

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

SEDE ATENAS

MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN PROGRAMA DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) APLICADO A BÚFALAS (*BUBALUS
BUBALIS*) MULTÍPARAS Y PRIMÍPARAS EN CUATRO REGIONES DEL
TRÓPICO BAJO COLOMBIANO**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OBTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA**

CHRISTOPHER PIEDRA QUESADA

ATENAS, COSTA RICA

2025

DECLARACIÓN JURADA

Yo Christopher Piedra Quesada portador de la cédula de identidad número 6-0446-0126, estudiante de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría, conocedor (a) de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juro solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 19 días del mes de mayo del 2025.

Christopher Piedra Quesada

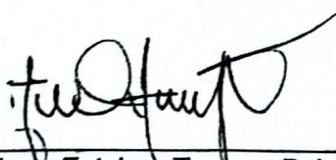
6-0446-0126

HOJA DE APROBACIÓN

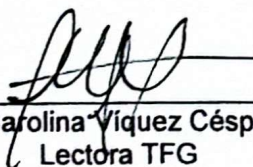
Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría.



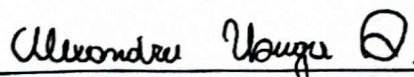
(Dr. Josué Rivera Castillo)
Director de Carrera



(Dr. Juan Esteban Tamayo Palacio)
Tutor del TFG



(Dra. Carolina Viquez Céspedes)
Lectora TFG



(MVZ, PhD – Alexandra Usuga Suárez)
Lectora TFG

DEDICATORIA

Primeramente, le agradezco a Dios por darme la vida, salud, las fuerzas y motivación para salir adelante y lograr cumplir uno de mis grandes sueños de ser Médico Veterinario. Mi profesión y conocimiento siempre serán dispuestos a mis pacientes con conocimiento y mucho empeño.

A mi padre Víctor Hugo Mora Acuña por haber creído en mí y a quien le debo mi profesión, por siempre darme sus sabios consejos que sin estos no hubiera logrado ser quien soy actualmente, por guiarme siempre como el padre que es para mí, con quien comparto de esta profesión y cada día me da su apoyo y motivación para seguir enfrentado todo el camino por delante.

También a mi madre Marilyn Piedra Quesada, que ha sido una mujer sumamente trabajadora, de la cual me siento orgulloso como hijo por todas las cosas que hizo por mí, con tal de que un día fuera un profesional, sin esperar nada a cambio. También le dedico este logro a Jennifer, Valeria y a mi tía Marilú, por ser personas que siempre han estado ahí para mí orgullosas de verme crecer y lograr mis metas.

A Kriss, por ser esa persona tan especial que me encontré en el camino, que desde el primer día que me conoció no ha hecho otra cosa más que apoyarme, en todos los momentos de la carrera y de mi vida, quien ha estado en los días buenos y malos, me ha dado todo su apoyo incondicional, me enseñó a ser un mejor estudiante y profesional. Me ha dado todos los momentos de felicidad, además me motivó a hacer realidad el sueño de ir a Colombia. También siempre me ha hecho creer que todo lo que me proponga

lo puedo lograr, este logro ha sido gracias a tu gran compañía en este largo proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco eternamente a mi tutor Dr. Juan Esteban Tamayo, por abrirme la oportunidad de poder realizar este trabajo en Colombia, en sus labores diarias de Médico veterinario, de quien aprendí mucho más de lo que esperaba por ser una excelente persona durante mi estadía, por su positivismo, su disposición, paciencia y consejos como profesional, no me alcanzaran las palabras para agradecerle todo lo que hizo por mi todo ese tiempo, a su esposa Claire Coste por abrirme las puertas de su casa y colaborarme con la aventura en ese país.

A las diferentes bufaleras y a todo el personal de cada una: Monte loro, Iguazú, Pietra Nera, Hacienda tapias, Colbufalos, por aceptarme en cada una de estas y brindarme el conocimiento sobre la producción del búfalo, hacerme parte de las labores del día a día y por la estadía sin que me faltara nada.

A mi lectora la Dra. Carolina Viquez por creer en mí, por motivarme, por su enseñanza durante mi etapa de estudiante y haberme ayudado a lograr hacer realidad el sueño de ir a conocer y aprender sobre el tema de búfalos en compañía del Dr. Juan Esteban en Colombia.

A mi lectora la Dra. Alexandra Usuga, gracias por su disposición de estar siempre pendiente y colaborarme con su conocimiento en este tema.

A Jorge Campos, quien, con su paciencia, su conocimiento y experiencia me brindó su apoyo y ayuda en este trabajo de graduación, al quien le agradezco también haber sido parte de mi formación como profesional.

A mi director de carrera Dr. Josué Rivera Castillo, por transmitirme sus conocimientos, por siempre estar ahí brindándome apoyo como estudiante, por no dejar que me diera por vencido en las diferentes etapas de la carrera.

A mi amiga María Fernanda Guillen, quien me brindo su amistad durante la carrera, quien siempre me motivo a seguir adelante y creer en mi como profesional.

A la Familia Mora Mora, que desde el primer día que supieron que iba a entrar a la universidad, me acogieron en su familia, brindándome toda la ayuda y apoyo que necesité durante mi época de estudiante para lograr ser el profesional que soy.

RESUMEN

La producción de búfalos actualmente en Colombia viene representando un impacto positivo en la economía de los productores, por lo que se requiere de producciones con mayores índices de eficiencia y rentabilidad. Por tal razón, se buscó evaluar la eficiencia de un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) aplicado a búfalas (*Bubalus bubalis*) primíparas y multíparas en cuatro regiones del trópico bajo colombiano (Magdalena Medio, Sur del Cesar, Llanos Orientales y Costa Caribe) para determinar la adaptabilidad del programa, así como las variables que influyen en la probabilidad de preñez.

Por medio de palpación transrectal y ultrasonografía reproductiva, se evaluó el protocolo de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) aplicado a 738 búfalas en las cuatro regiones mencionadas. Las búfalas evaluadas presentaron una edad promedio de 91.23 ± 35.99 meses, un número promedio de partos de 3.69 ± 2.38 , y una condición corporal promedio de 3.48 ± 0.19 . El porcentaje de preñez fue mayor en la región del Magdalena Medio (54.47%) y menor en la región Caribe (42.32%), pero no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las regiones ($p=0.259$).

Se encontraron tres factores claves que intervinieron significativamente en la probabilidad de preñez: la condición corporal, el tamaño del folículo preovulatorio y la ciclicidad ovárica. Las búfalas con una condición corporal ≥ 3.75 presentaron una probabilidad 2.81 veces mayor de quedar preñadas ($p=0.007$). Así mismo, los animales con folículos ≥ 12.5 mm aumentaron en

2.19 veces la probabilidad de preñez ($p=0.021$). La ciclicidad ovárica previo al protocolo de IATF incrementó la probabilidad de preñez en 4.5 veces ($p<0.005$). Otros factores como tono uterino, tipo de anestro y días abiertos no revelaron efectos significativos sobre la tasa de preñez.

Palabras claves: Inseminación artificial a tiempo fijo, folículo preovulatorio, ciclicidad, condición corporal, porcentaje de preñez.

ABSTRACT

Buffalo production in Colombia is currently having a positive impact on producers' economic outcomes, which highlights the need for systems with higher efficiency and profitability indices. For this reason, the objective was to evaluate the effectiveness of a fixed-time artificial insemination (FTAI) program applied to both primiparous and multiparous female buffaloes (*Bubalus bubalis*) in four regions of the Colombian lowland tropics (Magdalena Medio, Sur del Cesar, Llanos Orientales y Costa Caribe) with the aim of evaluating protocol adaptability and identifying the variables that influence pregnancy rates.

Using transrectal palpation and reproductive ultrasonography, the synchronization protocol for fixed-time artificial insemination (FTAI) was evaluated in 738 buffalo cows from the four regions. The animals assessed had a mean age of 91.23 ± 35.99 months, an average parity of 3.69 ± 2.38 , and a mean body condition score (BCS) of 3.48 ± 0.19 . The highest pregnancy rate was observed in the Magdalena Medio region (54.47%), while the lowest was in the Caribbean region (42.32%). However, there were not found statistically significant differences among the regions ($p=0.259$).

Moreover, three key factors were found to significantly influence pregnancy outcomes: body condition score, preovulatory follicle size, and ovarian cyclicity. Buffaloes with a BCS ≥ 3.75 were 2.81 times more likely to conceive ($p=0.007$). Likewise, animals with preovulatory follicles ≥ 12.5 mm had a 2.19-fold increase in pregnancy likelihood ($p=0.021$). The presence of ovarian cyclicity prior to the implementation of the FTAI protocol increased the

probability of pregnancy by 4.5 times ($p < 0.005$). Other variables, such as uterine tone, type of anestrus, and days open, did not show significant effects on pregnancy rate.

Keywords: Fixed-time artificial insemination, preovulatory follicle, cyclicity, body condition score, pregnancy rate.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1. Problemática.....	21
1.2. Justificación.....	23
1.3. Antecedentes.....	24
1.4. Objetivos.....	30
1.4.1. Objetivo General.....	30
1.4.2. Objetivos específicos.....	30
1.5. Objeto de la investigación e hipótesis.....	31
1.5.1. Pregunta de investigación.....	31
 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	 32
2.1. Características óptimas para la selección de búfalas.....	32
2.1.1. Condición corporal (CC) en búfalas.....	32
2.2. Parámetros productivos y reproductivos.....	33
2.2.1. Peso de la hembra bufalina para los programas de biotecnología reproductiva.....	33
2.2.2. Edad al primer servicio.....	34
2.2.3. Días abiertos.....	34
2.3. Técnicas para evaluación del tracto reproductivo de la hembra.....	35
2.3.1. Palpación transrectal.....	35
2.3.2. Ultrasonografía reproductiva.....	35
2.4. Estatus del tracto reproductivo de la hembra bufalina.....	36
2.4.1. Estado del útero.....	36
2.4.2. Estado de los ovarios.....	37
2.5. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF).....	38

	13
2.6. Diagnóstico de preñez en hembras bufalinas.....	38
 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	 40
3.1. Ubicación.....	40
3.2. Muestra y su selección	41
3.3. Métodos.....	41
3.3.1. Programa de preselección de búfalas para protocolo de IATF	41
3.3.2. Aplicación de protocolo de IATF.....	44
3.3.3. Evaluación de respuesta al protocolo de IATF	45
3.3.4. Diagnóstico de preñez	46
3.3.5. Resincronización.....	46
3.4. Descripción de variables	46
3.5. Análisis de datos y método estadístico.....	48
 CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	 51
4.1. Incorporación de hembras bufalinas aptas a protocolo de sincronización de IATF	 51
4.2. Análisis de porcentaje de preñez en cada una de las cuatro regiones del trópico bajo colombiano para el establecimiento de la respuesta de eficiencia reproductiva del protocolo de IATF	 53
4.3. Asociación de variables del manejo reproductivo para verificación de factores influyentes en la probabilidad preñez en búfalas primíparas y multíparas.....	 55
 CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	 60
5.1. Clasificación de búfalas aptas para la incorporación a protocolo de IATF por medio del establecimiento de parámetros productivos, reproductivos, condición corporal y evaluación del estado reproductivo	 60

5.2.Asociación del porcentaje de preñez en búfalas de las cuatro regiones del trópico bajo colombiano para el establecimiento de la eficiencia reproductiva de protocolo de IATF	62
5.3.Asociación de variables de manejo reproductivo en búfalas primíparas y multíparas con respecto a factores influyentes en la preñez.....	64
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	67
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	68
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
IX. APÉNDICES	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evaluación de la condición corporal en búfalas.....	33
Figura 2. Esquema del protocolo de IATF utilizado	45
Figura 3. Relación de la condición corporal y la probabilidad de preñez.	56
Figura 4. Relación del folículo preovulatorio con la probabilidad de preñez..	57
Figura 5. Relación de la ciclicidad con la probabilidad de preñez	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Regiones del trópico bajo de Colombia según geografía, condiciones de clima y la producción que predomina.	40
Cuadro 2. Puntuación de la condición corporal de búfalas con respecto a los sitios anatómicos evaluados.....	43
Cuadro 3. Criterios de selección de búfalas en estudio previo a IATF.....	45
Cuadro 4. <i>Descripción de las variables productivas, reproductivas y sus respectivas categorías</i>	47
Cuadro 5. Variables independientes evaluadas en el modelo de regresión logística	49
Cuadro 6. Distribución de frecuencia absoluta de hembras bufalinas con respecto a las variables categóricas evaluadas para la inclusión al protocolo de IATF en estudio	52

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Ficha individual para la evaluación en campo	83
---	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BE	Benzoato de estradiol
CC	Condición corporal
CIDR	"Controlled Internal Drug Release" (Liberación Interna Controlada de Fármacos)
CL	Cuerpo lúteo
cm	Centímetros
DIP	Dispositivo intravaginal de progesterona
Dx	Diagnóstico
eCG	Hormona gonadotropina coriónica equina
g	Gramo
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropina
h	Horas
hCG	Hormona gonadotropina coriónica humana
IA	Inseminación artificial
IATF	Inseminación artificial a tiempo fijo
ID	Identificación
Kg	Kilogramos
mg	Miligramos
mL	Mililitros

mm	Milímetro
n	Número
OR	Odds Ratio o razones de posibilidades
OVS	Protocolo Ovsynch
PGF	Prostaglandina
p-value	Valor de P
UI	Unidades internacionales
<	Menor que
>	Mayor que
±	Más o menos
≥	Mayor o igual que
#	Número

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la economía requiere de producciones bufalinas eficientes y rentables. Por tal razón es importante buscar la forma de incrementar las preñeces en un periodo óptimo, reduciendo el intervalo entre partos y obteniendo crías con mejores pesos. Cabe mencionar que, debido a la gran demanda de productos derivados del búfalo, es que la producción de esta especie, a nivel de Latinoamérica, ha ido en aumento en las últimas décadas (Bertoni et al., 2021).

