



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES
ORGÁNICOS COMO COMPLEMENTO A LA APLICACIÓN DE
DOS PROTOCOLOS PARA IATF SOBRE LA TASA DE
CONCEPCIÓN EN VACAS LECHERAS**

AUTOR: RUIZ ESPINOZA, SARAH NICOLE

DIRECTOR: ING. VELA TORMEN, DIEGO ALONSO

SANGOLQUÍ

2017



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES ORGÁNICOS COMO COMPLEMENTO A LA APLICACIÓN DE DOS PROTOCOLOS PARA IATF SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN EN VACAS LECHERAS"* realizado por la señorita **SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA**, ha sido revisado en su totalidad por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de Noviembre de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Vela', is written over a horizontal line.

ING. DIEGO ALONSO VELA TORMEN

DIRECTOR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA*, con cédula de identidad N° 1723515217 declaro que este trabajo de titulación "*EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES ORGÁNICOS COMO COMPLEMENTO A LA APLICACIÓN DE DOS PROTOCOLOS PARA IATF SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN EN VACAS LECHERAS*" ha sido desarrollado considerando métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 30 de Noviembre de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sarah', is written over a horizontal line.

SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA

C.C. 1723515217



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a publicar en la Biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES ORGÁNICOS COMO COMPLEMENTO A LA APLICACIÓN DE DOS PROTOCOLOS PARA IATF SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN EN VACAS LECHERAS"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 30 de Noviembre de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S.R.E.', is written over a horizontal line.

SARAH NICOLE RUIZ ESPINOZA

C.C. 1723515217

DEDICATORIA

A Dios,
mi padre celestial.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo dejo constancia de mi profundo agradecimiento a Dios, el rey de mi vida, a mi familia y a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, en cuyas aulas adquirí conocimientos y experiencias valiosas que me serán útiles en mi futuro profesional.

De la misma forma expreso mi agradecimiento a los señores catedráticos de la ESPE, quienes con sus conocimientos me infundieron el ánimo de continuar adelante con mi vida profesional.

Dejando plasmado en esta página mi sincero y leal agradecimiento al Ingeniero Diego Vela T. y al Dr. César Ulloa L. por su aporte en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.1 El problema	1
1.1.2 Los efectos	1
1.1.3 Las causas	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Eje Hipotalámico - Hipofisiario - Gonadal - Uterino	6
2.2	Hormonas de la reproducción	7
2.2.1	Hormonas hipotalámicas.....	8
2.2.2	Hormonas Hipofisarias gonadales	8
2.2.3	Hormonas gonadales	9
2.2.4	Hormonas uterinas	9
2.3	El ciclo estral bovino.....	10
2.3.1	El ciclo estral bovino.....	11
2.4	Factores que inciden en la eficiencia reproductiva	14
2.4.1	Estrés	14
2.4.1.1	Estrés por miedo.....	15
2.4.1.2	Estrés térmico.....	15
2.4.2	Nutrición	16
2.4.2.1	Condición corporal.....	17
2.4.2.2	Minerales en la reproducción.....	17
2.4.2.3	Minerales orgánicos	19
2.5	Inseminación artificial a tiempo fijo	19
2.5.1	Métodos de sincronización.....	20
2.5.1.1	Prostaglandina (PGF _{2α}).....	20
2.5.1.2	Hormona liberadora de Gonadotropinas (GnRH) y prostaglandina (PGF _{2α}).....	20
2.5.1.3	Progestágenos.....	21
2.5.2	Protocolos en estudio	22
2.5.2.1	Protocolo Convencional.....	22

2.5.2.2	Protocolo J-Synch	22
---------	-------------------------	----

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA **25**

3.1	Ubicación del lugar de investigación.....	25
3.1.1	Ubicación Política:.....	25
3.1.2	Ubicación Geográfica:	25
3.1.3	Ubicación Ecológica:	25
3.2	Materiales y equipos	25
3.2.1	Campo	25
3.2.2	Laboratorio.....	26
3.3	Diseño experimental	26
3.3.1	Factores a probar	26
3.3.1.1	Suplemento mineral orgánico	27
3.3.1.2	Protocolos.....	27
3.3.1.3	Tratamientos a comparar.....	27
3.3.1.4	Tipo de diseño	28
3.3.1.5	Características de las unidades experimentales	28
3.3.1.6	Análisis estadístico.....	28
3.3.1.7	Esquema de análisis de varianza	29
3.3.1.8	Coefficiente de variación.....	29
3.3.1.9	Análisis funcional	29
3.3.1.10	Regresiones y correlaciones.....	29
3.3.2	Variables evaluadas.....	29
3.3.2.1	Tasa de concepción a los 30 días	29
3.3.2.2	Condición corporal a los 30 días.....	29

3.3.2.3	Pérdida embrionaria a los 60 días	30
3.3.2.4	Tamaño del cuerpo lúteo	30
3.3.2.5	Niveles de progesterona sérica.....	30
3.3.3	Métodos específicos de manejo del experimento	30
3.3.3.1	Selección de animales	30
3.3.3.2	Plan de alimentación y suministro de micro minerales	30
3.3.3.3	Aplicación de protocolos e IATF	31
3.3.3.4	Chequeos ginecológicos y ecografía.....	31
3.3.3.5	Determinación de la tasa de concepción.....	31
3.3.3.6	Determinación de progesterona en sangre	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33	
4.1	Resultados	33
4.1.1	Pérdidas embrionarias en un lapso de 30 días:	33
4.1.2	Condición corporal (CC).....	33
4.1.3	Tamaño de Cuerpo Lúteo (mm).....	34
4.1.4	Contenido de progesterona (P4) en la sangre.	36
4.1.5	Tasa de concepción	37
4.1.6	Relación entre niveles de Progesterona en sangre y el Tamaño del Cuerpo Lúteo.....	38
4.1.7	Relación de las diferentes variables en estudio con la tasa de concepción..	39
4.2	Discusión.....	41
4.3	Análisis económico	43
4.3.1	Costos generales por tratamiento	43
4.3.2	Análisis de costos por resultado.....	45

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46**

5.1	Conclusiones	46
5.2	Recomendaciones.....	46
5.3	Bibliografía	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de las hormonas de la reproducción por su estructura química y lugar de origen	8
Tabla 2	Factores importantes que inciden en la reproducción bovina	14
Tabla 3	Principales problemas reproductivos causados por deficiencias de algunos minerales	18
Tabla 4	Disposición de tratamientos obtenidos de la combinación de niveles de cada factor en estudio	28
Tabla 5	Descripción de las fuentes de variación del experimento	29
Tabla 6	Análisis de variancia de la condición corporal de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos.....	33
Tabla 7	Condición corporal promedio por tratamiento de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos.....	34
Tabla 8	Análisis de variancia del diámetro del cuerpo lúteo (mm) de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos	35
Tabla 9	Cuerpo Lúteo promedio por tratamiento en el día 30 pos IATF de las vacas productoras de leche.....	36
Tabla 10	Análisis de variancia de P4 en sangre (ng/ml) en el día 30 pos IATF de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos.....	36
Tabla 11	Niveles de P4 en sangre (ng/ml) promedio por tratamiento de las vacas productoras de leche	37
Tabla 12	Tabla de contingencia de la tasa de concepción de vacas productoras de leche dentro de los tratamientos	38
Tabla 13	Costos variables del Tratamiento uno	43
Tabla 14	Costos variables del Tratamiento dos	44
Tabla 15	Costos variables del Tratamiento tres	44
Tabla 16	Costos variables del Tratamiento cuatro	45
Tabla 17	Costos totales de los tratamientos en base a los resultados obtenidos	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Control del ciclo reproductivo de la hembra bovina adulta.....	6
Figura 2	Dinámica folicular en un vacuno de tres olas foliculares.	11
Figura 3	Protocolo de sincronización para IATF J-Synch sobre la dinámica folicular y prolongación del proestro.	23
Figura 4	Línea de tiempo del protocolo convencional.	27
Figura 5	Línea de tiempo del protocolo alternativo J-Synch.	27
Figura 6	Condición corporal de las vacas productoras de leche a los 30 días post IATF.	34
Figura 7	Tamaño del Cuerpo Lúteo (mm) de las vacas productoras de leche	35
Figura 8	Niveles de P4 en sangre promedio.	37
Figura 9	Regresión y coeficiente de determinación entre P4 en sangre con el Cuerpo Lúteo	39
Figura 10	Regresión y coeficiente de determinación entre la condición corporal con la Tasa de Concepción.....	39
Figura 11	Regresión y coeficiente de determinación entre el Diámetro de CL con la Tasa de Concepción	40
Figura 12	Regresión y coeficiente de determinación entre el contenido de P4 en sangre con la Tasa de Concepción	41

