduction Science*, (August), 252–257. Retrieved from http://www.researchgate.net/publication/256795817_Managing_gestation_in_cattle/file/e0b49523ff31a6cd06.pdf
- López-herranz, G. P. (2003). Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. *Revista Médica Del Hospital General de México*, 66(3), 160–169.
- Maltecca, C., Khatib, H., Schutzkus, V. R., Hoffman, P. C., & Weigel, K. A. (2006). Changes in conception rate, calving performance, and calf health and survival from the use of crossbred Jersey x Holstein sires as mates for Holstein dams. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2747–2754. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72351-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72351-7)
- Mondragón, J. B. (2016). Hipoxia y Cianosis. *Revista Medica Sinergia*, 1(9), 9–12. Retrieved from <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/43/89>
- Montoya Salas, S. de J. (2016). Transferencia de inmunidad pasiva utilizando suplemento de calostro en becerras holstein. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 24.
- Nuñes Hernández, E., Ayala Sánchez, C., & García Lascurain, A. (2008). La oximetría de pulso (SaO₂) como predictor de la oxigenación arterial durante la anestesia general en el equino. *PANVET*.
- Olson, K. M., Cassell, B. G., McAllister, A. J., & Washburn, S. P. (2009). Dystocia, stillbirth, gestation length, and birth weight in Holstein, Jersey, and reciprocal crosses from a planned experiment. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 6167–6175. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2260>
- Organización Panamericana de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (2020). Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19. *Organización Mundial de La Salud*, 1–20. Retrieved from https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52551/OPSHSSMTCOVID-19200029_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez, A., Santamaria, E. K., Operario, D., Tarkang, E. E., Zotor, F. B., Cardoso, S. R. de S. N., ... Volk, J. E. (2017). *Medicina interna de grandes animales. BMC Public Health* (Vol. 5). Retrieved from <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>

- Proulx, J. (1999). Respiratory monitoring: arterial blood gas analysis, pulse oximetry, and end-tidal carbon dioxide analysis. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(4), 227–230. [https://doi.org/10.1016/S1096-2867\(99\)80015-2](https://doi.org/10.1016/S1096-2867(99)80015-2)
- Ramiro, G., Rafael, A., Blanca, R., & Alondra, R. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*, 9, 1–7. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.920>
- Roa, I., Smok, S. C., & Prieto, G. R. (2012). Placenta: Anatomía e histología comparada. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1490–1496. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000400036>
- Rossner, V. (2018). Gestación , parto y cuidados del ternero al nacimiento en bovinos de cría Cuidados de la vaca y el ternero , después del parto. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 5. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_gestacion_parto_y_cuidados_del_ternero_al_nacimiento_en_bovinos_de_cria_0.pdf
- Russo, A. F. (2017). Compendio de neonatología bovina. *Taurus*, 17(66), 36–50.
- Rutter, B. (2010). Neonatología Bovina. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 33(1), 5. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095274000158%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030215003616%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213576616300501%5Cnhttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=referen>
- Salas, H. (2015). Oximetría de pulso Pulse oximetry. *Revista de La Sociedad Boliviana de Pediatría*, 51(2), 149–155.
- Salas, M. (2016). Oxigenacion y Tecnicas de Medicion. *Revista Medica de Costa Rica y Centroamerica*, 619(619), 217–219. Retrieved from <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/619/art04.pdf>
- Sola, A., Chow, L., & Rogido, M. (2005). Oximetría de pulso en la asistencia neonatal en 2005. Revisión de los conocimientos actuales. *Anales de Pediatría*, 62(3), 266–281. <https://doi.org/10.1157/13071843>
- Tonozzi, C. C. (2021). The Respiratory System in Animals. *The Merck Veterinary Manual Website*. Retrieved from <https://www.merckvetmanual.com/respiratory-system/respiratory-system-introduction/the-respiratory-system-in-animals>
- Uystepruyst, C. H., Coghe, J., Bureau, F., & Lekeux, P. (2000). Evaluation of Accuracy of Pulse Oximetry in Newborn Calves. *Veterinary Journal*, 159(1), 71–76. <https://doi.org/10.1053/tvj.1999.0422>
- Villegas González, J., Villegas Arenas, O. A., & Villegas González, V. (2012). Semiología de los signos vitales: una mirada novedosa a un problema

vigente. *Arch Med (Manizales)*, 2(12), 221–240. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2738/273825390009/>