De acuerdo con Neglia et al. (2020), el 97% de los búfalos se encuentra en países en desarrollo. En el año 2001, se estimó que la población bufalina en América era de 3.3 millones de animales. Mientras que para el 2007, la población creció alrededor de los 4 millones de animales en América Latina y el Caribe. Cabe mencionar que, Brasil ha sido el país número uno en la producción y reproducción de esta especie, continuado por países como Argentina, Venezuela, Cuba y Colombia (Safari et al., 2018; Minervino et al., 2020).

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2019), la población bufalina en el territorio de Colombia está distribuida en 6.033 predios con un total de 485.141 cabezas de búfalos de los cuales el 89% están concentrados en 10 departamentos. Por lo tanto, se puede inferir que, esta especie animal está siendo altamente aprovechada por su gran adaptabilidad a ambientes tropicales y resistencia a enfermedades, lo que la convierte en una alternativa importante para las economías rurales (Bertoni et al., 2021).

Debido a este crecimiento de los hatos bufalinos en los diferentes países de América Latina, es que surge la necesidad del uso de las diferentes biotecnologías reproductivas, siendo la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) una de las biotécnicas más conocidas y practicadas en esta especie (Riaz et al., 2018; Sigh et al., 2020). Esto debido a que sincroniza los eventos de la fase lútea, el crecimiento folicular y la ovulación, lo cual favorece que la inseminación se genere en un momento más controlado y específico, aumentando la eficiencia reproductiva (Khan et al., 2018; Carvaho et al., 2019; Sagheer et al., 2020).

Además, la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) no solo beneficia a los productores de búfalos aumentando las tasas de preñez y maximizando el potencial reproductivo de su hato, sino que también al incorporar genética superior en sus operaciones, se logra obtener un mejoramiento en la genética en un tiempo menor que con la monta natural (Leitman et al., 2009; Macmillan et al., 2020).

1.1. Problemática

Actualmente, Colombia cuenta con una creciente población de búfalos, lo que convierte a este sistema de producción pecuaria en una alternativa estratégica con gran potencial dentro del sector ganadero nacional (Berdugo-Gutiérrez et al., 2018; Ruíz, 2016). Las características de adaptabilidad, resistencia, rentabilidad y longevidad de esta especie, sumadas al interés creciente de los productores por mejorar sus índices productivos, abren una valiosa oportunidad para impulsar la aplicación de biotecnologías reproductivas. No obstante, aún perduran limitaciones en aspectos clave como la apropiada selección de animales y el manejo reproductivo, factores

esenciales para que los protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) conciban resultados exitosos dentro de estas producciones que se encuentran en continuo crecimiento.

Así mismo, además de la carencia de datos científicos que evidencien la eficiencia de los programas de IATF, se une el hecho de que se han llegado a utilizar biotecnologías reproductivas de vacunos en búfalos, pues estos al poseer una taxonomía similar a la del vacuno, se piensa que la respuesta y eficiencia va a ser similar a la de los bovinos (D'Occhio et al., 2020). Sin embargo, los machos y hembras bufalinas poseen características reproductivas muy propias de la especie, ya que su comportamiento reproductivo es poliéstricas estacionales de días cortos favoreciendo aquellas estaciones con fotoperíodo negativo en países estacionales y en países tropicales, dependiendo de la disponibilidad de alimento y la pluviosidad, mostrando fluctuaciones en la fertilidad natural anualmente. Además, estos animales presentan una baja intensidad en la manifestación de signos de estro, afectando su detección. Por otra parte, se ha descrito un bajo rendimiento reproductivo en búfalos, atribuido principalmente a un inicio tardío de la pubertad y largos intervalos entre parto (Gutiérrez et al., 2022; Neglia et al., 2018).

Por lo tanto, debido al desconocimiento de la fisiología reproductiva de la búfala, se tiene por consecuencia, no tener un óptimo aprovechamiento de tecnologías reproductivas; por ende, se generan fracasos en los resultados esperados, así como pérdidas económicas en las inversiones de las IATF y disminuciones en los índices reproductivos de las hembras. Generando así

que el crecimiento de los hatos bufalinos se limite, así como el progreso genético (Gutiérrez et al., 2022; Srirattana et al., 2022).

Aunado a lo anteriormente mencionado, Costa Rica, de igual manera, carece de información que evidencia la efectividad de protocolos de IATF en búfalas, a pesar de ser un país con características que podrían favorecer el desarrollo de esta producción. Como consecuencia, no se está dando el aprovechamiento del potencial reproductivo de la especie a nivel país, debido a que, las producciones no reciben una adecuada asesoría reproductiva.

1.2. Justificación

De acuerdo con lo mencionado por Berdugo–Gutiérrez et al. (2018), la población de búfalos en Colombia tiene una tasa de crecimiento anual del 16% y también ha aumentado la demanda de animales reproductivamente más eficientes. A pesar de los desafíos reproductivos en las búfalas, los criadores requieren de satisfacer las necesidades del mercado. Por lo tanto, la reproducción es uno de los parámetros a mejorar especialmente cuando se combina con biotecnologías reproductivas (Berdugo-Gutiérrez et al., 2018; Martínez et al., 2020).

Debido a lo anterior, se consideró importante evaluar la eficiencia de un programa de IATF en búfalas aplicado en 4 regiones de Colombia. Además, se correlacionaron los resultados arrojados con factores como la región del trópico bajo colombiano en estudio, fase reproductiva, condición corporal, estado de los ovarios y el útero. Por ende, la información generada brindó, al médico veterinario dedicado a la reproducción de esta especie, datos que le permiten definir cómo llevar a cabo estos programas de inseminación artificial

cronometrada de una forma óptima bajo un respaldo científico. Además, se identificaron datos que demuestran cómo se puede generar una disminución en los números de servicio, mejorando las tasas de preñez, optimizando la genética del hato y permitiendo rentabilidad en las producciones (Srirattana et al., 2022; Tonizza et al., 2020).

Con lo que respecta a Costa Rica, al ser un país tropical, reúne las condiciones medio ambientales adecuadas para la producción de búfalos (Campos et al., 2022). Por lo que el estudio de hatos bufalinos, en el trópico bajo de Colombia, dio un aporte a los veterinarios costarricenses dedicados a la reproducción de búfalos, pues se mostraron datos útiles para la implementación de estrategias similares. De esta manera, el veterinario puede brindar una mejor asesoría a los propietarios para que eventualmente estos puedan aumentar los índices reproductivos y productivos de esta especie.

1.3. Antecedentes

Pandey et al. (2018), en la India, investigaron los efectos del tamaño del folículo preovulatorio sobre las concentraciones de estradiol, el diámetro del cuerpo lúteo (CL), las concentraciones de progesterona y la subsiguiente tasa de preñez en 49 hembras bufalinas. Donde dividieron los tamaños del folículo preovulatorio en tres categorías (I: 10 a ≤ 12 ; II: $>12,0$ a $\leq 14,0$; III: $>14,0-16,0$ mm). Concluyeron que los folículos preovulatorios con diámetros entre 12 y 16 mm son suficientemente adecuados para convertirse en cuerpos lúteos aptos para la secreción de concentraciones de progesterona que pueden mantener la preñez en búfalas, siendo una variable óptima para evaluar la adaptación de programas de IATF por estímulos hormonales.

Elsayed et al. (2019), en Egipto, realizaron un estudio con 47 búfalas sobre la asociación entre los perfiles metabólicos, el retraso en la reanudación posparto de la función ovárica y el rendimiento reproductivo en búfalas. Tomaron en cuenta la evaluación de condición corporal y estado reproductivo, por medio de ecografía transrectal para determinar el estado reproductivo de cada búfala y verificar la reanudación ovárica posparto. Obteniendo mayores resultados de reanudación las que se encontraban con condición corporal mayor de 3,5 (en escala de 1 a 5) y ciclando.

Kurma et al. (2020), en la India, analizaron diferentes variables reproductivas, con el fin de estimar la eficiencia reproductiva en 575 búfalas en anestro de la raza Murrah. Dentro de las variables más importantes que destacaron dentro del estudio fueron, edad, peso, condición corporal, días abiertos y estado uterino. Obteniendo como resultados que la condición corporal fue una de las variables que influyó significativamente sobre la eficiencia reproductiva en aquellas que se encontraron por encima de 3 en la escala de 1 a 5. También otra variable que influyó positivamente fue la edad, donde hembras con edades superiores a 4 años presentaron mejor respuesta a nivel reproductivo.

Singh et al. (2022), en Egipto, analizaron el protocolo hormonal de 5 días con CIDR-Heatsynch para evaluar la mejora en los niveles de estradiol circulatorio, la expresión del celo y la tasa de concepción en búfalas en anestro. El estudio incluyó 156 hembras, usando como variables el tiempo de la inseminación una vez eliminado el dispositivo intravaginal y la expresión del celo previo a la IATF. Se obtuvo como resultados del análisis que las búfalas que expresaron celo previo a la IATF y fueron inseminadas a las 72 horas, una

vez retirado el dispositivo intravaginal, obtuvieron mejores porcentajes superando el 60% de preñez.

En otro estudio realizado por Otava et al. (2021), en Italia, investigaron los efectos de la estación (verano y otoño) y edad, sobre la tasa de concepción en búfalas mediterráneas sometidas a protocolos Ovsynch. Utilizaron hembras nulíparas, primíparas y multíparas. Las concepciones obtenidas en otoño fueron de 68,4% para nulíparas, 83,3% para primíparas y 67,7% multíparas, mientras que en verano las nulíparas presentaron 52%, primíparas 47.2% y multíparas 49%. Los autores concluyeron que, en los dos experimentos, el porcentaje más bajo lo obtuvieron las búfalas multíparas asumiendo que por ser de mayor edad tienen mayores dificultades en el manejo reproductivo.

Haider et al. (2021), en Pakistán, compararon dos tiempos de inseminación diferentes asociando la inducción de la ovulación con el protocolo con CIDR Co-synch de 7 días, IATF a las 72 horas y la aplicación de GnRH, realizando la inseminación artificial 84 horas después con la intención de mejorar la tasa de concepción de bubillas. Se utilizaron cuarenta animales que se separaron en dos grupos de tratamientos de inseminación en 72 y 84 horas, donde obtuvieron resultados significativos de tasas de concepción más altas en búfalas inseminadas a las 84 h (65 %) que a las 72 h (25 %).

Singh et al. (2022), en la India, evaluaron si el aumento de estradiol durante el período preovulatorio aumentaría la expresión estral, los perfiles lúteos y la tasa de concepción en el protocolo de IA cronometrado, basado en CIDR de 5 días. Utilizaron un total de 156 búfalas en anestro, donde el día 5 del protocolo después de retirado el CIDR, les aplicaron una dosis de

benzoato de estradiol. La inseminación artificial la realizaron 72 y 84 horas del retiro del CIDR, los resultados que obtuvieron no mostraron diferencia significativa en las variables evaluadas con respecto a la aplicación del benzoato de estradiol el día 5 del protocolo.

Abulaiti et al. (2023), en Pakistán, investigaron el efecto de la melatonina sobre el desempeño reproductivo y productivo de búfalos mestizos durante la temporada baja de reproducción. Utilizaron tres grupos de estudio, el primer grupo de 20 hembras de control, el segundo grupo de 22 búfalas que recibieron una inyección de melatonina antes de la sincronización y el tercer grupo de 23 animales que recibieron varias inyecciones de melatonina por tres días consecutivos antes de la sincronización. Los resultados obtenidos demostraron que la administración de una sola dosis de melatonina mejoró la respuesta al celo, la ovulación y el crecimiento folicular antes de la sincronización del protocolo Ovsynch ($p < 0,05$), en comparación con los grupos de control. Además, se observaron tasas de preñez por encima del 70% en ambos grupos de búfalos tratados con melatonina en comparación con el control.

Por otra parte, Intawicha et al. (2022), en Tailandia, tuvieron como objetivo investigar el patrón de parto estacional de las búfalas y probar varios protocolos de sincronización del estro y tratamientos de reproducción para mejorar la eficiencia reproductiva de las búfalas en anestro. Realizaron sincronización de estros mediante protocolos de implante de oreja Norgestomet (Norgestomet, $n=30$, T1), liberación interna controlada de fármacos (CIDR, $n=30$, T2) o sincronización de la ovulación (Ovsynch, $n=30$, T3). Los resultados obtenidos de los 3 estudios realizados en invierno y

verano mostraron que, en la temporada de invierno, las búfalas tuvieron la tasa de preñez más alta (74,1%) obtenido de los 3 protocolos aplicados.