RESUMEN

El estudio se realizó en la Hacienda “El Prado” – IASA I con 32 vacas lecheras en condición corporal de 2,5 a 3,5 y entre uno a cinco partos. Las variables evaluadas fueron: tasa de concepción, tamaño de cuerpo lúteo, niveles de progesterona, pérdidas embrionarias (en 30 días) y análisis económico. Se estableció un DCA 2x2 con 8 repeticiones. Los factores estudiados fueron: suplementación de minerales orgánicos AVAILA 4®, y la aplicación de dos protocolos, el convencional para IATF contra el protocolo J-Synch. Los tratamientos se determinaron en la siguiente forma: T1 (Sin AVAILA 4® + convencional), T2 (Sin AVAILA 4® + J-Synch), T3 (Con AVAILA 4® + convencional) y T4 (Con AVAILA 4® + J-Synch). En este ensayo se encontró que el tamaño de cuerpo lúteo fue mayor para el tratamiento J-Synch (22.9 mm) seguido por el protocolo convencional (22.2 mm), ambos, sin minerales orgánicos (T2 y T1). En cuanto a la tasa de concepción, los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente, sin embargo, T1 presentó un porcentaje de 50%, numéricamente mayor que los demás tratamientos (T2 37.5%, T4 37.5%, y T3 0%). Para la variable concentración de progesterona no se encontró diferencia significativa, con un promedio de 5.2 ng/ml, no obstante, T2 y T4 destacan un contraste numérico más alto (7.2 y 5.4 ng/ml respectivamente); asimismo se determinó que la condición corporal no presentó una diferencia estadística con un promedio de 2,6. Por último, no se registraron pérdidas embrionarias. El costo del tratamiento T1 por vaca preñada fue de \$87,20.

Palabras Clave:

- ✓ **J-SYNCH**
- ✓ **TASA DE CONCEPCIÓN**
- ✓ **MINERALES ORGÁNICOS**

ABSTRACT

The study was conducted at the Farm "El Prado" - IASA I with 32 milk producer cows, with a body condition of 2,5 to 3,5 and with a number of births between one and five. The evaluated variables were: conception rate, corpus luteum size, progesterone levels, embryo loss and economic analysis. For the trial, a 2x2 CRD was established with 8 repetitions. The studied elements were: supplementation with organic minerals AVAILA 4®, and the application of the two protocols, conventional for FTAI, against J-Synch protocol. The treatments were determined in the following way: T1 (Without AVAILA 4® + Conventional), T2 (Without AVAILA 4® + J-Synch), T3 (With AVAILA 4® + Conventional) and T4 (With AVAILA 4® + J-Synch). In this trial it was found that the size of the corpus luteum was largest for the J-Synch treatment (22.9 mm) followed by conventional protocol (22.2 mm), both without organic minerals (T2 and T1). Regarding the conception rate, treatments did not differ statistically, however T1 presented a conception percentage of 50%, numerically greater than the other treatments (T2 37.5%, T4 37.5%, and T3 0%). About the variable progesterone concentration there was no significant difference found, with an average of 5.2 ng/ml, however, T2 and T4 stand out with a higher numerical contrast (7.2 and 5.4 ng/ml respectively); It was also determined that the body condition did not show an statistical difference between treatments with an average of 2.6. Finally, there were no embryo losses. T1 treatment cost per pregnant cow was \$87.20.

Keywords:

- ✓ **J-SYNCH**
- ✓ **CONCEPTION RATE**
- ✓ **ORGANIC MINERALS**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El principal problema que se evidencia en los bovinos de producción lechera, es la baja tasa de concepción y preñez. En el caso particular de la Hacienda. “El Prado”, se ha detectado una tasa de concepción actual del 35% al primer servicio. Uno de los factores responsables del problema es la inadecuada detección del estro por causa de la rotación constante del talento humano (personal no capacitado).

No obstante, se considera la irregular ingesta de nutrientes como la principal causa de los problemas de fertilidad de los rumiantes del hato. El mal manejo de pasturas y la suplementación de sal ineficiente y discontinua, sumado a las largas caminatas que realizan los animales todos los días para dirigirse al ordeño aumenta el balance energético negativo fisiológico natural de las vacas, dificultando la preñez.

1.1.1 El problema

Baja tasa de concepción en la hacienda “El Prado”.

1.1.2 Los efectos

En base a lo anterior se establecen efectos críticos como variaciones en el balance energético, vacas en anestro posparto, problemas de preñez (disminución de fertilidad), incremento de días abiertos y pérdida de recursos valiosos como tiempo y dinero en pajuelas y tratamientos hormonales sin resultado.

1.1.3 Las causas

Se considera como causas directas a dos factores, el primero se evidencia en el uso de protocolos antiguos tradicionales que a pesar de ser funcionales, podrían ser sustituidos por tratamientos actuales más efectivos. Esto se debe a la insuficiencia en investigación de tecnologías reproductivas enfocadas a incrementar la tasa de concepción; el segundo se centra en las deficiencias nutricionales que se presentan a causa de la baja ingesta de nutrientes indispensables. Por lo general, la condición corporal del bovino al momento de la aplicación de protocolos de sincronización no es tomada en cuenta, con lo que se podría evitar problemas en el funcionamiento de

las estructuras reproductivas del bovino a la inseminación así como la implantación y formación fetal.

1.2 Antecedentes

Se ha observado que el incremento en la producción de leche en vacas provoca anestro posparto prolongados y desfases en el ciclo estral ocasionando disminución en la tasa de preñez, y por lo consiguiente una reducción de la eficiencia reproductiva de los animales. El aumento de días abiertos producido por actividad ovárica anormal en el hato tiene como consecuencia, un mayor número de animales problema; es por esto que se han probado y establecido gran variedad de protocolos de sincronización de celos para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con el fin de optimizar la eficiencia reproductiva y productiva propia de los bovinos (Espinoza, 2010).

Una de las alternativas más utilizadas actualmente para reducir el intervalo entre partos, es la inseminación artificial (IA), gracias a esta técnica se ha logrado elevar los índices de concepción en algunas localidades de pequeños y grandes productores. La sincronización de celos es fundamental para el adecuado manejo reproductivo de un hato donde se practique IA en tiempo fijo, siendo la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), una hormona básica utilizada como inductora de la luteólisis en la mayoría de protocolos establecidos para eliminar posibles cuerpos lúteos induciendo a la vaca al reinicio del ciclo estral (Huanca, 2001).

Se han desarrollado métodos que se basan en la utilización de una dosis inicial de GnRH con el fin de producir la ovulación del folículo dominante, seguida por la aplicación de $PGF_{2\alpha}$ 7 días después, para inducir a la luteólisis y regresión del cuerpo lúteo dando paso a la ovulación del folículo de la siguiente onda; sin embargo, este procedimiento no permitía la sincronía suficiente en los animales como para realizar inseminación artificial a tiempo fijo por lo que finalmente, se recurrió a la aplicación de una segunda dosis de GnRH que estimule la ovulación en forma un poco más sincrónica (Espinoza, 2010). Basándose en este tipo de métodos, se han desarrollado técnicas utilizando Estradiol y progestágenos con el objetivo de inducir a la ovulación en un tiempo determinado e inducir a la ciclicidad a vacas anéstricas. No obstante, de los buenos resultados utilizando estos protocolos se debe

tomar en cuenta que en ocasiones hay vacas que no responden a los tratamientos de sincronización y, en la mayoría de los casos el problema radica en la baja ingesta de nutrientes (Huanca, 2001).

La dieta de la vaca debe contener energía, proteínas, minerales, vitaminas y agua, siendo los más indispensables, el primero y el último, cuando los requerimientos de estos nutrientes se encuentran cubiertos, el animal no tendrá problemas para solventar las necesidades de mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción de leche; por tanto, al someter al animal a una restricción alimenticia, varias funciones del organismo se ven afectadas, entre estas, la reproducción (Escobosa, 2017).