Por último, Carvalho et al., (2013) en uno de sus estudios llamado La gonadotropina coriónica equina mejora la eficacia de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en búfalas durante la temporada no reproductiva, ejecutaron dos experimentos para evaluar los efectos del tratamiento con gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre la respuesta folicular ovárica, la función lútea y la fertilidad en búfalas incorporadas a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) durante la temporada no reproductiva. En el primer experimento, contó de 59 búfalas asignadas de forma aleatoriamente a dos grupos de estudio, uno con eCG y otro sin eCG. En la ejecución del protocolo de sincronización, se administró un dispositivo intravaginal de progesterona (P4) y estradiol benzoato en el Día 0, continuado de PGF2a y eCG intramuscular en el Día 9, y por último GnRH en el Día 11. Se efectuaron ecografías transrectales para determinar el diámetro de los folículos y del cuerpo lúteo (CL) en días diferentes del protocolo, también se tomaron muestras de sangre para medir las concentraciones de P4. En el segundo experimento, que incorporó a 256 búfalas, se aplicaron los mismos tratamientos y la inseminación se realizó 16 horas después del GnRH, realizando el diagnóstico de 30 días después de la IATF. Los resultados revelaron que el tratamiento con eCG aumentó significativamente el diámetro del folículo dominante, la tasa de ovulación, el diámetro del CL y las concentraciones de P4 4 días después de la inseminación, en comparación con el grupo sin eCG. Además, la tasa de fertilidad fue significativamente mayor en las búfalas tratadas con eCG (52.7% frente a 39.4% sin eCG), lo

que indica que el tratamiento con eCG favorece la respuesta folicular, la función lútea y la fertilidad en búfalas sometidas a un protocolo de sincronización para IATF durante la temporada no reproductiva.

En Costa Rica, se carece de estudios enfocados en la eficiencia de protocolos de IATF en búfalos. Sin embargo, Campos et al. (2022), debido a lo anteriormente mencionado, realizaron un análisis de datos sobre temas del manejo reproductivo en hatos bufalinos, así como del uso de biotecnologías reproductivas. Se analizaron artículos científicos, bases de datos, libros, entre otros, por lo cual obtuvieron como resultados, que los productores de búfalos en el territorio costarricense requieren de capacitación sobre aspectos reproductivos de sus búfalas. Por lo tanto, dicha investigación evidencia la necesidad de la adecuada introducción de las biotecnologías en los hatos bufalinos costarricenses, además de las ventajas que conlleva la aplicación de estas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en búfalas primíparas y multíparas de cuatro regiones del trópico bajo colombiano, mediante la elaboración y aplicación de un protocolo de selección de animales para la determinación de la adaptabilidad del programa de IATF a cada región, evaluando variables que conlleven a la probabilidad de preñez.

1.4.2. Objetivos específicos

Implementar un programa de clasificación de búfalas por medio de la evaluación de la condición corporal, parámetros reproductivos, y valoración del estado reproductivo para la incorporación de animales aptos a un protocolo hormonal de sincronización de IATF.

Determinar la eficiencia reproductiva del protocolo de IATF mediante la estimación del porcentaje de preñez para el establecimiento de la respuesta en cada región.

Relacionar las diferentes variables del manejo reproductivo por medio de un modelo de regresión logística para la verificación de factores influyentes en la probabilidad preñez.

1.5. Objeto de la investigación e hipótesis

1.5.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es la eficiencia reproductiva del programa de IATF aplicado en búfalas primíparas y multíparas de cuatro regiones del trópico bajo colombiano?

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Características óptimas para la selección de búfalas

2.1.1. Condición corporal (CC) en búfalas

Este método implica la evaluación visual de la puntuación de la condición corporal para la cuantificación subjetiva de las reservas de grasa corporal en las búfalas, además de tener relación con la fertilidad, dado que las hembras bufalinas con adecuada CC disminuirán la movilización de reservas corporales para los requisitos de supervivencia, por lo cual tendrán un mejor desempeño fisiológico reproductivo (Pfeifer et al., 2021).

Por lo tanto, la evaluación de la topografía anatómica del animal se realiza tomando como referencia la base de la cola, procesos transversos (alas horizontales) de las vértebras lumbares, los procesos espinosos (espinas dorsales) de las vértebras torácicas y lumbares, tuberosidad coxal, costillas y el aspecto de las masas musculares existente entre tuberosidades coxal e isquiática (Deniz, 2016). Cabe agregar que se utiliza el sistema estadounidense que aplica una escala de 1 a 5, con intervalos de 0.25, donde es 1 caquéctico, 2 delgado, 3 promedio o normal, 4 sobrepeso y 5 obeso (Cooke et al., 2021).

Figura 1.

Evaluación de la condición corporal en búfalas



Nota. (Agrocenter88,2020)

2.2. Parámetros productivos y reproductivos

2.2.1. Peso de la hembra bufalina para los programas de biotecnología reproductiva

Por lo general, el peso corporal óptimo para la incorporación a programas de biotecnología reproductiva de búfalas es de 420 kilogramos como mínimo, debido a que es un peso donde se considera que el animal logra mantener un estado fisiológico normal. Por lo tanto, las hembras no se ven afectadas por el

balance energético negativo. Sin embargo, búfalas adultas multíparas mantienen pesos de reproducción entre los 550 a 650 kilogramos (Easa et al., 2022).

2.2.2. Edad al primer servicio

La edad de inicio en la etapa reproductiva en hembras bufalinas es aproximadamente entre los 22-26 meses. Varios estudios previos confirman que existen búfalas que presentan celos con edades desde los 15 a 18 meses. Sin embargo, no son edades adecuadas para iniciar la etapa reproductiva, pues aún no son se encuentran reproductivamente maduras y pueden presentar repercusiones negativas (Romanda., 2018).

2.2.3. Días abiertos

Los días abiertos son uno de los parámetros más importantes dentro del ciclo reproductivo de la búfala y es considerado el factor que más limita la eficiencia reproductiva. Este parámetro se evalúa desde el periodo del parto hasta el momento en el que se confirma la siguiente preñez. Un parámetro ideal es de 45 días abiertos, pues la gestación de ellas tiene una duración de 10.5 meses, para lograr un parto por año deben cumplir con el periodo anteriormente mencionado. Sin embargo, en esta especie es posible que no se logre cumplir este parámetro, pues se considera que muchas de las hembras bufalinas en 45 días aún no han iniciado una reactivación ovárica ni han completado la involución uterina, también la influencia de otros factores como el fotoperiodo, nutrición, número de lactancias, entre otros (Tamboli et al., 2022).

2.3. Técnicas para evaluación del tracto reproductivo de la hembra

2.3.1. Palpación transrectal

La palpación transrectal es una técnica de evaluación reproductiva que consiste en introducir la mano vía rectal con un guante de palpación. Una vez la mano dentro, se procede a identificar puntos anatómicos de guía para evaluar los órganos reproductivos. El punto de referencia es buscar el piso pélvico y seguidamente el cérvix, ya que este a la palpación es una estructura rígida. Posteriormente, se debe seguir el cérvix en dirección cráneo ventral, en busca del cuerpo del útero, cuernos uterinos, ovarios y consecutivamente folículos y cuerpo lúteo (French et al., 2018).

Una vez localizados los cuernos uterinos estos deben de inspeccionarse para descartar alguna gestación temprana, evaluar la tonicidad que presenta y verificar la presencia o ausencia de alguna patología uterina como lo puede ser una metritis, endometritis o piometras. Luego debe tomarse la bifurcación del útero y retraerlo para exponer de una mejor manera los ovarios, con el fin de verificar si existe la presencia de CL, folículos o algún tipo de patología, como lo son los quistes foliculares, cuerpos lúteos persistentes, tumores de células de la granulosa, entre otros (Jurado, 2020).

2.3.2. Ultrasonografía reproductiva

La ultrasonografía o ecografía reproductiva es una de las herramientas tecnológicas que se han utilizado en los últimos años de manera esencial dentro de las biotecnologías reproductivas. La ecografía ha permitido el estudio y evaluación de las diferentes estructuras anatómicas del aparato reproductor, además de determinar el estado fisiológico en el que las búfalas

se encuentran. Como ventaja principal del uso de esta técnica, es la posibilidad de realizar una valoración con más exactitud del útero y ovarios, a diferencia de la palpación transrectal (Díaz et al., 2019).

El procedimiento para efectuar un examen ecográfico en las búfalas es semejante al que se realiza en la palpación transrectal; la diferencia reside en que la exploración del aparato reproductor se hace por medio de transductor lineal multifrecuencia y no a través del tacto. Se debe tomar en cuenta que la calidad de la imagen ecográfica es el efecto de la interacción de 4 factores: operador que realiza la técnica, máquina ultrasonográfica, ambiente y animal. No obstante, para lograr obtener una máxima precisión y seguridad en el estudio, la experiencia en el uso del equipo y una correcta interpretación son los aspectos más importantes (Abdelnaby et al., 2018).

2.4. Estatus del tracto reproductivo de la hembra bufalina

2.4.1. Estado del útero

El útero es un órgano importante en la reproducción, pues es el lugar donde se implanta y se desarrolla el embrión. Durante las diferentes etapas del ciclo estral, el útero experimenta cambios en su estructura y función. La duración del ciclo estral de la búfala es de alrededor de 21 días, dividiéndose en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro. Las hormonas liberadas en estas fases influyen la tonicidad del útero (Yama et al., 2022).

Por medio de la ecografía el útero se examina en toda su dimensión mediante cortes transversales, longitudinales y oblicuos. Cuando los cuernos se encuentran sin presencia de gestación es relativamente fácil su identificación, debido a que se visualiza en la pantalla, formas redondeadas,

de 2 a 4 cm de diámetro. El aumento del volumen en este órgano se genera por el incremento de vasodilatación, edema y la acumulación de líquidos intrauterino (Abdelnaby., 2020).

Mediante la ecografía es fundamental el diagnóstico de diferentes etapas patológicas del aparato reproductor, como la piometra, metritis, salpingitis, hidrosalpinx, entre otras (Abdelnaby., 2020).

2.4.2. Estado de los ovarios

La evaluación de los ovarios por medio de la palpación transrectal se realiza para la determinación de la presencia de folículos o cuerpos lúteos. Con respecto al examen ecográfico, los folículos se revelan por medio de imágenes anecoicas con forma redondeada o en estructuras irregulares por los folículos adyacentes. Las medidas de los folículos corresponden a las dimensiones del antro folicular y no incluye el diámetro de la pared, siendo estas menores a 8 mm cuando corresponden a anastro profundo y mayores a 8 mm indicando un anastro superficial (Stevenson, 2019).

El cuerpo lúteo mediante las imágenes ecográficas muestra una estructura hipocogénica y de forma redondeada con 1.5 a 3.5 cm de tamaño que corresponden a los diferentes estadios del CL hemorrágico, CL maduro o CL en regresión (Silva et al., 2018).

Las patologías que se pueden encontrar comúnmente por medio de la ultrasonografía y palpación transrectal a nivel ovárico son: hipoplasia ovárica, quistes, ooforitis y tumores de células de la granulosa y de la teca (Stevenson, 2019).

2.5. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF)

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) es una técnica de biotecnología reproductiva que, por medio de la utilización secuencial de hormonas, accede a sincronizar los celos y ovulaciones de las hembras bufalinas, permitiendo hacer posible inseminar una gran cantidad de animales en un período establecido (Pearodwong et al., 2020).

Esta técnica radica en intervenir en el ciclo estral de la hembra por medio de la utilización de hormonas. El control del ciclo estral se logra mediante la utilización de los dispositivos intravaginales que contienen progesterona, siendo la hormona que controla el ciclo estral al bloquearlo y una vez retirado ocasiona que se dé una reanudación para que las hembras ovulen simultáneamente. El uso de las prostaglandinas y los estrógenos colaboran en sincronizar la ovulación y optimizan la calidad de los folículos (Núñez et al., 2022).

2.6. Diagnóstico de preñez en hembras bufalinas

En la actualidad, el uso de la ecografía para el diagnóstico temprano de la gestación o determinación temprana del feto es cada vez más utilizada entre los médicos veterinarios dedicados a la reproducción de búfalas.

Investigaciones previas al respecto revelan imágenes embrionarias y fetales desde 3.5 – 4.0 mm alrededor del día 20, hasta 64.5 – 67.5 mm a los 2 meses de preñez (Samir et al., 2019).

En lo que respecta a la morfología del embrión, este se logra observar con una fina línea con forma de herradura alrededor de los 20 a 25 días de

gestación, también se puede visualizar los latidos del corazón que es indicativo de signo vital del embrión, aproximadamente entre los 25 – 27 días. Además, se puede diferenciar el embrión como un punto blanco (ecogénico) dentro de una zona negra (anecogénica) conocida como vesícula embrionaria (Esposito et al., 2020).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

Este proyecto se desarrolló en cuatro regiones del trópico bajo de Colombia, entre los meses de mayo a diciembre del 2024. Dichas zonas, se detallan en el cuadro 1 según su ubicación, condiciones climáticas y tipo de producción.

Cuadro 1.

Regiones del trópico bajo de Colombia según geografía, condiciones de clima y la producción que predomina.

Región	Ubicación	Humedad relativa	Precipitación Anual	Tipo de producción
Llanos Orientales	Departamento del meta, Puerto López	75-80%	2000-2500 mm	Ganadería
Magdalena medio	Departamento Boyaca, municipio Puerto Boyaca	80-85%	2500-3000 mm	Minería, pesca, Ganadería
Sur del Cesar	Departamento del Cesar, municipio Pelaya	75-80%	1500-2000 mm	Ganadería, minería
Costa Caribe	Departamento de Córdoba, municipio Pueblo Nuevo	80-85%	1500-2000 mm	Turismo, Ganadería, agricultura

Fuente: Propia. Adaptado de (Ayala et al., 2017; Galvis, 2017; Londoño y López, 2021)

3.2. Muestra y su selección

La muestra constó de un total de 738 búfalas primíparas y multíparas, a las cuales se les realizó una evaluación que incluía análisis de datos reproductivos, observación de condición corporal, palpación transrectal y uso de ultrasonografía reproductiva para evaluar el estado ovárico y uterino. Esto con el fin de verificar los estándares requeridos para las hembras en estudio y así correlacionar los datos obtenidos con la eficiencia del protocolo de IATF. Los parámetros de inclusión que las búfalas debían cumplir son los siguientes:

- Primípara o multípara
- Útero y ovarios sin patologías (piometra, metritis, salpingitis, hidrosalpinx, quistes paraováricos, adherencias, úteros ecogénicos o quistes luteales)
- Condición corporal: $\geq 2,75$ - ≤ 4.5
- Edad: ≥ 34 meses - ≤ 228 meses
- Días abiertos: ≥ 40 - ≤ 150 días
- Número de partos: ≥ 1 partos ≤ 13
- Búfala ciclando o en anestro

3.3. Métodos

3.3.1. Programa de preselección de búfalas para protocolo de IATF

Se realizó una evaluación individual a cada hembra bufalina, donde se tomó en cuenta la condición corporal, evaluación de parámetros productivos y reproductivos, así como también los resultados de la palpación transrectal y ultrasonografía reproductiva.

3.3.1.1 Registros productivos y reproductivos

En lo que respecta a la valoración de los registros de los parámetros productivos y reproductivos, los animales debían cumplir con las características de inclusión descritas en el apartado 3.2.

3.3.1.2. Evaluación de la condición corporal (CC)

Para la evaluación de la condición corporal se realizó una inspección de sitios anatómicos, los cuales que se detallan en el cuadro 2. Se brindó una puntuación de 1 a 5, donde 1 era una búfala en estado caquético y 5 en estado de obesidad (Bertoni et al., 2020; Sánchez et al., 2017). Cabe mencionar que, el médico veterinario a cargo del proyecto, brindó un 3 y 3,5 como puntuación ideal. Además, el rango que se utilizó fue de 2,75 como mínimo y de 4.5 como máximo. Por lo tanto, búfalas fuera de dicho rango, no ingresaron al protocolo.

Cuadro 2.

Puntuación de la condición corporal de búfalas con respecto a los sitios anatómicos evaluados

Condición corporal (1 a 5)	Base de la cola	Apófisis espinosas de las vértebras lumbares	Apófisis espinosa y transversal	Apófisis transversas	Cresta sacra	Aspecto del hueso pélvico	Aspecto general de la línea entre la cadera
1= Caquética	Huesos visibles, cavidad en forma de V	Apófisis espinosa sobresaliente	Depresión profunda	Más de la mitad de la apófisis transversa es visible	Visibilidad muy marcada	Depresión severa	Depresión severa
2= Flaca	Huesos prominentes, cavidad en forma de U	Apófisis espinosa evidente	Depresión notable	Más de un tercio de la apófisis transversa es visible	Visible convexidad	Depresión definida	Depresión definida
3= Media	Huesos poco visibles, cavidad poco profunda	Apófisis individualmente poco diferenciadas	Curvatura cóncava suave	Menos de un cuarto	Ligera convexidad	Depresión poco visible	Depresión poco visible
4= Gorda	Huesos rodeados de grasa	Apófisis espinosa poco evidente	Casi plana	Bordes suavemente arredondados	Apariencia suave	Ligera depresión	En pendiente
5= Obesa	Cavidad rellena de grasa	Apófisis espinosa rellena de grasa	Apariencia arredondeada	Apófisis rodeadas de grasa	Apariencia plana	Apariencia redonda	Apariencia redondeada

Fuente: Propia. Adaptado de (Alapati et al., 2010).

3.3.1.3. Evaluación del estatus reproductivo

Se realizó una evaluación del sistema reproductivo de las hembras pre seleccionadas mediante dos métodos principales. En primer lugar, se llevó a cabo una palpación transrectal, tal como se detalló en la sección 2.3.1. Además, se empleó la técnica de ultrasonografía reproductiva mencionada previamente en la sección 2.3.2. Para este propósito, se utilizó un equipo ultrasonográfico de la marca Sonoscape A5V® equipado con una sonda lineal multifrecuencia.

El objetivo de estas evaluaciones fue determinar el estado reproductivo de las hembras y examinar las distintas estructuras asociadas al ciclo reproductivo. Esto permitió confirmar la idoneidad de las búfalas para el ingreso al protocolo de IATF. Cabe destacar que se descartaron aquellas hembras que presentaron cualquier tipo de patología reproductiva, conforme se describe en la sección 3.2.

3.3.2. Aplicación de protocolo de IATF

Una vez concluida la evaluación reproductiva, se realizó el protocolo hormonal para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), siguiendo el descrito por Carvalho et al., (2013), el cual se ejecutó de la siguiente manera:

- **Día 0:** Se aplicaron dispositivos intravaginales de progesterona 1,0 g (CIDR), más 2,0 mg de (BE).
- **Día 9:** 4 p.m se retiraron los dispositivos intravaginales, además se administró 0,150 mg de D (+) cloprostenol sódico (PGF2 α) más 400 UI de (eCG).
- **Día 11:** Por último, se colocaron de 12,4 μ g de acetato de buserelina.

- **Día 12:** Finalmente, 16 horas post aplicación de acetato de buserelina se realizó la inseminación artificial a tiempo (IATF).

Figura 2.

Esquema del protocolo de IATF utilizado



3.3.3. Evaluación de respuesta al protocolo de IATF

Antes de llevar a cabo la inseminación Artificial a Tiempo Fijo, se realizó una evaluación de las características específicas relacionadas con la respuesta al protocolo empleado. Estas características para su evaluación se encuentran detalladas en el Cuadro 3.

Por su lado, las hembras bufalinas que no cumplieron con estas características no fueron aptas para ingresar a la IATF.

Cuadro 3.

Criterios de selección de búfalas en estudio previo a IATF

Variable	Criterio de inclusión
Folículo preovulatorio	Presente \geq 10 mm
Tono uterino	De grado 1 a 4
Muco vaginal	Presente o ausente con presencia de folículo preovulatorio Coloración blanco o transparente

Fuente: Propia

3.3.4. Diagnóstico de preñez

El diagnóstico de preñez se efectuó a partir de los 30 días posteriores a la IATF. Para efectuar el diagnóstico de gestación, se utilizó la técnica de ultrasonografía reproductiva descrita anteriormente en el apartado 2.7. Durante esta evaluación, se buscó confirmar la presencia de la vesícula embrionaria y se observó la ecogenicidad anecoica en el útero, indicativa de la presencia de líquido, lo que es un signo temprano de gestación.

3.3.5. Resincronización

Las hembras bufalinas que, durante el diagnóstico de preñez, fueron confirmadas como vacías, se sometieron a una resincronización. El número de búfalas a resincronizar fue determinado por los criadores, y se incluyeron en el estudio siempre que efectuaran con los criterios de selección establecidos previamente, la razón de la resincronización es lograr un aumento en el número de preñez.

3.4. Descripción de variables

Se construyeron categorías múltiples para las diferentes variables con el fin de analizar cómo se relacionaron éstas con la preñez. Las variables se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4.

Descripción de las variables productivas, reproductivas y sus respectivas categorías

Variable	Tipo de variable	Categorías
Gestación	Catagórica, Dependiente	0: vacía, 1: Preñada
Edad	Cuantitativa, continua, independiente	1: 34 meses, 2:35– 45 meses, 3: 46-56 meses, 4: 57- ≤ 228 meses.
Partos	Cuantitativa, discreta, independiente	1: 1 parto, 2: 2-5 partos, 3: 6-8 partos, 4: 9-12, 5: ≥ 13 partos.
Días abiertos	Cuantitativa, discreta, independiente	1: 40 días, 2: 41- 60 días, 3: 61-80 días, 4: 81- 100 días, 5: 101 – 120 días. 6:121-150 días.
Condición corporal	Cuantitativa, continua, independiente	1: 2,75 CC, 2: 3- 3.5 CC, 3: 3.5- 4 CC, 4: 4-4.5 CC
Búfala en anestro	Cuantitativa, continua, independiente	1: Anestro profundo Folículos < 8 mm 2: Anestro superficial Folículos >8-9 mm
Estro	Cuantitativa, continua, independiente	1: Folículos > 9 mm
Tono del útero	Cuantitativa, nominal, independiente.	1: Tónico 2: Flácido
Ciclicidad	Cuantitativa, nominal, independiente	0: No ciclando 1: Ciclando
Folículo preovulatorio	Cuantitativa, continua, independiente	1: ≥ 10 mm 2: ≥11-12 mm 3: ≥13-16 mm
Tono uterino	Cualitativa, nominal, independiente	1: grado 1, 2: grado 2, 3: grado 3, 4: grado 4.
Muco vaginal	Cualitativa, nominal, independiente	0: Ausente, 1: Cristalino, 2: Blanquecino.
Región	Cualitativa, nominal, independiente	1: Costa Caribeña, 2: Sur del Cesar, 3: Llanos Orientales, 4: Magdalena Medio

Fuente: Propia

3.5. Análisis de datos y método estadístico

Se realizó un análisis exploratorio de los datos que abarcó el cálculo de medidas de tendencia central y dispersión, así como la construcción de tablas de frecuencia. Este análisis permitió caracterizar de manera general la muestra analizada, valorar la conversión de variables continuas en categóricas y detectar posibles errores en los datos.

Posteriormente, se empleó la técnica de regresión logística para evaluar el efecto de variables predictoras en la probabilidad de gestación en búfalas. Este modelo se ajustó utilizando el método de máxima verosimilitud a través de la función glm en el entorno de programación R (R Core Team, 2022). La estructura del modelo se describe mediante la fórmula:

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Donde p representa la probabilidad de gestación y $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_n$ son los coeficientes de regresión estimados para cada variable independiente, las cuales se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5.

VARIABLES INDEPENDIENTES EVALUADAS EN EL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Variable	Coefficientes
Región	Efecto fijo de la región (1= Costa Caribeña, 2= Sur del Cesar, 3= Llanos Orientales, 4= Magdalena Medio)
Condición corporal	Efecto fijo ligado a la condición (Escala 1-5)
Edad	Efecto fijo ligado a la edad (Edad en meses)
Días abiertos	Efecto fijo ligado al posparto (Días postparto)
Número de parto	Efecto fijo ligado al parto (Cantidad de partos)
Tipo de anestro	Efecto fijo ligado al tipo de anestro (1: superficial, 2: profundo)
Estro	Efecto fijo ligado al celo (1: Estro)
Ciclicidad	Efecto ligado a la presencia de Cuerpo lúteo (0: ausente, 1: presente)
Folículo preovulatorio	Efecto fijo ligado a la respuesta Folículo preovulatorio (0= Ausente 1: Presente <10 mm 2: presente > 10 mm)
Tono uterino	Efecto fijo ligado a Edema uterino (Grado de 1 a 4)
Muco cervical	Efecto fijo ligado a Muco cervical (0= Ausente,1= Transparente,2=Blanco)
ID semen	Efecto fijo ligado al macho (ID pajillas)

Fuente: Propia

Los coeficientes estimados del modelo se interpretaron para entender el efecto relativo de cada variable predictora sobre la probabilidad de gestación en las búfalas, considerando como variables significativas aquellas con valor de $p < 0.05$. Además, se llevó a cabo pruebas de comparaciones múltiples utilizando la

biblioteca “emmeans” para evaluar las diferencias entre las categorías de las variables categóricas significativas.

El porcentaje de preñez se obtuvo por medio de la aplicación de la siguiente fórmula $\frac{\text{Búfalas preñadas}}{\text{Búfalas servidas}} \times 100$, el resultado de esta fórmula reveló el porcentaje de preñez por región, permitiendo identificar la eficiencia reproductiva.

Para valorar la relación entre el porcentaje de preñez y la región, se empleó una prueba de Chi cuadrado. En cuanto a la comparación de los porcentajes de preñez entre las regiones en las búfalas re sincronizadas, se utilizó la prueba exacta de Fisher por poseer menos de cinco observaciones. Estas dos pruebas permitieron relacionar las diferencias en las tasas de preñez en función a la región, tanto para el grupo sincronizado, como para el re sincronizado y así se estableció la diferencia significativa a nivel estadístico ($p\text{-value} \Rightarrow 0.05$).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Incorporación de hembras bufalinas aptas a protocolo de sincronización de IATF

Se incluyeron 738 búfalas a un protocolo de sincronización para IATF, donde la edad promedio de los animales fue de 91.23 ± 35.99 meses, con un número promedio de partos de 3.69 ± 2.38 , un período de días abiertos de 82.26 ± 34.50 días y una condición corporal promedio de 3.48 ± 0.19 .

En cuanto a las variables categóricas relacionadas al protocolo de sincronización, los resultados se detallan en el cuadro 6, donde se presenta la distribución de las hembras según cada categoría evaluada, junto con la frecuencia absoluta y el porcentaje correspondiente.