El factor más importante para lograr una buena ciclicidad en los bovinos, es la adecuada alimentación (Diskin, Mackey, Roche, & Sreenan, 2003). La deficiencia de energía resulta en la pérdida de peso y retrasos de pubertad, mientras que la ausencia de proteína genera problemas con el consumo de alimento y la digestibilidad ruminal; la insuficiencia de agua causa, entre otras cosas, deshidratación, pérdida de nitrógeno a través de las heces, mayor eliminación de urea por la orina y disminución de ingesta de alimento (Escobosa, 2017), por último, la carencia de minerales puede desencadenar una serie de problemas fisiológicos, sin embargo, a nivel reproductivo, afecta directamente el crecimiento, desarrollo y persistencia del folículo dominante causando anestro posparto, promueve la retención placentaria, ocasiona retrasos en involución uterina, quistes ováricos y muerte embrionaria (Bejarano & Forero, 2007)

1.3 Justificación

La tasa de concepción en bovinos se ve alterada por las malas técnicas de manejo nutricional en animales gestantes como en posparto. El último tercio de la gestación y los primeros meses de lactancia, son momentos más críticos en cuanto a los requerimientos nutricionales de la madre, debido a que varían según las necesidades del cuerpo y si el animal no es suplementado de forma adecuada podría sufrir un balance energético negativo (Corbellini, 2017).

Una práctica común de manejo del ganado seco (gestantes próximas al parto) es separar a los rumiantes del hato lechero y ubicarles a praderas lejanas en mal estado

y poco nutritivas para permanecer ahí durante los dos últimos meses de preñez, esta técnica impide a la vaca mantener las condiciones ideales para el buen funcionamiento de la actividad reproductiva.

Los principales problemas observados en el hato lechero, se desencadenan como consecuencia de las prácticas irracionales de manejo de potreros en cuanto a fertilización y aplicación de agroquímicos, esto provoca un desbalance nutricional en el animal, que trae consigo un desorden metabólico que influye de forma directa en la actividad cíclica y reproductiva de la vaca (Galvis & Correa , 2002).

La nutrición adecuada del rejo es fundamental debido a que el alimento ingerido es utilizado para la producción de carne, piel, pelo, crías y leche de buena calidad (Bejarano & Forero, 2007); la proteína, energía y los minerales que requiere el animal son ingeridos a través de pastos de buena calidad, sin embargo cuando los nutrientes no son suficientes para cubrir las necesidades, sobre todo en vacas de alta producción, se recurre a la suplementación de concentrados y subproductos alimenticios con el aporte necesario para ajustar la proteína y la energía indispensable para mantener a la vaca en un balance energético positivo (León, 1981). Sin embargo, la carencia de minerales puede ser nivelada mediante la suplementación de sales mineralizadas o suplementos concentrados orgánicos o inorgánicos.

Existen quince macro y micro minerales esenciales que requiere el metabolismo de los rumiantes para su adecuado funcionamiento, los 7 elementos: Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg) y Azufre (S) conforman el grupo de macro minerales, los cuales por lo general se encuentran como parte de la estructura ósea y representan el 5% del peso vivo del animal, los ocho elementos restantes son los micro minerales: Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se) y Zinc (Zn), los cuales se localizan en cantidades traza formando parte de enzimas (Cu, Fe, Mo y Zn), como cofactores enzimáticos o conformando parte de hormonas; además son importantes en algunas funciones del metabolismo energético (I y Co) y son responsables de la formación de tejidos (Mn); este conjunto de minerales esenciales,

tiene fundamental importancia en la fertilidad del animal y sobre todo en los procesos reproductivos y en la formación fetal (Bejarano & Forero, 2007)

Sin embargo, los elementos minerales fundamentales pueden llegar a ser más biodisponibles en su forma orgánica, es decir, unidos a una molécula específica como aminoácidos, permitiendo mayor absorción por el tracto digestivo y menor tiempo (Zinpro, s.f.).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la suplementación de minerales orgánicos en la aplicación de dos protocolos para IATF sobre la tasa de concepción en vacas lecheras.

1.4.2 Objetivos específicos

- Corroborar la diferencia en la tasa de concepción entre protocolo convencional y alternativo J-Synch.
- Identificar los niveles de progesterona en sangre en relación al tamaño del cuerpo lúteo generado.
- Valorar las posibles pérdidas embrionarias a los 60 días pos inseminación.
- Analizar los costos por vaca sincronizada y por vaca preñada en cada uno de los tratamientos propuestos.
- Difundir los resultados a través de seminarios o congresos.

1.5 Hipótesis

H0: El suministro de minerales orgánicos y el protocolo alternativo J-Synch para IATF, no influye en la tasa de concepción actual de las vacas lecheras de la Hacienda “El Prado”.

H1: El suministro de minerales orgánicos y el protocolo alternativo J-Synch para IATF, influye en la tasa de concepción actual de las vacas lecheras de la Hacienda “El Prado”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Eje Hipotalámico - Hipofisiario - Gonadal - Uterino

Se conoce como eje Hipotalámico - Hipofisiario - Gonadal - Uterino al sistema que controla la interacción hormonal de la función reproductora cíclica de la hembra (Bavera, 2005). El hipotálamo y la hipófisis se encuentran unidos al cerebro en su parte ventral (Ptaszynska & Molina, 2007), entre estos órganos existe una fuerte relación que se establece por la secreción de péptidos neuroendócrinos mediante una red vascular conocido como sistema porta hipotalámico-hipofisiario y de esta forma la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) llega hasta las células secretoras de gonadotropinas de la adenohipófisis (Bó, y otros, 2008).

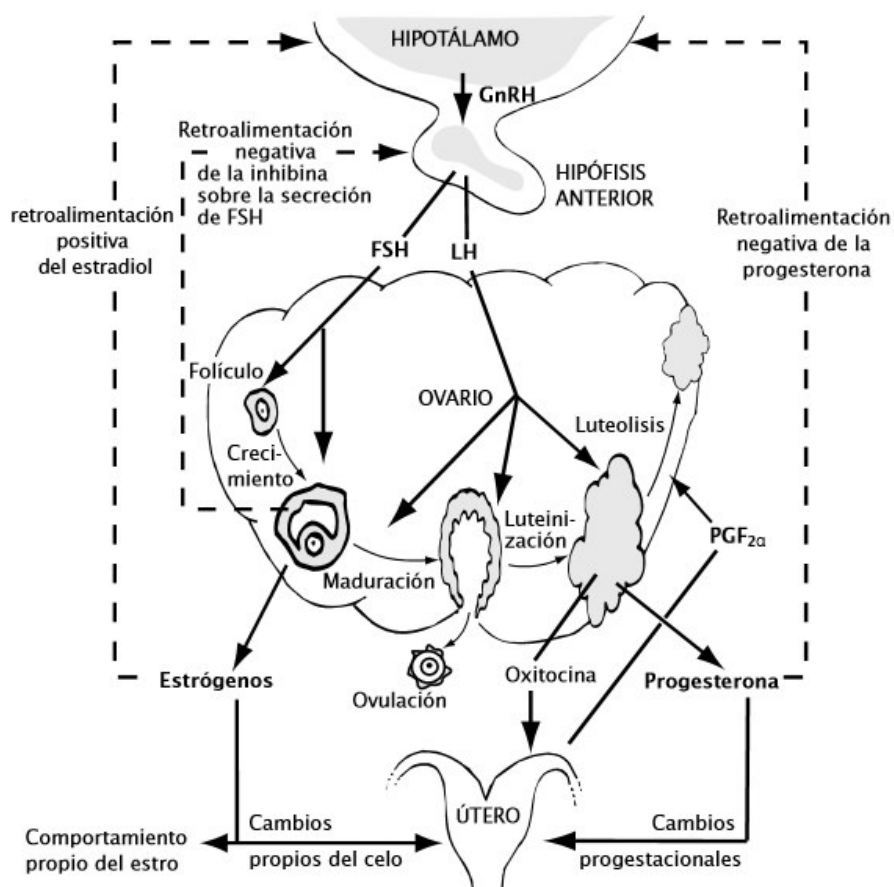


Figura 1 Control del ciclo reproductivo de la hembra bovina adulta
Fuente: (Ptaszynska & Molina, 2007)

En la adenohipófisis se estimula la liberación de las hormonas Folículo Estimulante (FSH) y Luteinizante (LH) al torrente sanguíneo para ser transportadas a las gónadas con el fin de estimular el desarrollo de elementos germinales y endócrinos como las hormonas esteroideas que a su vez provocan sus propios efectos dependiendo de la fase del ciclo estral y la concentración de los niveles circulantes de otras hormonas (Bavera, 2005). Las hormonas sintetizadas por el eje Hipotalámico - Hipofisiario - Gonadal -Uterino, son las responsables de controlar cada evento que ocurre durante el ciclo estral mediante un sistema de regulación complejo (Figura 1), en el cual una hormona puede estimular la síntesis y liberación de una mayor cantidad de otro producto hormonal por medio de una retroalimentación positiva o inhibir su secreción en una retroalimentación negativa (Bó, y otros, 2008).