Cuadro 6.

Distribución de frecuencia absoluta de hembras bufalinas con respecto a las variables categóricas evaluadas para la inclusión al protocolo de IATF en estudio

Variable	N	%
Número de parto		
Primíparas	215	29.13
Múltiparas	523	70.87
Tipo de anestro		
Anestro superficial	361	48.92
Anestro profundo	179	24.25
Estro		
Celo	198	26.83
Ciclicidad		
No ciclando	704	95.39
Ciclando	34	4.61
Estado del útero		
Útero tónico	46	6.23
Útero flácido	692	93.77
Patologías		
Presentes	0	0

Fuente: Propia.

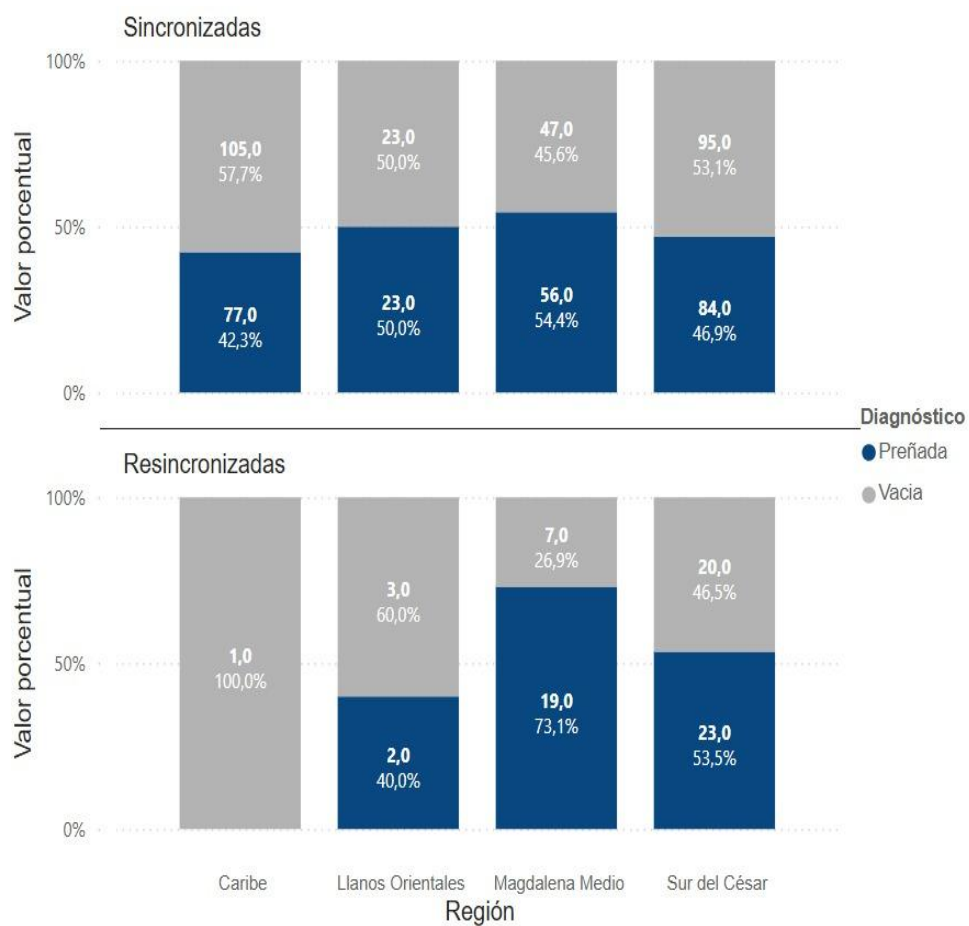
De las 738 hembras que fueron incluidas en el protocolo de IATF, un 69.11% (510/738) fueron inseminadas, ya que presentaron un folículo preovulatorio >10 mm como respuesta al protocolo hormonal aplicado. El restante 30.89 % (228/738) de hembras no fue inseminado, ya que presentaron ausencia del folículo preovulatorio. Con respecto a las 116 búfalas re sincronizadas, un 65.52% (76/116) se lograron inseminar gracias a la presencia del folículo preovulatorio con las medidas establecidas, mientras que un 34.48% (40/116) no se inseminó por carecer del folículo preovulatorio.

4.2. Análisis de porcentaje de preñez en cada una de las cuatro regiones del trópico bajo colombiano para el establecimiento de la respuesta de eficiencia reproductiva del protocolo de IATF

En el análisis del porcentaje de preñez por región (Figura 3), se observó que, durante la primera sincronización, la región del Magdalena Medio registró el mayor porcentaje de preñez (54.47%), mientras que la región del Caribe presentó el valor más bajo (42.32%). Sin embargo, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre las cuatro regiones evaluadas ($p=0.259$). Un comportamiento similar se observó en las búfalas sometidas a resincronización, donde tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.208$). Estos resultados sugieren que no hay evidencia suficiente para establecer un efecto regional definido sobre el protocolo de IATF en el porcentaje de preñez.

Figura 2.

Porcentaje de preñez obtenido por región en la sincronización y resincronización de hembras bufalinas en estudio.



4.3. Asociación de variables del manejo reproductivo para verificación de factores influyentes en la probabilidad preñez en búfalas primíparas y multíparas

A través del modelo de regresión logística binomial mixta, con la preñez como variable dependiente (1 = preñada, 0 = no preñada), se evaluaron diversos factores explicativos. Los efectos fijos estimados incluyeron: región, tono uterino, folículos preovulatorios, tipo de anestro, ciclicidad, condición corporal, moco vaginal, edad, número de partos y días abiertos. Adicionalmente, se incorporó el macho utilizado como efecto aleatorio.

El análisis del efecto aleatorio proporcionado al macho proyectó una varianza de 0.565, con una desviación estándar de 0.752, mostrando una variabilidad moderada en la capacidad reproductiva entre individuos. Este efecto afectó de forma positiva a la probabilidad de preñez, sugiriendo diferencias apreciables entre los machos empleados en el programa de IATF.

En cuanto a las regiones evaluadas en el estudio, no se observaron asociaciones estadísticamente significativas con la probabilidad de preñez ($p > 0.05$) en los cuatro casos, lo cual muestra que la región no representó un factor determinante en los resultados para la evaluación de la eficiencia sobre el protocolo de IATF.

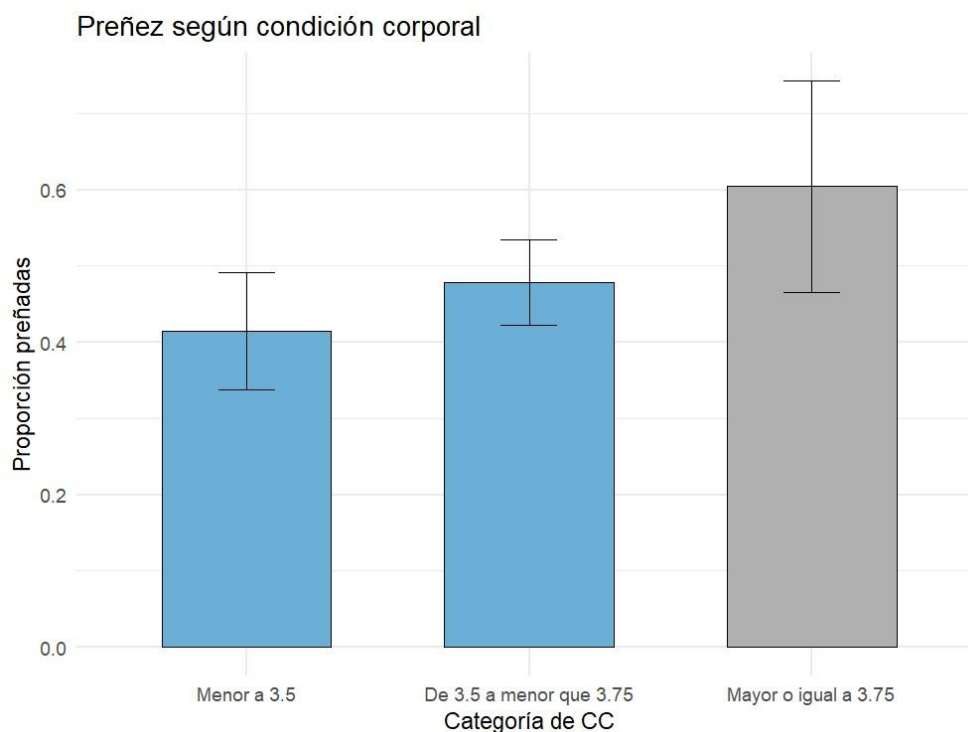
De manera similar, las variables tono uterino, tipo de anestro, presencia de moco vaginal, edad, número de partos y días abiertos no mostraron significancia

estadística ($p > 0.05$), por lo que no se contemplan como factores influyentes sobre la probabilidad preñez dentro del modelo estadístico aplicado.

Por el contrario, se identificaron tres factores con efectos significativos sobre la respuesta reproductiva: la condición corporal (CC), el tamaño del folículo preovulatorio y búfalas ciclando. En relación con la condición corporal, las búfalas con $CC \geq 3.75$ presentaron una mayor probabilidad de preñez ($p = 0.007$), lo que se traduce en un incremento de 2.81 veces en la probabilidad de preñez en comparación con aquellas con CC inferior a ese valor. Aunque el grupo con $CC < 3.75$ no mostró significancia ($p = 0.234$), la diferencia entre categorías fue clara en términos de efecto sobre el resultado reproductivo.

Figura 3.

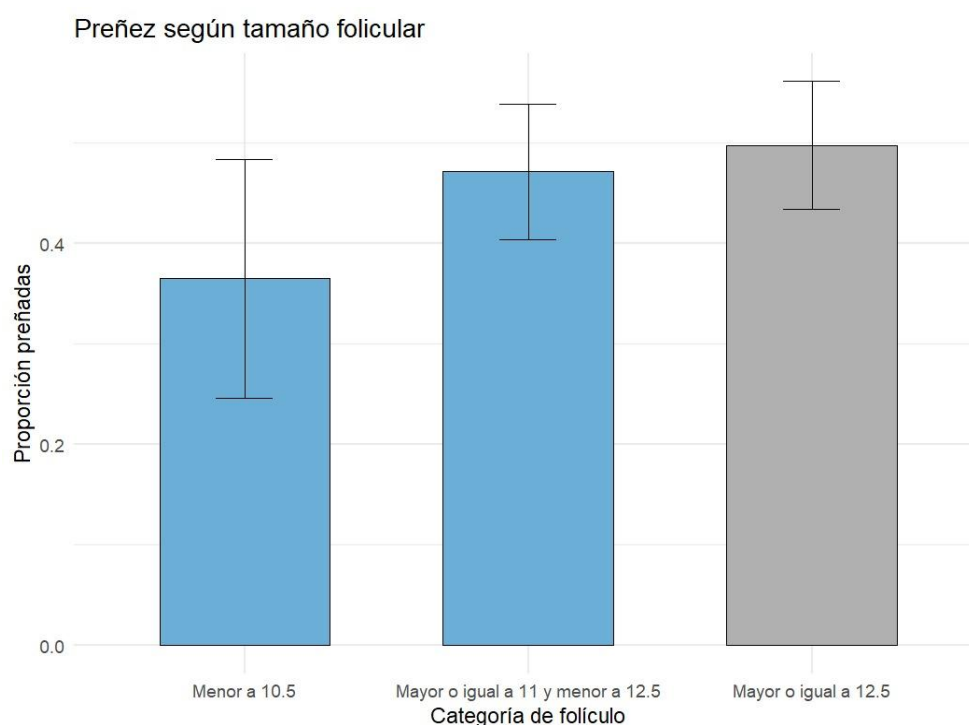
Relación de la condición corporal y la probabilidad de preñez.



En relación con el tamaño folicular, los animales con folículos ≥ 12.5 mm también mostraron una asociación positiva con la preñez ($p=0.021$), aumentando en 2.19 veces la probabilidad de preñez frente a aquellos con folículos ≤ 11 mm, manteniendo constantes las demás variables.

Figura 4.