2.2 Hormonas de la reproducción

Las hormonas son sustancias químicas que actúan como mensajeros a nivel celular; para llegar a ejercer un efecto, deben unirse a proteínas específicas llamadas receptores, los cuales, dependiendo de la acción primaria de cada producto hormonal, se encontrarán en la membrana celular para las hormonas hidrosolubles y al interior de la célula para las liposolubles (Bó, y otros, 2008).

Dependiendo de su sitio de acción, las hormonas ejecutan diferentes mecanismos; son endocrinas cuando actúan sobre un órgano distante a la fuente de origen (Ptaszynska & Molina, 2007), parácrinas si ejercen su influencia en un tipo celular vecino, autócrinas cuando su efecto es en la misma célula donde se sintetizan y liberan, y neuroendócrinas si la neurona es el origen de la señal hormonal que será vertida a la sangre en las terminaciones nerviosas (Bó, y otros, 2008). Además de las clasificaciones mencionadas, se suele catalogar a las hormonas en la división clásica basándose en su estructura química (Tabla 1).

Tabla 1
Clasificación de las hormonas de la reproducción por su estructura química y lugar de origen

Hormona	Lugar de origen
1. Peptídicas	
Hormona folículo estimulante (FSH)	Adenohipófisis
Hormona Luteinizante (LH)	Adenohipófisis
Prolactina	Adenohipófisis
Oxitocina	Neurohipófisis
Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)	Hipotálamo
Gonadotropina coriónica humana (hCG)	Placenta
2. Esteroideas	
Estrógenos	Gónadas
Progesterona	Gónadas
Testosterona	Gónadas
3. Aminas	
Dopamina	Medula adrenal, SNC
4. Hormonas derivadas de ácidos grasos	
Prostaglandina	Tejido

Fuente: (Bó, y otros, 2008)

2.2.1 Hormonas hipotalámicas

Dentro de este grupo se encuentran dos hormonas principales: la primera es la *Oxitocina*, un péptido de vida media corta cuyas funciones incluyen excreción de la leche, participación en luteólisis y contracción de musculatura uterina; la segunda se conoce como *GnRH* y es un decapeptido que se encarga de la síntesis y liberación de gonadotropinas (Ptaszynska & Molina, 2007).

2.2.2 Hormonas Hipofisarias gonadales

En este tipo de hormonas de origen hipofisario y acción gonadal se encuentran la *FSH* y *LH*, ambas son glicoproteína (>200 aminoácidos) que se divide en subunidades (α y β); la primera estimula la maduración folicular y la síntesis del estradiol mientras que la segunda participa en la ruptura de la pared folicular, activación del ovocito para continuar con la meiosis y en la formación del cuerpo lúteo (Bó, y otros, 2008).

Otra de las hormonas hipofisarias gonadales es la *prolactina*, su estructura es proteica y consta de 198 aminoácidos; sus funciones son: intervenir en la lactancia,

participar en el comportamiento materno de la vaca, mantener los caracteres sexuales secundarios (Gélvez, 2016).

2.2.3 Hormonas gonadales

Son hormonas cuyo origen se encuentra en las gónadas y pueden ejercer efecto en el hipotálamo, la adenohipófisis y algunos tejidos del tracto reproductivo y además, son las responsables del desarrollo de caracteres sexuales secundarios (Senger, 2003). Dentro de las hormonas gonadales se encuentra la *relaxina*, su estructura es polipeptídica y presenta las subunidades α y β , es secretada por el cuerpo lúteo de la preñez y su principal función es la dilatación del cérvix y el canal vaginal para el parto (Bó, y otros, 2008). La siguiente hormona es la *inhibina*, la cual, al igual que la relaxina, presenta subunidades (α y β), esta sustancia proteica es liberada por las células de la granulosa y Sertoli, y es la encargada de inhibir la secreción de FSH por parte de la hipófisis (Ptaszynska & Molina, 2007).

Por otro lado, se encuentran las dos principales hormonas esteroideas gonadales; la primera es el *estrógeno*, su estructura consta de 18 carbonos, el ovario secreta tres tipos de productos estrogénicos, el principal es el estradiol-17- β seguido por estrona y estriol, cuya función es aumentar endometrio y miometrio, inducir el comportamiento del estro y actuar en la retroalimentación tanto positiva como negativa de la liberación de LH y FSH (Bó, y otros, 2008). La segunda hormona es la *progesterona*, compuesta de 21 carbonos, se secreta en el cuerpo lúteo, glándulas adrenales y la placenta; los progestágenos se encargan de preparar al endometrio uterino para la implantación del embrión, mantener la gestación y afectar o disminuir los picos de LH evitando nuevas ovulaciones durante la preñez (Ptaszynska & Molina, 2007).

2.2.4 Hormonas uterinas

El útero es el responsable de la producción de prostaglandinas, las cuales son ácidos grasos no saturados compuestos de 20 carbonos; el ácido araquidónico es el precursor de las prostaglandinas más relacionadas con la reproducción, la $PGF_{2\alpha}$ y la PGE_2 (Bó, y otros, 2008). La principal función de la PG es actuar como un potente luteolítico (Senger, 2003), aunque además participa en las contracciones uterinas,

contribuye al transporte del espermatozoides y en cierta forma, favorece la involución uterina (Ptaszynska & Molina, 2007) .

2.3 El ciclo estral bovino

Desde el punto de vista de la ciclicidad, la vaca es clasificada como una especie poliéstrica continua, es decir, su ciclo estral se presenta durante todo el año y se encuentra regulado por eje Hipotalámico - Hipofisiario - Gonadal - Uterino, el cual a su vez, se ve influenciado por áreas extra-hipotalámicas (corteza cerebral, tálamo, zona medial del cerebro) (López , Márquez , & Otero , 1997).

Se conoce como ciclo estral, al periodo comprendido entre dos celos. Según Quintela, Díaz, García , Peña , & Becerra (2006), la duración media del ciclo es de 21 días por lo general. Sin embargo, en vacas posparto la duración podría reducirse a 15 días. En este proceso, los ovarios atraviesan por cambios con el fin de producir un folículo maduro que libere un ovulo capaz de ser fecundado. Las hormonas y sus tejidos excretores juegan un papel fundamental en el ciclo estral. Flores (2013), asegura que el proceso que inicia en la pubertad y se mantiene continuo durante la vida adulta del animal aunque se puede ver interrumpido por eventos como lactancia, gestación, problemas nutricionales o situaciones de estrés. Los órganos que participan del ciclo estral son: hipotálamo, hipófisis, útero y ovarios. Cada uno se encarga de la secreción de hormonas en concentraciones y tiempos específicos para mantener la regularidad del período (Quintela, Díaz, García, Peña, & Becerra, 2006).

Los rumiantes son una especie monotoca, es decir, tiene la capacidad de concebir una sola cría por gestación, aunque en ocasiones pueden parir gemelos o mellizos (Rangel, 2014). Por lo general, las vacas suele presentar entre dos a tres ondas foliculares consecutivas que ocurren durante las etapas del ciclo estral, las cuales se dividen en tres fases: reclutamiento, selección y dominancia.

En cada onda se recluta una nueva cohorte de folículos primordiales de la reserva ovárica que crecerán gracias al efecto de un pico de la hormona folículo estimulante (FSH), después se convertirán en folículos preantrales primarios y secundarios, por último, algunos llegarán al estadio de antrales (con ovocitos detenidos en Profase I) de donde solo uno se seleccionará para ser dominante, seguir creciendo, madurar y

llegar a la fase pre ovulatoria mientras que los demás sufrirán atresia (Imagen 2); la primera onda folicular inicia siempre en el día de la ovulación (intervalo interovulatorio), la segunda comenzará entre el día 9 o 10 del ciclo para las vacas de dos ondas y en el día 8 o 9 para las de tres, y la tercera (dado el caso) iniciará entre el día 15 a 16 (Bó, y otros, 2008).