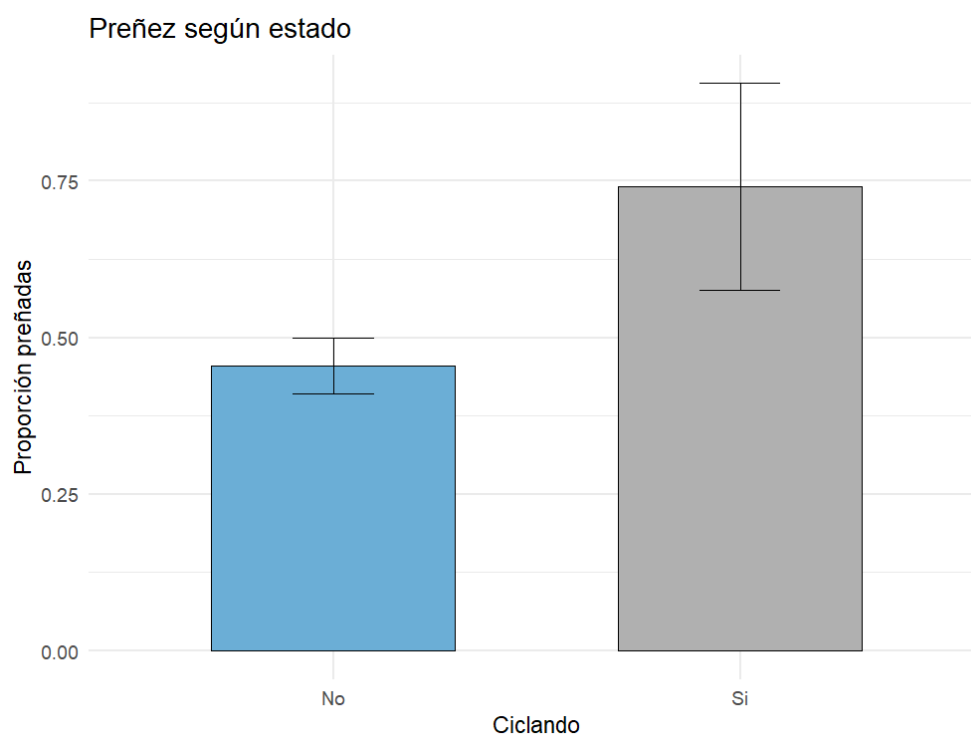
Relación del folículo preovulatorio con la probabilidad de preñez



En lo que respecta con las búfalas que presentaban actividad cíclica antes de la ejecución del protocolo de IATF evaluado, se observó que esta condición tuvo un resultado significativamente positivo sobre la tasa de preñez ($p < 0.005$). La presencia de ciclicidad ovárica previa al tratamiento incrementó en 4.5 veces la probabilidad de preñez, lo cual destaca la importancia del este estado reproductivo al momento de aplicar programas de sincronización.

Figura 5.

Relación de la ciclicidad con la probabilidad de preñez



Por su lado, los análisis post hoc revalidaron que la condición corporal tiene un efecto importante sobre la preñez. En especial, las búfalas con una condición corporal ≥ 3.75 , ya que estas tuvieron una mayor probabilidad de quedar preñadas en comparación con aquellas con menor condición (OR=0.355; $p=0.022$). En cuanto al tamaño del folículo preovulatorio, aunque el análisis general del modelo mostró que los folículos preovulatorios de 12.5 mm o más, si aumentan la probabilidad de preñez ($p=0.021$), esta diferencia no fue estadísticamente significativa en las pruebas post hoc ajustadas (OR=0.456; $p=0.061$). Esta falta de significancia puede corresponder a que las pruebas post hoc son más precisas para evitar errores al comparar varios grupos al mismo tiempo. También puede intervenir el tamaño de la muestra o la variabilidad natural

en el desarrollo de los folículos en las búfalas, lo que hace que, aunque el efecto exista, no sea tan fácil de revelar estadísticamente.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1. Clasificación de búfalas aptas para la incorporación a protocolo de IATF por medio del establecimiento de parámetros productivos, reproductivos, condición corporal y evaluación del estado reproductivo

El ingreso de 738 hembras bufalinas al protocolo de IATF aplicado, se realizó bajo criterios de selección tanto productivos como reproductivos. Estos fueron: edad junto con el número de partos, condición corporal, la actividad ovárica y estado uterino (tonicidad). Dichos parámetros han sido ampliamente reportados en otras evaluaciones de búfalas para el éxito reproductivo de este tipo de biotecnologías (Barile et al., 2021; Campanile et al., 2022).

El promedio de edad (91.23 meses) y número de partos (3.69) mostró una población mayoritariamente formada por animales múltiparos, esto se confirma con el 70.87% de hembras en esta categoría. Datos que se alinean con lo concluido por Neglia et al. (2020), en donde mencionan que existe una mejor respuesta a protocolos de IATF en búfalas múltiparas, debido a que presentan una mayor madurez endocrina y una menor demanda energética con respecto a las primíparas.

Por otro lado, el 95.39% de las hembras que ingresaron al programa, se encontraron en estado de anestro al momento de la aplicación del protocolo, hallazgo común en esta especie, debido a factores como la estacionalidad, fotoperiodo, balance energético negativo postparto y el estrés térmico. Esto se

debe a que el reinicio de la ciclicidad ovárica se ve perturbada significativamente por estos factores en la especie bufalina (Hussein et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2023). Y es por esto que a través de los años se han buscado estrategias que ayuden a acortar los días abiertos en las hembras que se ven afectadas por estas variables ambientales y de manejo.

Sin embargo, a pesar de su estado reproductivo, la respuesta al protocolo de IATF fue favorable, debido a que el 69.11% de las búfalas incluidas en el protocolo, fueron inseminadas, ya que presentaron un folículo preovulatorio de ≥ 10 mm. Esto explica que la inducción hormonal generó una adecuada sincronización del crecimiento de la onda folicular, probablemente mediada por el uso de hormonas como el dispositivo de liberación controlada de progesterona, gonadotropina coriónica equina y gonadotropinas, tal como lo han demostrado evaluaciones recientes de Baruselli et al. (2022) y D'Occhio et al. (2021). Esto además va de la mano con la selección previa de animales.

El hecho de que el 30.89% de las hembras incluidas no hayan respondido al protocolo, por ausencia o deficiencia en el desarrollo del folículo preovulatorio, puede estar relacionado con factores como el tipo de anestro, ya que esto afecta la respuesta a los tratamientos hormonales. Esto coincide con lo reportado por Khatun et al. (2022), en donde evidenciaron que los animales en anestro profundo suelen exhibir una baja sensibilidad a los tratamientos de sincronización, debido a la inactividad total del eje hipotálamo-hipófisis-gónada.

Por otra parte, la alta respuesta obtenida en la resincronización (65.52%) afirmó la importancia de conocer y aprovechar el efecto hormonal causado en

hembras que en primera instancia no respondieron hormonalmente, pero que al ser incluidas nuevamente a un segundo protocolo hormonal van a tener una mejor respuesta. Este hallazgo se respalda con lo expuesto por El-Sheikh Ali et al. (2020), quienes enfatizaron la garantía de los protocolos de resincronización en mejorar la eficiencia de los programas de IATF, esencialmente en hatos con alta incidencia de cualquier tipo de anestro. Las resincronizaciones tienen como finalidad lograr un aumento en el número de hembras preñadas dentro de un hato.

5.2. Asociación del porcentaje de preñez en búfalas de las cuatro regiones del trópico bajo colombiano para el establecimiento de la eficiencia reproductiva de protocolo de IATF

Los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de preñez por región podrían estar relacionados con la similitud en el manejo reproductivo y/o nutricional aplicado en los diferentes sistemas productivos incluidos en el estudio. Lo cual podría haber atenuado los posibles efectos ambientales o de manejo propios de cada región.

Además, cabe valorar la influencia de otros factores individuales como la condición corporal, la edad o la categoría fisiológica de las búfalas, ya que estos aspectos podrían tener un mayor peso en el éxito reproductivo del protocolo de IATF evaluado en las cuatro regiones del trópico bajo colombiano. Así como la preselección hecha a los individuos que iban a formar parte de la investigación y que en todos los casos se aplicó el mismo protocolo hormonal. Yendo en

concordancia con lo que mencionan Barile et al. (2021), sobre cómo el efecto de realizar una estandarización en los programas de biotecnologías reproductivas en búfalas mejora la eficiencia en el resultado de los protocolos de IATF aplicados, independientemente de la región a evaluar.

El hecho de que la región no representara un factor significativo en los resultados de preñez en las búfalas sometidas al protocolo hormonal también coincide con lo reportado por Octava et al. (2021). Además, Ahmad et al., (2020), también concluyen que la región no posee impacto significativo sobre el porcentaje de preñez en programas de IATF y sugieren que otros factores como la nutrición y el manejo pueden ser más determinantes sobre el porcentaje de preñez.

Finalmente, los datos obtenidos en esta investigación no brindan evidencia estadísticamente significativa para establecer un efecto regional claro sobre el porcentaje de preñez en búfalas sometidas al protocolo de IATF evaluado. Lo que sugiere que el programa de sincronización y re sincronización evaluado podrían aplicarse con resultados similares en distintas zonas del país, siempre que se las condiciones de manejo y selección sean equivalentes a las utilizadas en este estudio.

5.3. Asociación de variables de manejo reproductivo en búfalas primíparas y multíparas con respecto a factores influyentes en la preñez

La condición corporal (CC) fue un indicador crucial sobre el estado nutricional y balance energético de los animales, comprometiendo claramente su capacidad reproductiva. Por ello, las búfalas con una CC ≥ 3.75 presentaron una probabilidad significativamente mayor de preñez, resultado similar a lo reportado por Koza et al. (2021), quienes hallaron que una CC adecuada ($\geq 3,5$), está asociada con mejores tasas de concepción en búfalas. Una CC óptima brinda reservas energéticas capaces para soportar los procesos fisiológicos de la reproducción, como la ovulación y la implantación embrionaria. Además, López y Rojas (2024), reportaron que búfalas con CC entre 3,5 – 4, tenían mayores tasas de preñez por IATF en comparación con aquellas con CC baja o excesiva. Por otra parte, Baruselli et al. (2013) hallaron que búfalas con una CC por encima de 3,5 y 3,75 presentan una mayor tasa de respuesta a los protocolos de IATF, lo que se traslada en mejores tasas de preñez. Asimismo, Campanile et al. (2010), descubrieron que búfalas con CC superiores a 3,5 en la escala de 1 a 5, incrementaron su eficiencia reproductiva en esta especie, especialmente durante el período de anestro tanto del posparto como estacional.

En lo que respecta al tamaño del folículo preovulatorio, los resultados son semejantes a los obtenidos por Pandey et al. (2018), en los cuales confirman la influencia de los efectos del tamaño del folículo preovulatorio sobre la tasa de preñez en búfalas, concluyendo que los folículos preovulatorios con diámetros

entre 12 y 16 mm son suficientemente adecuados para convertirse en cuerpos lúteos aptos para la secreción de concentraciones de progesterona que pueden mantener la preñez en búfalas, siendo una variable altamente relevante de evaluar en la adaptación de programas de IATF para esta especie. Este hallazgo también coincide con lo afirmado por Sánchez et al. (2019), quienes pudieron demostrar que el tamaño del folículo preovulatorio al momento de la ovulación está positivamente correlacionado con las tasas de preñez en búfalas. Rajput et al. (2024), señalaron que, folículos preovulatorios de tamaño mayor a 12 mm están relacionados con una mejor calidad del oocito y una mayor capacidad para la fertilización. En tanto, Stella et al. (2018) citan que el éxito de la tasa de preñez en relación con el folículo preovulatorio, se debe al estímulo hormonal inducido por los protocolos de IATF suministrados, especialmente en aquellos en los que se utiliza la gonadotropina coriónica equina (eCG), lo que concuerda con lo llevado a cabo en este estudio. Así también, Carvalho et al. (2020) refuerzan esta teoría, afirmando que el uso de protocolos de IATF en búfalas con eCG y GnRH en combinación, mejoran la tasa del crecimiento folicular y ovulación, lo que se ve representado en una mayor eficiencia en el protocolo de IATF aplicado y mejores tasas de preñez. Esto, además, brinda un beneficio con respecto al porcentaje de preñez tanto en temporada reproductiva como fuera de esta.

En el presente estudio, se observó que las búfalas que presentaban actividad cíclica antes de la sincronización mostraron una significancia estadística positiva sobre la probabilidad de preñez. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas de Baruselli et al. (2023), que destacan la importancia del estado

fisiológico del animal al momento de aplicar programas de sincronización, respaldando que la respuesta a protocolos de sincronización, es significativamente mejor en búfalas cíclicas en comparación con las acíclicas, especialmente durante la temporada reproductiva. También, (Baruselli et al., 2018; Carvalho et al., 2013), afirman que cuando hembras que son sometidas a protocolos de IATF presentan actividad cíclica, el ambiente endocrino beneficia una respuesta fisiológica más eficiente a estas intervenciones hormonales, beneficiando una sincronización segura del estro y, en consecuencia, optimizando las probabilidades de preñez. Por tanto, la evaluación del estado reproductivo de las búfalas previo al inicio de protocolos de IATF establece una estrategia esencial para optimizar los resultados en programas de reproducción asistida, principalmente en países tropicales donde las variaciones estacionales pueden perturbar la expresión del estro y la funcionalidad ovárica.

En este estudio, no se evidenció una relación significativa entre las variables de región, tono uterino, tipo de anestro, estro, moco vaginal, edad, número de partos y días abiertos con la probabilidad de preñez en las búfalas. Esta no asociación podría deberse a varios factores. Primero, es probable que estas variables no generen un impacto directo en la fertilidad, como se ha sugerido en estudios previos. Sin embargo, factores como la edad o el número de partos pueden intervenir en la capacidad reproductiva, su efecto en la probabilidad de preñez podría ser menor en comparación con otras variables, como la condición corporal o el tamaño del folículo preovulatorio, que han señalado tener una correspondencia más directa y significativa con la fertilidad.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos no brindaron evidencia estadísticamente significativa para definir un efecto regional claro sobre el porcentaje de preñez en búfalas. Lo que sugiere que los programas de sincronización y resincronización evaluados podrían aplicarse con resultados comparables en distintas zonas del país, siempre que se mantengan condiciones de manejo y selección similares.

Los resultados obtenidos enfatizan la importancia de realizar una evaluación reproductiva previo a la aplicación de protocolos de sincronización, determinando el estado de ciclicidad de las búfalas. Asimismo, la evaluación del desarrollo del folículo preovulatorio previo a la inseminación, junto con el mantenimiento de una condición corporal adecuada, son factores precisos para el éxito reproductivo. Estas evaluaciones permiten mejorar la tasa de preñez y disminuir significativamente fallas asociadas a los tratamientos hormonales empleados en los programas de IATF.

La variabilidad en la dinámica de crecimiento del folículo preovulatorio y la influencia del macho son factores adicionales que se deben de considerar en la ejecución de programas de reproducción asistida en búfalas.

Las variables de región, tono uterino, tipo de anestro, moco vaginal, edad, número de partos y días abiertos no mostraron una relación significativa con la probabilidad de preñez en este estudio. Esto podría deberse a que estas variables no brindan un impacto directo en la fertilidad y a que su efecto es menor en comparación con la CC y el tamaño del folículo preovulatorio.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

Implementar protocolos de IATF estandarizados en las distintas regiones del trópico bajo colombiano. Dado que no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre regiones con el protocolo evaluado. Sin embargo, para que los programas puedan aplicarse con resultados similares se deben presentar condiciones homogéneas en las unidades productivas, esencialmente en lo respecta al manejo nutricional y estado reproductivo.

La condición corporal implicó ser un factor concluyente en la probabilidad de preñez. Por tanto, se aconseja que búfalas que ingresen a los programas de IATF, presenten como mínimo una CC igual o superior a 3.75. Para esto, se recomienda la planificación de programas de nutrición que brinden un adecuado balance energético, dando de esta manera una mejor eficiencia en la respuesta los protocolos de IATF a utilizar.

Revisar previamente a la inseminación los folículos preovulatorios, es de vital importancia, ya que aquellos con un diámetro igual o mayor a 12.5 mm se asocian con mayores tasas de concepción, creando un criterio útil y fácil de evaluar para aumentar la efectividad de los programas de IATF, especialmente cuando se aplica eCG y GnRH, como en el protocolo de estudio.

El éxito de los protocolos de IATF en búfalas se encuentran estrechamente relacionados con la condición fisiológica de esta especie, en particular con su estado de ciclicidad. Por ende, la evaluación previa del ciclo reproductivo consiente en identificar búfalas con mayor capacidad de respuesta a los

tratamientos hormonales aplicados, lo que ayuda en una sincronización efectiva y incrementa significativamente las tasas de preñez. Por lo tanto, se concluye que la identificación de la ciclicidad se fortalece como una herramienta clave para mejorar los resultados en programas de IATF en búfalas.

Debido al efecto del macho utilizado en los programas de IATF, se recomienda realizar una evaluación constante del semen. Este control puede optimizar la eficacia del programa de IATF al reducir la influencia de este factor aleatorio.

Los programas de reproducción asistida aplicados en búfalas no deberían efectuarse siguiendo los mismos protocolos utilizados en vacunos. A pesar de que ambas especies son rumiantes, presentan diferencias en su fisiología reproductiva. Este desconocimiento ha llevado al fracaso de múltiples programas reproductivos en búfalas. Por tal razón, es importante profundizar en el estudio de la fisiología reproductiva de esta especie para lograr el uso de protocolos adaptados a sus particularidades y así mejorar la eficiencia reproductiva.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelnaby, E. A. (2020). Hemodynamic changes evaluated by Doppler ultrasonographic technology in the ovaries and uterus of dairy cattle after the puerperium. *Reproductive Biology*, 20(2), 202-209.
- Abdelnaby, E. A., El-Maaty, A. M. A., Ragab, R. S., & Seida, A. A. (2018). Dynamics of uterine and ovarian arteries flow velocity waveforms and their relation to follicular and luteal growth and blood flow vascularization during the estrous cycle in Friesian cows. *Theriogenology*, 121, 112-121.
- Abulaiti, A., Naseer, Z., Liu, W., Ahmed, Z., Abdelrahman, M., Shaukat, A., & Wang, S. (2023). Administration of GnRH at day 20 of AI and embryonic losses in synchronized crossbred buffalo. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. doi.org/10.3389/fvets.2023.1118865
- Abulaiti, A., Nawaz, M., Naseer, Z., Ahmed, Z., Liu, W., Abdelrahman, M., & Wang, S. (2023). Administration of melatonin prior to modified synchronization protocol improves the productive and reproductive efficiency of Chinese crossbred buffaloes in low breeding season. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. DOI: 10.3389/fvets.2023.1118604
- Ahmad, N., & Arshad, U. (2020). Synchronization and resynchronization strategies to improve fertility in dairy buffaloes. *Theriogenology*, 150, 173-179.
- Ayala Borrero, M. C., Díaz Córdoba, Y., Pérez Ruíz, D. D., & Serrano Guzmán, M. F. (2017). Obras públicas requeridas vs. obras públicas ejecutadas: casuística de la Región Caribe Colombiana. *Revista Reflexiones*, 96(2), 55-66.

- Barile, V. et al. (2021). Advances in buffalo reproduction: An overview of protocols and results. *Animal Reproduction Science*.
- Barile, V. L., Neglia, G., & Gasparrini, B. (2021). Advances in reproduction in buffalo: Synchronization protocols and efficiency factors. *Animal Reproduction Science*, 229, 106765.
- Baruselli, P. S., Carvalho, N. A. T., Gimenes, L. U., Sá Filho, M. F., & Sales, J. N. S. (2013). Synchronization of ovulation in buffalo: use of GnRH or estradiol benzoate. *Animal Reproduction Science*, 141(1-2), 1-7.
- Baruselli, P. S., Martins, C. M., & Viana, J. H. M. (2023). Assisted reproductive technologies in buffaloes: Techniques and outcomes. *World Buiatrics Congress Proceedings*, 19-23.
- Baruselli, P. S., Soares, J. G., Bayeux, B. M., Silva, J. C. B., Mingoti, R. D., & Carvalho, N. A. T. (2018). Assisted reproductive technologies (ART) in water buffaloes. *Animal Reproduction*, 15(Suppl 1), 971–983.
- Baruselli, P.S., et al. (2022). Strategies to improve reproductive efficiency in buffaloes: Synchronization and resynchronization. *Theriogenology*, 188, 121–130.
- Benavides, Á. R. A. (2020). Estrategia para mejorar la tasa de servicio y la subsecuente tasa de preñez en vacas, utilizando la técnica de ultrasonografía. *Tierra Infinita*, 6(1), 20-28.
- Berdugo-Gutiérrez, J. A., Tarazona, A., Echeverry, J. J., Cardona-Maya, W. D., & Herrera, A. L. (2018). Evaluation of a strategy to incorporate reproductive biotechnologies into buffalo farming without affecting reproductive parameters of the herd: A Colombian case. *Buffalo Bulletin*, 37(1), 59-64.

- Bertoni, A., Álvarez-Macías, A., Mota-Rojas, D., Dávalos, J. L., & Minervino, A. H. H. (2021). Dual-purpose water buffalo production systems in tropical latin america: Bases for a sustainable model. *Animals*, *11*(10), 2910.
- Bertoni, A., Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Sabia, E., Álvarez-Macías, A., Mora-Medina, P., ... & Guerrero-Legarreta, I. (2020). Similarities and differences between river buffaloes and cattle: Health, physiological, behavioral and productivity aspects. *J. Buffalo Sci*, *9*, 92
- Borghese, A., Chiariotti, A., & Barile, V. L. (2022). Buffalo in the World: Situation and Perspectives. In *Biotechnological Applications in Buffalo Research* (pp. 3-31).
- Campanile, G., Neglia, G., D'Occhio, M.J. (2022). Reproductive management and technologies in buffalo. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 887156.
- Campos-Jiménez, D., Garro-Monge, E., Jiménez-Benavides, V., Mora-Gamboa, P., & Madrigal-Valverde, M. (2022). Manejo reproductivo en hatos bufalinos. *Revista Tecnología En Marcha*, *35*(3), 60–72.
- Carvalho, N. A. T. D., Carvalho, J. G. S. D., Sales, J. N. D. S., Macari, R. C., & Baruselli, P. S. (2020). Different times to perform timed artificial insemination when using a P4/E2/eCG-based protocol in buffalo. *Ciência Rural*, *50*, e20190784.
- Carvalho, N. A. T., Soares, J. G., Porto Filho, R. M., Gimenes, L. U., Souza, D. C., Nichi, M., ... & Baruselli, P. S. (2013). Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a timed artificial insemination protocol in buffalo during the nonbreeding season. *Theriogenology*, *79*(3), 423-428.

- Cooke, R. F., Lamb, G. C., Vasconcelos, J. L. M., & Pohler, K. G. (2021). Effects of body condition score at initiation of the breeding season on reproductive performance and overall productivity. *Animal Reproduction Science*, 232.
- D'Occhio, M. J., Ghuman, S. S., Neglia, G., della Valle, G., Baruselli, P. S., Zicarelli, L., Campanile, G. (2020). *Exogenous and endogenous factors in seasonality of reproduction in buffalo: A review. Theriogenology.*
- De Carvalho, J. G. S., de Carvalho, N. A. T., Bayeux, B. M., Watanabe, Y. F., Watanabe, O. Y., Mingoti, R. D., & Baruselli, P. S. (2019). Superstimulation prior to the ovum pick-up improves the in vitro embryo production in nulliparous, primiparous and multiparous buffalo (*Bubalus bubalis*) donors. *Theriogenology*, 138, 164-168.
- Deniz, A. U. (2016). The use of new practices for assessment of body condition score. *Revista MVZ Córdoba*, 21(1), 5154-5162.
- Devkota, B., Shah, S., & Gautam, G. (2022). Reproduction and Fertility of Buffaloes in Nepal. *Animals*, 13(1), 70.
- Díaz, P. U., Belotti, E. M., Notaro, U. S., Salvetti, N. R., Leiva, C. J. M., Durante, L. I., ... & Ortega, H. H. (2019). Hemodynamic changes detected by Doppler ultrasonography in the ovaries of cattle during early development of cystic ovarian disease. *Animal Reproduction Science*, 209, 106164.
- Easa, A. A., El-Aziz, A. H. A., Barbary, A. S. E., Kostomakhin, N. M., Nasr, M. A., & Imbabi, T. A. (2022). Genetic parameters of production and reproduction traits of Egyptian buffaloes under subtropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5), 270.

- Elsayed, D. H., Abdelrazek, H. M., El Nabtiti, A. A., Mahmoud, Y. K., & Abd El-Hameed, N. E. (2019). Associations between metabolic profiles, post-partum delayed resumption of ovarian function and reproductive performance in Egyptian buffalo: Roles of IGF-1 and antioxidants. *Animal reproduction science*, 208, 106134. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106134
- El-Sheikh Ali, H., et al. (2020). Second synchronization attempts in postpartum buffaloes with ovarian quiescence: Hormonal and follicular response. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(9), 1170–1178.
- Esposito, L., Nicola, D. D., Balestrieri, A., Petrovas, G., Licitra, F., Salzano, A., & Neglia, G. (2019). Effect of live body weight and method of synchronization on ovulation, pregnancy rate and embryo and fetal loss in buffalo heifers. *Animal Reproduction*, 16, 859-863.
- FAO. (2019). Dairy and dairy products. In OECD-FAO agricultural outlook 2019-2028, pp. 180-188.
- French, H. M., Dascanio, J. J., Gilbert, G. E., & Robinson, J. Q. (2018). Bovine reproductive palpation training: does the cow make a difference?. *Journal of Veterinary Medical Education*, 45(2), 219-223.
- Galvis–Aponte, L. A. (2017). Geografía económica de los municipios ribereños del Magdalena. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 265*.
- Gutiérrez-Añez, J. C., Camacho de Gutiérrez, A., & Nava-Trujillo, H. (2022). Application of Fixed-Time Artificial Insemination in Water Buffaloes. In *Biotechnological Applications in Buffalo Research* (pp. 295-318). Singapore: Springer Singapore.