El foliculo dominante será capaz de secretar estradiol e inhibina, lo cual determinará el cese del pico de FSH, además deberá adquirir receptores de LH para continuar con su crecimiento y posterior ovulación; es importante recalcar que en el caso de la primera y segunda onda (en animales de tres ondas) el foliculo dominante sufre regresión (Ptaszynska & Molina, 2007).

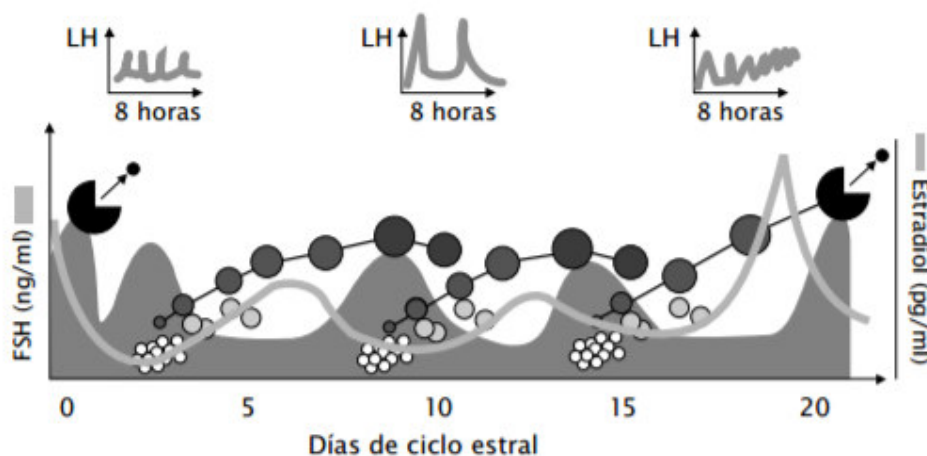


Figura 2 Dinámica folicular en un vacuno de tres olas foliculares.
Fuente: (Ptaszynska & Molina, 2007)

2.3.1 El ciclo estral bovino

El ciclo se suele dividir en dos grandes etapas. La primera se conoce como folicular o estrogénica y a su vez se compone de dos fases: proestro y estro. La segunda es luteal o progestacional y comprende también dos fases: metaestro y diestro (Palma, 2001)

La primera fase es el proestro, la cual inicia en la regresión del cuerpo lúteo del ciclo pasado y finaliza con el celo del siguiente. Su duración por lo general es de tres días y se caracteriza por la reducción abrupta en los niveles de progesterona (P4) en la sangre a niveles menores de 1 ng/ml debido a la luteólisis inducida por la

prostaglandina $\text{PGF}_{2\alpha}$ de origen uterino, como consecuencia, se retirará la retroalimentación negativa de la P4 sobre la hormona liberadora de gonadotropinas (Bó, y otros, 2008), por lo que las neuronas del hipotálamo se verán estimuladas para secreción de GnRH, esta a su vez estimulará la liberación de pulsos de LH y en menor grado de FSH a nivel de la hipófisis anterior (Palma, 2001); la hormona luteinizante estimulará al folículo dominante, el cual comenzará a producir estradiol e inhibina, mientras que la FSH liberada en esta fase, será importante para el reclutamiento y selección de los folículos del próximo ciclo, cuando los estrógenos, sobre todo el estradiol-17- β , alcanzan altos niveles, comienza la segunda fase conocida como Celos o Estro (Flores, 2013).

Según Palma (2001), en el estro, a consecuencia del estímulo del estradiol en el sistema nervioso central, se muestra el principal signo etológico relativo al proceso reproductivo que es la receptividad de la vaca hacia el macho, razón por la cual muestra pasividad y disposición a ser montada por otro rumiante, macho o hembra. La duración del celo, por lo general se encuentra entre 15 y 18 horas aunque el rango podría verse afectado por situaciones como edad, temperatura, raza y estrés. Flores (2013), señala que durante esta etapa, los estrógenos estimulan el centro cíclico hipotalámico, provocando a las neuronas a incitar la producción de la hormona GnRH; esta reacción desencadena el pico preovulatorio de LH (retroalimentación positiva).

La LH liberada causa el aumento del riego sanguíneo en el ovario, el *cumulus oophorus* (grupo de células) que rodea al ovocito comienza a disociarse y de esta forma el proceso de meiosis deja de inhibirse (de Profase I hasta Metafase II), a continuación la colagenasa de las células de la teca empieza a degradar el tejido conectivo que separa el folículo pre ovulatorio de la superficie ovárica; un incremento de $\text{PGF}_{2\alpha}$ desencadenará una serie de reacciones que dará como resultado la formación de un estigma (área delgada del ápice folicular), además producirá contracciones ováricas y foliculares provocando la ruptura del estigma y la expulsión del ovocito (ovulación) (Bó, y otros, 2008).

Entre 4 a 12 horas después, incrementará la concentración basal de FSH lo cual se encuentra relacionado con la primera onda de crecimiento folicular antes mencionada; en las 12 a 24 horas siguientes al inicio del celo, el sistema nervioso del animal se vuelve refractario al estradiol, por lo que culminan todos los procesos provocados por el mismo. En vacunos, la ovulación inicia entre 10 a 14 horas después de la finalización del estro (Cardinali, Jordá, & Sánchez , 1994).

La siguiente fase se conoce como metaestro, dura entre cuatro a cinco días y es la etapa en que ocurre la formación y crecimiento del cuerpo lúteo, el cual se encargara de la producción de progesterona con el objetivo de mantener la preñez (Castro , 1999). La membrana basal y los capilares sufren alteraciones durante la ovulación que podrían ocasionar una pequeña hemorragia; las células de la teca invaden la cavidad folicular junto con las de la granulosa y gracias a la acción de la LH comienzan a luteinizarse formando pequeñas y grandes células luteales respectivamente, dando lugar a la formación del cuerpo lúteo (Bó, y otros, 2008). En esta etapa, el incremento en la producción de progesterona a cargo de las células luteales, deprime la pulsatilidad de GnRH (retroalimentación negativa) (Palma , 2001).

Cardinali, Jordá, & Sánchez (1994), aseguran que la última fase es el diestro y dura de 12 a 15 días. El predominio del cuerpo lúteo y la producción de altos niveles de progesterona se mantiene hasta casi el final de este periodo donde comienzan a disminuir desbloqueando al hipotálamo con el fin de iniciar un nuevo ciclo. Flores (2013), señala que dentro de las funciones de esta hormona se encuentra: mantener la preñez, estimular al útero para la producción de leche uterina conocida como histótrofe y producir un tapón en la mucosa del cérvix para evitar la entrada de microorganismos al ambiente uterino.

Según Palma (2001), las células luteales grandes (derivadas de la granulosa) son fundamentales en la segregación de progesterona debido a su número y gran tamaño; al final del diestro, estas células junto con la neurohipófisis se encargan de la producción de oxitocina, la cual es responsable en parte, de la presencia de la

prostaglandina $PGF_{2\alpha}$ (retroalimentación positiva) que provocará la luteólisis para el inicio de un nuevo ciclo.

2.4 Factores que inciden en la eficiencia reproductiva

Cruz (2006), señala que en el proceso de crianza de ganado se presentan varios factores que alteran en forma directa la eficiencia reproductiva de los bovinos disminuyendo los índices de natalidad a causa de la infertilidad tanto temporal como definitiva que impide la prolificidad de los rebaños, la misma que puede depender del animal, del ambiente o del manejo del hato (Tabla 2). Según Bó , y otros (2008), la persistencia de factores como desfases en nivel nutricional, estrés calórico y la estacionalidad, podrían llegar a modificar el patrón de desarrollo folicular propio de cada animal.

Tabla 2
Factores importantes que inciden en la reproducción bovina

1. Animal	2. Ambiente	3. Manejo
Anatomía y Fisiología	Longitud del día	Registros
Genética	Temperatura	Sistema de manejo
Endocrinología	Lluvia	Detección de celos
Factores seminales	Humedad	Habilidad ganadera
Ritmos biológicos	Clima	Nutrición
Salud – Enfermedad	Sala de ordeño	Alimentación
Problemas del parto	Tamaño del Hato	Sanidad
Comportamiento	Composición del Hato	Labores
Rendimiento lechero		Rentabilidad
Condición corporal		Capacitación
		Intensificación

Fuente: Editado de (Cruz , 2006)

2.4.1 Estrés

El estrés se hace presente cuando el bovino es incapaz de hacer frente a su entorno lo que desencadena grandes pérdidas del potencial genético para la producción y reproducción (Vélez & Uribe, 2010). La eficiencia reproductiva de la hembra bovina puede verse afectada por situaciones de estrés que aturden el confort del animal como son cambios, alteraciones o disturbios de la homeostasis que pueden ser de origen interno o externo y se presenta por condiciones extremas que perturban el sistema de control del animal (Buestán, 2011).