- Haider, S., Chishti, G. A., Mehmood, M. U., Jamal, M. A., Mehmood, K., Shahzad, M., & Tahir, M. Z. (2021). The effect of GnRH administration/insemination time on follicular growth rate, ovulation intervals, and conception rate of Nili Ravi buffalo heifers in 7-day-CIDR Co-synch. *Tropical Animal Health and Production*, 53(6), 558.
- Huiza López, A. P., & Fuquen Rojas, M. I. (2024). Relación entre el conteo de folículos antrales, condición corporal y frecuencia de preñez por IATF entre bubillas y búfalas. *Universidad Cooperativa de Colombia*.
- Hurri, E., Lima-Verde, I., Johannisson, A., Stålhammar, H., Ntallaris, T., & Morrell, J. M. (2022). Post-thaw semen quality in young bull ejaculates before being accepted for commercial semen doses. *Veterinary Record*, 191(6).
- Hussein, H.A., & El-Khadrawy, H.H. (2021). Seasonal stress and ovarian inactivity in buffaloes: Physiological and endocrine perspectives. *Theriogenology*, 178, 47–55.
- Instituto colombiano agropecuario. (2019). Dirección de Proyectos Estratégicos. Censo Pecuario Nacional – 2019. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>
- Intawicha, P., Klamrak, M., Dongpaleethun, C., & Ju, J. C. (2022). Effects of breeding season and estrus synchronization protocols on the fertility of anestrus swamp buffaloes (*Bubalus Bubalis*). *Livestock Science*, 264, 105043.
- Jurado Roa, N. D. (2020). Factores determinantes de la eficiencia reproductiva en bovinos. [¿Tesis de grado, Universidad Santo Thomas]

repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35049/2020N%C3%A9storJurado.pdf?sequence=4

- Karuppanasamy, K., Sharma, R. K., Phulia, S. K., Jerome, A., Kavya, K. M., Ghuman, S. P. S., ... & Krishnaswamy, N. (2017). Ovulatory and fertility response using modified Heatsynch and Ovsynch protocols in the anovular Murrah buffalo (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology*, *95*, 83-88.
- Khan, A. S., Haider, M. S., Hassan, M., Husnain, A., Yousuf, M. R., & Ahmad, N. (2018). Equine chorionic gonadotropin (eCG) enhances reproductive responses in CIDR-EB treated lactating anovular Nili-Ravi buffalo during the breeding season. *Animal reproduction science*, *196*, 28-34.
- Khatun, A., Bhakat, M., & Mohanty, T.K. (2022). Impact of anestrous types on fertility response to hormonal treatments in riverine buffaloes. *Buffalo Bulletin*, *41*(1), 93–102.
- Koza, G.A., Mussart, N.B., Konrad, J.L., & Hernando, J. (2021). Variables morfológicas, hematológicas y bioquímicas de bubillas y búfalas gestantes y no gestantes, del nordeste argentino. *Revista Veterinaria*, *32*(1), 3-9.
- Kumar, T. V. C., Sharma, D., Surla, G. N., Vedamurthy, G. V., Singh, D., & Onteru, S. K. (2020). Body condition score, parity, shelter cleanliness and male proximity: highly associated non-genetic factors with post-partum anestrus in Murrah buffalo in field conditions. *Animal reproduction science*, *214*, 106282.
- Leitman, N. R., Busch, D. C., Mallory, D. A., Wilson, D. J., Eilersieck, M. R., Smith, M. F., & Patterson, D. J. (2009). Comparison of long-term CIDR-based

protocols to synchronize estrus in beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 114(4), 345-355.

Londoño Rojas, J. M., & López Mina, H. D. (2021). Formulación de un método de clasificación climática por medio del uso de lógica difusa en Colombia. [Tesis de grado, Universidad central del valle del cauca] <https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/2651/T00032134.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lorenti, S. N., Madoz, L. V., Rearte, R., Quintero-Rodriguez, L., Migliorisi, A. L., Jaureguiberry, M., ... & de la Sota, R. L. (2022). Diagnóstico de pérdida embrionaria y detección muy temprana de vacas no gestantes mediante ecografía Doppler. *Taurus*, (95). 18-25.

Macmillan, K., Gobikrushanth, M., Sanz, A., Bignell, D., Boender, G., Macrae, L., & Colazo, M. G. (2020). Comparison of the effects of two shortened timed-AI protocols on pregnancy per AI in beef cattle. *Theriogenology*, 142, 85-91.

Martínez-Reina, A. M., Doria-Ramos, M., García-Jiménez, J., Salcedo-Carrascal, E., Herrera-Pérez, N., & Carrascal-Triana, E. L. (2020). Caracterización técnica y económica del sistema de producción de búfalos *Bubalus bubalis* en el departamento de Córdoba de Colombia. *Archivos de zootecnia*, 69(268), 444-452.

Minervino, A. H. H., Zava, M., Vecchio, D., & Borghese, A. (2020). *Bubalus bubalis*: a short story. *Frontiers in veterinary science*, 7, 570413.

Monteiro, B. M., de Souza, D. C., de Carvalho, N. A. T., & Baruselli, P. S. (2018). Effect of season on dairy buffalo reproductive performance when using

- P4/E2/eCG-based fixed-time artificial insemination management. *Theriogenology*, 119, 275-281.
- Mota-Rojas, D., et al. (2023). Comprehensive Production of Water Buffalo: Obstetrics, Reproduction and Welfare. *Academic Press*.
- Neglia, G., Capuano, M., Balestrieri, A., Cimmino, R., Iannaccone, F., Palumbo, F., ... Campanile, G. (2018). *Effect of consecutive re-synchronization protocols on pregnancy rate in buffalo (Bubalus bubalis) heifers out of the breeding season. Theriogenology*, 113, 120–126. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018
- Neglia, G., de Nicola, D., Esposito, L., Salzano, A., D’Occhio, M. J., & Fatone, G. (2020). *Reproductive management in buffalo by artificial insemination. Theriogenology*. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020
- Núñez–Olivera, R., Bó, G. A., & Menchaca, A. (2022). Association between length of proestrus, follicular size, estrus behavior, and pregnancy rate in beef heifers subjected to fixed–time artificial insemination. *Theriogenology*, 181, 1-7.
- Otava, G., Squicciarini, S., Marc, S., Suici, T., William Onan, G., Hutu, I., ... & Mircu, C. (2021). Effects of age and season on conception rate of Mediterranean Italian Dairy Buffalo (*Bubalus bubalis*) following oestrus synchronization and fixed-time artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(12), 1511-1518.
- Pandey, A. K., Ghuman, S. P. S., Dhaliwal, G. S., Honparkhe, M., Phogat, J. B., & Kumar, S. (2018). Effects of preovulatory follicle size on estradiol concentrations, corpus luteum diameter, progesterone concentrations and subsequent pregnancy rate in buffalo cows (*Bubalus*

bubalis). *Theriogenology*, 107, 57-62.

doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.048

Pearodwong, P., Tretipskul, C., Panyathong, R., Sang-Gassanee, K., Collell, M., Muns, R., & Tummaruk, P. (2020). Reproductive performance of weaned sows after single fixed-time artificial insemination under a tropical climate: Influences of season and insemination technique. *Theriogenology*, 142, 54-61.

Pfeifer, L. F. M., Rodrigues, W. B., & Nogueira, E. (2021). Relationship between body condition score index and fertility in beef cows subjected to timed artificial insemination. *Livestock Science*, 248, 104482.

Rajput, A. S., Sasidharan, J. K., Pandiyan, N., Rafiq, M. M., Pandey, A. K., Tomar, A. K. S., ... & Patra, M. K. (2024). Effect of prostaglandin alone and in combination with trace minerals on the follicular and luteal dynamics, estrus response and pregnancy in sub-estrus buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Reproduction in Domestic Animals*, 59(5), e14577.

Ramadan, S. I. (2018). Effect of some genetic and non-genetic factors on productive and reproductive traits of Egyptian buffaloes. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 5(4), 374

Riaz, U., Hassan, M., Husnain, A., Naveed, M. I., Singh, J., & Ahmad, N. (2018). Effect of timing of artificial insemination in relation to onset of standing estrus on pregnancy per AI in Nili-Ravi buffalo. *Animal Reproduction*, 15(4), 1231.

Ruiz Buitrago, J. D. (2016). Producción bufalina en Colombia: del trópico para el mundo. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 11(2).

- Safari, A., Ghavi Hossein-Zadeh, N., Shadparvar, A. A., & Abdollahi Arpanahi, R. (2018). A review on breeding and genetic strategies in Iranian buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Tropical animal health and production*, *50*, 707-714.
- Salzano, A., Russo, M., de Nicola, D., Prandi, A., Gasparini, B., ... & Neglia, G. (2020). Corpus luteum color Doppler ultrasound and pregnancy outcome in buffalo during the transitional period. *Animals*, *10*(7), 1181.
- Samir, H., & Kandiel, M. M. (2019). Accuracy of subjective evaluation of luteal blood flow by color Doppler ultrasonography for early diagnosis of pregnancy in Egyptian buffalo. *Animal reproduction science*, *208*, 106129.
- Esposito, L., Sánchez Valencia, J. A., Romer, M. O. H., & Meneses, A. F. (2019). Dinámica folicular durante el ciclo estral natural en búfalas (*Bubalus bubalis*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *30*(1), 299-308.
- Sánchez, A. D. O., Añez, J. G., Meléndez, C. O., & Perea, F. (2017). Efecto de la medroxiprogesterona en un protocolo Ovsynch modificado para IATF sobre la tasa de preñez en búfalas de agua. *Maskana*, *(8)*, 89-92.
- Serrano, J., Araque, J., & Uribe, R. (2016). Efecto de la hormona liberadora de gonadotropinas y la gonadotropina corionica humana como inductores de ovulación en IATF en búfalas (*Bubalus bubalis*). *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *11*(3), 190-191.
- Silva, L. A. C. L., Simoes, L. M. S., Bottino, M. P., Santos, A. P. C., Santos, G., Martinez, I. Y. H., ... & Sales, J. N. S. (2018). Presynchronization by induction of a largest follicle using a progesterone device in GnRH-based-ovulation

- synchronization protocol in crossbred dairy cows. *Theriogenology*, 119, 233-237.
- Singh, H., Pandey, A. K., Kumar, S., Saini, G., Duggal, R., Bangar, Y. C., & Kumar, H. (2022). 5d CIDR-Heatsynch improves the circulatory estradiol levels, estrus expression and conception rate in anestrus buffalo (*Bubalus bubalis*). *Animal Biotechnology*, 1-12.
- Srirattana, K., Hufana-Duran, D., Atabay, E. P., Duran, P. G., Atabay, E. C., Lu, K., & Parnpai, R. (2022). Current status of assisted reproductive technologies in buffaloes. *Animal Science Journal*, 93(1), e13767.
- Stella, E. D., de Amorim Ramos, A., de Ruediger, F. R., Dantas, A., Yamada, P. H., Codognoto, V. M., ... & Oba, E. (2018). Evaluation of buffaloes' follicular dynamics and stress state under different ovulation synchronization protocols. *Animal Reproduction*, 15(2), 102.
- Stevenson, J. S. (2019). Spatial relationships of ovarian follicles and luteal structures in dairy cows subjected to ovulation synchronization: Progesterone and risks for luteolysis, ovulation, and pregnancy. *Journal of dairy science*, 102(6), 5686-5698.
- Tamboli, P., Bharadwaj, A., Chaurasiya, A., Bangar, Y. C., & Jerome, A. (2022). Association between age at first calving, first lactation traits and lifetime productivity in Murrah buffaloes. *Animal Bioscience*, 35(8), 1151.
- Tonizza de Carvalho, N. A., Soares de Carvalho, J. G., Nélio de Sousa Sales, J., Guerreiro, B. M., Gonzalez de Freitas, B., D'Occhio, M. J., & Baruselli, P. S. (2020). *Treatment with estradiol cypionate at progesterone withdrawal*

reduces handling without compromising the pregnancy rate to timed AI in buffalo. Theriogenology. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.

Yama, P., Yadmak, C., Sangkate, M., Jitjumnong, J., U-krit, W., Promsao, N., ... & Moonmanee, T. (2022). In vivo follicular and uterine arterial indices as an indicator of successful hormonal stimulation for inactive ovaries in repeat-breeder crossbred dairy cows using a short-term progesterone-based programme. *Animals*, 12(3), 292.

IX. APÉNDICES

Apéndice 1. Ficha individual para la evaluación en campo

FICHA DE EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA						
REGIÓN:						
FECHA:						
SECCIÓN PRODUCTIVA						
ID	EDAD	# PARTOS	DIAS ABIERTOS	Condición corporal	Apta	No apta
SECCIÓN REPRODUCTIVA						
útero	Ovario Derecho (CL, Diámetro folicular)	Ovario Izquierdo (CL, Diámetro folicular)	Ciclando	Anestro (Profundo, Superficial)	Patología	Dx Apta No apta
EVALUACIÓN DE RESPUESTA AL PROTOCOLO DE IATF						
Diámetro del folículo preovulatorio			Edema Uterino (1 a 4)		Muco Vaginal (Blanco o transparente)	
EVALUACIÓN SEMINAL EN CAMPO						
Vigor Espermático (1-5)				Motilidad progresiva		
DIAGNOSTICO DE PREÑEZ						
PREÑADA				VACÍA		

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES
DE GRADUACIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**

Atenas, 19 de mayo, 2025

Señores/as

Vicerrectoría de Investigación y transferencia. Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores/as:

Yo Christopher Piedra portador (a) de la cédula de identidad número 6-0446-0126. En mi calidad de autor (a) del trabajo de graduación titulada:

"Evaluación de la eficiencia de un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) aplicado a búfalas (*bubalus bubalis*) multíparas y primíparas en cuatro regiones del trópico bajo colombiano". El cual se presenta bajo la modalidad de, marque una opción de tesis de Graduación

Presentado en la fecha 19/5/2025, autorizo a la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, para que mi trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Ver CAPÍTULO V, DISPOSICIONES, FINALES. Artículo 43. RTFG.	
Marque con una X o un ✓	
Conservación y disseminación en las bibliotecas de la Universidad	Si
Almacenado en el Repositorio institucional.	Si
Divulgado en el Repositorio institucional.	Si
Divulgación del resumen en el Repositorio UTN con una cantidad de 200 a 500 palabras (Describe en forma breve el contenido del documento)	Si
Consulta electrónica con texto protegido	Si
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	Si
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	Si

Por otra parte, declaro que el trabajo que aquí presento es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma personal, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizo que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA) última edición en español. Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional. Consciente de que las autorizaciones no reprimen mis derechos patrimoniales como autor del trabajo. Confío en la que Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar mis derechos de propiedad intelectual.

Firma del estudiante Christopher Piedra

Número de identificación: 6-0446-0126

Fecha: 19 de mayo, 2025