2.4.1.1 Estrés por miedo

Las emociones como el miedo, son una causa importante de estrés, los sonidos agudos o los movimientos bruscos que asustan al animal son guardados en su cerebro en forma de recuerdos imborrables predisponiendo al animal a presentar una actitud de temor, lo que provoca incremento en la producción de la hormona del estrés conocida como cortisol; esta sustancia causa inmunodepresión, haciendo al cuerpo de los animales, más susceptible a enfermedades además de causar disminución en los índices de producción de leche, en la ganancia de peso diaria y en la reproducción (Vasquez, 2017).

El mecanismo por el cual, las situaciones estresantes afectan la reproducción se debe a la activación del eje hipotálamo-hipófisis adrenal (HHA) e inicia con la secreción de la CRH (hormona liberadora de corticotropina) en el hipotálamo, esta hormona provocará la liberación de la ACTH (hormona adrenocorticotrópica) por parte de la hipófisis, y esta a su vez, inducirá la secreción de glucocorticoides desde la corteza adrenal (Álvarez, 2008); La ACTH llegará a la corteza adrenal por circulación sistémica, donde se estimulará la producción de glucocorticoides, los cuales reducirán el efecto estimulador del estrógeno sobre el hipotálamo, impidiendo el pico de LH (Buestán, 2011).

2.4.1.2 Estrés térmico

Este tipo de estrés puede ser causado tanto por altas como por bajas temperaturas y podría evitarse en parte, con la adecuada selección de razas tolerantes y adaptadas a diferentes climas (Buestán, 2011). La sensación térmica experimentada por los animales se debe a la temperatura efectiva, la cual a su vez engloba varios factores como radiación solar, humedad relativa, ventilación y temperatura ambiente y se puede medir a través del Índice de Temperatura y Humedad (ITH); cuando la temperatura supera el rango del bienestar térmico del animal (ITH superior a 72), el cuerpo responde con mecanismos compensatorios para equilibrar la temperatura corporal como la evaporización respiratoria y cutánea, los cuales requieren de grandes gastos energéticos y muchas veces son insuficientes ante la amenaza provocando hipertermia o estrés calórico; esta situación también desencadena una producción elevada de glucocorticoides como el cortisol, el cual incrementa la

fuerza del feedback negativo (retroalimentación negativa) de los esteroides gonadales en las hembras, modificando la función de los ovarios, retrasando el desarrollo folicular y la ovulación; al estrés también se le atribuye la liberación de una serie de procesos que dan como resultado una cascada hormonal que puede bloquear la actividad del estradiol inhibiendo la conducta sexual ligada al celo (Vélez & Uribe, 2010).

2.4.2 Nutrición

Una mal manejo nutricional puede causar hipofertilidad en las hembras bovinas (López & Álvarez, 2005), el problema suele presentarse por el consumo excesivo o insatisfactorio de proteína, energía y minerales; sin embargo, la deficiencia causa daños muchos más graves que el exceso de los mismos (Granja, Cerquera, & Fernandez, 2012). El mecanismo por el cual, la deficiencia alimenticia afecta la reproducción del animal no se encuentra completamente descrito en la actualidad, sin embargo una de las teorías más recientes explica que, en una vaca con nutrición deficiente, la baja concentración de estradiol podría ejercer efectos inhibitorios sobre la secreción de GnRH del hipotálamo, lo que desencadenaría un descenso en los pulsos de LH, afectando directamente el crecimiento del fólculo dominante (Bó, y otros, 2008).

Los desequilibrios nutricionales son una de las principales causas de la infertilidad en los rumiantes y sobre todo en vacas post parto. Corbellini (2017), asegura que entre las 3 – 4 últimas semanas de gestación y las 3 - 4 primeras semanas de lactancia la madre atraviesa por una serie de cambios con distintos requerimientos nutricionales de los cuales dependerá el correcto desarrollo de la masa placentofetal, así como el éxito del siguiente ciclo estral y futura concepción.

El anestro pos parto ocurre debido a la priorización de los nutrientes que desempeña el organismo del vacuno lactante con el fin de dirigir los nutrientes que ingiere en la dieta, a la producción de leche para asegurar el bienestar del neonato, por lo que no anticipa suficientes reservas para el puerperio, impidiendo el desarrollo de oocitos almacenados que no han sido ovulados (Rivas, Suárez, & Ramirez, 2011).

2.4.2.1 Condición corporal

Se considera que la condición corporal es un parámetro que permite evaluar las reservas energéticas de las vacas de leche. La cantidad de tejido graso en puntos estratégicos del cuerpo del animal y la pérdida de masa muscular en el caso de rumiantes flacos con pocas reservas de grasa (López F. , 2006). Gastélum (1997) asegura que, las vacas en condición corporal adecuada (superior a 2,75), se encuentran en un mejor estado nutricional, por lo que suelen presentar estros cíclicos y más fértiles que aquellas en condición baja.

2.4.2.2 Minerales en la reproducción

La dieta del rumiante debe contener un balance de energía, proteína, agua, vitaminas y minerales para cubrir las necesidades de mantenimiento y producción. Sin embargo, se prioriza el consumo de energía y proteínas debido a que su requerimiento en el organismo del animal es superior a las necesidades de los minerales y en especial de los microminerales o minerales traza; no obstante, es importante recalcar que estos oligoelementos (elementos cuyo requerimiento en el cuerpo del animal no supera los 100 ppm) se encuentran formando parte de hormonas y enzimas pero no son sintetizados por el organismo, por lo que deben ser suministrados en la ración diaria por ser indispensables para el crecimiento y la reproducción (Escobosa, 2017).

Se ha demostrado que tanto la actividad reproductiva como la capacidad de defensa ante infecciones, pueden verse afectadas en mayor grado ante desequilibrios minerales, lo que a su vez podrían ocasionar patologías podales, mastitis clínicas postparto, mortalidad embrionaria, partos distócicos, retención de placenta, mayor incidencia de natimortos, endometritis, mortalidad perinatal, anestro, estro silencioso e incremento de días abiertos (Corbellini, 2017).

Tabla 3
Principales problemas reproductivos causados por deficiencias de algunos minerales según su grado de importancia

Alteración reproductiva	Zinc	Manganeso	Cobre	Cobalto
1° Abortos			X	
2° Alteraciones estrales	X		X	X
3° Retraso pubertad	X		X	
4° Bajo % gestación	X	X	X	X
5° Retraso involución uterina				X
6° Retención de placenta	X		X	
7° Anestro	X		X	X
8° Quiste folicular			X	
9° Mortalidad embrionaria			X	

Fuente: Editado de (Bejarano & Forero, 2007)

La deficiencia de algunos macro y micro minerales como zinc, calcio, fósforo, cobalto, cobre, yodo, manganeso y selenio afecta las funciones reproductivas del animal debido a las alteraciones que se producen en el eje hipotalámico hipofisario ovárico (Tabla 3), lo que provoca el desarrollo de una serie de problemas reproductivos en el rumiante (Rúgeles, 2001).

En base a lo expuesto, cabe recalcar que la presencia de cobre en el organismo se encuentra relacionada en forma directa el mantenimiento de la secreción de gonadotropina desde la hipófisis, de igual manera, tanto el zinc como el cobre son responsables de la reducción de estrés oxidativo a nivel ovárico (Bach, 2001). Además, dichos oligoelementos son fundamentales para la prevención de pérdida de la respuesta inmunitaria del animal, por lo que contribuyen a disminuir el riesgo de retención placentaria (Vela, 2012), mientras que el manganeso promueve la respuesta del tejido uterino ante los estrógenos, evitando celos irregulares o silenciosos (Rúgeles, 2001).

Por lo general, la deficiencia de oligoelementos o micro minerales en los rumiantes se debe a la baja disponibilidad de los mismos en pastos. El diagnóstico en el animal es complicado debido a que el rumiante puede encontrarse en excelente condición corporal y periodo de lactancia normal sin presentar síntomas notables del déficit de micro minerales, sin embargo los problemas inmunológicos y reproductivos serán visibles a corto plazo (Vela, 2012).

2.4.2.3 Minerales orgánicos

Los minerales pueden ser suplementados a través de su forma orgánica e inorgánica, siendo la segunda, la más común; la principal diferencia es el costo debido a que algunas fuentes son más costosas que otras, sobre todo las orgánicas. Entre las principales ventajas de suministrar minerales orgánicos a las vacas lecheras se encuentra: mejor asimilación en el organismo, mayor efectividad en el metabolismo, la absorción no depende de otros componentes de la ración, no presentan reacción en conjunto con otros componentes de las dietas y se evita el antagonismo de absorción entre los mismos minerales (Cria, Villanueva , & García, 2005).

En base a lo expuesto, cabe recalcar la importancia de suministrar el suplemento Availa 4®, debido a que cuenta con Zinc (5.15%), Manganeso (2.86%), Cobre (1.80%), Cobalto (0.18%) y aminoácidos (20.48%), de origen orgánico elaborados con una molécula patentada conocida como complejo de aminoácido con metal específico (metal amino acid complex) compuesta por un ion metálico unido a un ion aminoácido con una alta biodisponibilidad para el cuerpo del animal (Zinpro ®).

2.5 Inseminación artificial a tiempo fijo

La inseminación artificial es una biotecnología que consiste en obtener el semen de toros valiosos para introducirlo en el tracto reproductivo de las vacas por medio de instrumentos específicos evitando el contacto directo entre macho y hembra; esta técnica es muy practicada en la actualidad debido a las ventajas que presenta entre las que se encuentra: mejoramiento genético, conservación prologada de material seminal, prevención y control de enfermedades, fácil ejecución y costos asequibles (Robson, y otros, 2004).

Para ejecutar una inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es necesario aplicar protocolos de sincronización previos a la IA, para lo cual se emplea una serie de hormonas distintas con el objetivo interrumpir o reiniciar el ciclo estral de la vaca (Huanca, 2001). Esta técnica ha logrado elevar los índices de concepción en explotaciones tanto intensivas como extensivas facilitando el manejo del área reproductiva (Espinoza, 2010).

2.5.1 Métodos de sincronización

2.5.1.1 Prostaglandina (PGF_{2α})

El método tradicional de sincronización con PGF_{2α} puede ser utilizado de forma exclusiva para animales que se encuentran ciclando de forma normal; consiste en dar a los animales un periodo de observación de celos de 7 días en el cual se procede a inseminar de forma normal a los animales que presentaron signos de estro y al séptimo día se aplica una dosis de la hormona en las vacas que no se manifestó celo; de esta forma se pretende coincidir al tratamiento hormonal con la fase de diestro del ciclo estral en las vacas que no ciclaron; a partir de este método existen algunas variantes, una de ellas consiste en dos aplicaciones de la hormona con un intervalo de 12 a 14 días, teóricamente, en la primera aplicación se deberá detectar el efecto luteolítico en por lo menos el 60% de las vacas, mientras que en la segunda aplicación se debería tener el 100% de los animales en estro y 48 horas después se procede a detectar celos e inseminar; otra variación del método radica en la doble aplicación de Prostaglandina con inseminación después de la primera y segunda dosis (Becaluba, 2006).

La sincronización mediante PGF_{2α} es uno de los más utilizados actualmente, aunque cuenta con algunas limitaciones (Colazo, Mapletoft, Martinez, & Kastelic, 2007). Según Bó, Cutaia, Souza, & Baruselli (2008), uno de los principales obstáculos a tomar en cuenta es la falta de efectividad del mismo según la fase del ciclo estral en que se encuentre el animal, ya que la madurez del cuerpo lúteo influencia en forma directa sobre el tratamiento; la hormona no presenta ningún efecto si se aplica entre los primeros 5 a 6 días posteriores al celo, de esta forma el comienzo del estro se distribuye en un periodo de 6 días, por lo general, esta variación se debe al estadio del desarrollo folicular al momento del tratamiento.

2.5.1.2 Hormona liberadora de Gonadotropinas (GnRH) y prostaglandina (PGF_{2α})

Colazo, Mapletoft, Martinez, & Kastelic (2007), aseguran que este tipo de tratamiento consiste en la utilización de GnRH como inductor ovulación junto con la emergencia de una nueva onda folicular dos días después de la aplicación, en vacas

con folículo dominante de al menos 10 mm de diámetro; entre seis a siete días después, se aplica una dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y una segunda aplicación de GnRH 48 horas después con el objetivo de generar la ovulación del nuevo folículo dominante.

Según Bó, Cutaia, Souza, & Baruselli (2008), en los tratamientos Co-Synch se insemina las vacas en tiempo fijo junto con la segunda aplicación de GnRH, mientras que en los protocolos Ovsynch se insemina a las rumiantes 16 horas después de la segunda dosis de GnRH. La combinación de las hormonas GnRH con $\text{PGF}_{2\alpha}$ promueve una homogeneidad del estado folicular ovárico en el momento de la inducción de la luteólisis, por lo que el estro puede predecirse con más precisión (Ptaszynska & Molina, 2007).

Una de las principales desventajas del método es el estadio del ciclo estral al momento de la aplicación de los tratamientos. Para el protocolo Ovsynch existen dos momentos críticos del ciclo donde la probabilidad de concepción es más baja; el primero se encuentra entre los días 1 a 4 del periodo estral debido a que en el metaestro, es posible que el folículo dominante no responda a la primera aplicación de GnRH y se produzca una atresia folicular en la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$, lo que afectaría directamente la tasa de concepción y el segundo momento poco recordable para la aplicación del protocolo es durante los días 13 y 17 debido a que en esta etapa podría evitarse la ovulación del folículo dominante de la segunda en respuesta de la primera aplicación de GnRH por lo que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ endógena causa efecto luteolítico y ovulación temprana del folículo dominante generando infertilidad (Colazo, Mapletoft, Martinez, & Kastelic, 2007).

2.5.1.3 Progestágenos

Los progestágenos actúan generando un bloqueo hipotálamo-hipofisiario para simular una fase lútea (Becaluba, 2006). Colazo, Mapletoft, Martinez, & Kastelic (2007), aseguran que el principal objetivo de los tratamientos con Progesterona (P4) es suprimir el estro e inhibir la ovulación; al aplicar la hormona en dosis adecuadas, se reduce el crecimiento del folículo dominante gracias a la disminución en la frecuencia de los pulsos de LH, sin embargo, la hormona P4 no tiene efecto sobre la secreción de FSH.

En la actualidad existen varios métodos que incluyen la utilización de progesterona a los rumiantes; uno de los principales, es la aplicación de Acetato de Melengestrol (MAG), en una dosis de 0,5 mg durante 7 días, en el séptimo día, se suministra prostaglandina con el fin de provocar luteólisis en los animales que se encontraban ciclando y cuatro días después, se administra GnRH para inducir a la ovulación o luteinización folicular; dentro de las 48 a 96 horas posteriores a la aplicación de prostaglandina, se realiza la detección de celos e inseminación artificial (Becaluba, 2006).

Otra de las alternativas, es la utilización de dispositivos intravaginales bovinos, los cuales vienen impregnados con diferentes dosis de progesterona que se liberara según el metabolismo de cada animal (Bó, y otros, 2008). Lo recomendado de forma general, es que el dispositivo debe permanecer en el tracto reproductivo de la vaca durante siete a ocho días; sin embargo, en la actualidad se han desarrollado algunos protocolos que aplican algunas variantes al respecto obteniendo diferentes resultados, manteniendo el objetivo de sincronizar el desarrollo folicular y la ovulación (Colazo, Mapletoft, Martinez, & Kastelic, 2007).

2.5.2 Protocolos en estudio

2.5.2.1 Protocolo Convencional

El protocolo convencional se ubica dentro de los tratamientos con progestágenos impregnados en dispositivos intravaginales bovinos. Durante el día cero, se realiza la aplicación del dispositivo junto con la administración de Benzoato de Estradiol. Ocho días más tarde se procede a retirar el dispositivo y se coloca una dosis de Prostaglandina. En el día nueve se realiza una segunda aplicación de Benzoato de Estradiol. En el décimo día se procede a inseminar considerando que deben transcurrir entre 52 a 56 horas del retiro del dispositivo (Pfizer®).

2.5.2.2 Protocolo J-Synch

El tratamiento desarrollado en Argentina, tiene como objetivo alargar la fase del proestro del ciclo estral de la vaca con el fin de procurar una maduración folicular adecuada, la cual se verá positivamente relacionada con la fertilidad; además, la prolongación de esta etapa trae como consecuencia mayores concentraciones séricas

de estradiol, por lo que se logra incrementar la fertilidad de la vaca al momento de la inseminación, elevando la tasa de concepción (López J. , 2017).

Se inicia con la aplicación de Benzoato de Estradiol (día 0) con el objetivo de provocar atresia en la onda folicular creciente en el momento; conjuntamente, se inserta los dispositivos intravaginales de progesterona, los cuales se deberán mantener durante 6 días (Figura 3), es decir dos días menos que en los protocolos convencionales; el instante del retiro del dispositivo se suministra $\text{PGF}_{2\alpha}$ (día 6) y pasadas las 72 horas (día 9) se procede a aplicar GnRH como inductor de la ovulación a la vez que se realiza la IATF (De La Mata, 2016).

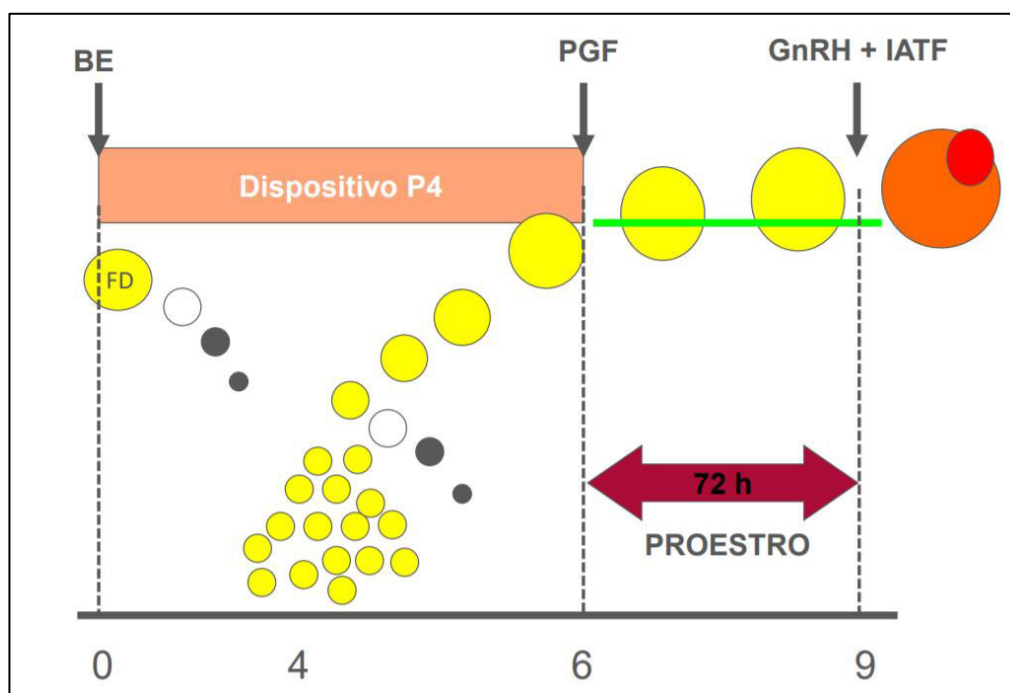


Figura 3 Protocolo de sincronización para IATF J-Synch sobre la dinámica folicular y prolongación del proestro.

Fuente: (Pérez, 2017)

En un estudio realizado en vacas Bos Taurus de carne se determinó que este protocolo mejoró la tasa de crecimiento folicular e incremento el tamaño del cuerpo lúteo de los animales lo que produjo una mayor concentración de progesterona posterior a la ovulación mejorando las condiciones para la gestación; además, se

obtuvo una tasa de preñes 59.7% cuando la condición nutricional de los animales era óptima (superior a 4 en la escala de 1 a 9), sin embargo el protocolo demostró ser negativo sobre la concepción en comparación al convencional cuando el estado nutricional era inadecuado (De La Mata, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de investigación

Según Arce (2017), la estación meteorología de la zona del estudio presenta las siguientes características:

3.1.1 Ubicación Política:

Provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, en el sector de San Fernando, Hacienda “El Prado” – IASA I.

3.1.2 Ubicación Geográfica:

La Hacienda “El Prado se encuentra en el barrio San Fernando, en las coordenadas UTM 0°, 23', 20" S y 78°, 24', 44" O.

3.1.3 Ubicación Ecológica:

- ✓ Piso altitudinal: Montano Bajo
- ✓ Región latitudinal: Templada
- ✓ Zona de vida: Bosque Húmedo
- ✓ Clasificación bioclimática: Húmedo-Temperado
- ✓ Formación vegetacional: Bosque húmedo montano
- ✓ Piso zoogeográfico: Templado - Alto andino
- ✓ Altitud: 2748 m s.n.m.
- ✓ Precipitación media anual: 1200 mm
- ✓ Temperatura media anual: 16 °C
- ✓ Humedad relativa: 65%
- ✓ Luminosidad: 12 horas luz

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Campo

Para la implementación del proyecto y recolección de muestras se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ 32 vacas de cruce Holstein con Montbéliarde con condiciones corporales de 2,5 a 3,5 y con 1 a 5 partos.
- ✓ Corrales y manga de manejo para la ecografía e inseminación artificial de vacas lecheras.
- ✓ Ecógrafo portátil de uso veterinario de marca SonoScape A6 con transductor lineal para ecografía transrectal de 7,5 MHz.
- ✓ Termo con nitrógeno líquido (capacidad 20 kg) y pajuelas tipo Cassou de 0,25 ml de raza Montbéliarde y Holstein.
- ✓ Libreta de registros
- ✓ Jeringas
- ✓ Tubos de ensayo heparinizados
- ✓ Dispositivos intravaginales en base de progestágenos (1 gr) Sincrogest para sincronización de celo en bovinos y las hormonas: Estrógeno (Gonadiol - Benzoato de Estradiol), Prostaglandina (Estrumate - Cloprostenol sódico) y GnRH (Conceptal - Acetato de Buserelina).
- ✓ Suplemento de minerales orgánicos Availa 4 ®

3.2.2 Laboratorio

Para el procesamiento de las muestras de sangre se utilizó:

- ✓ Centrifuga Centricone Precision Scientific Inc.
- ✓ Micropipeta Eppendorf
- ✓ Tubos Eppendorf
- ✓ Gradillas

3.3 Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 2 x 2 con ocho repeticiones.

3.3.1 Factores a probar

En el proyecto se probaron dos factores: un suplemento mineral orgánico y dos protocolos de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo.

3.3.1.1 Suplemento mineral orgánico

La mezcla contiene moléculas orgánicas de los oligoelementos Zinc (5,15%), Manganeso (2,86%), Cobre (1,80%), Cobalto (0,18%) y algunos aminoácidos (20,48%) esenciales para la reproducción. Los niveles para este factor se determinaron de la siguiente manera: S0 (Sin suplemento mineral orgánico) y S1 (Con suplemento mineral orgánico en una dosis de 10 g/vaca/día)

3.3.1.2 Protocolos

Se probaron dos protocolos establecidos para IATF. El primero es convencional (sistema utilizado por el proyecto de ganadería) (Figura 4). El segundo método probado se menciona como alternativo y consiste en disminuir la carga hormonal de progesterona y prolongar la fase de proestro (Figura 5). Los niveles se establecieron de la siguiente manera: P0 (Protocolo convencional utilizado en la Hacienda “El Prado”) y P1 (Protocolo J-Synch).

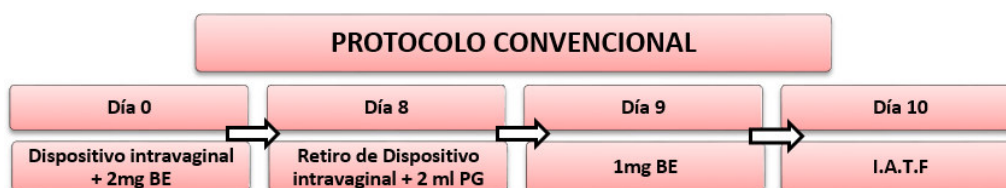


Figura 4 Línea de tiempo del protocolo convencional.

Fuente: Pfizer®



Figura 5 Línea de tiempo del protocolo alternativo J-Synch.

Fuente: (De La Mata, 2016)

3.3.1.3 Tratamientos a comparar

De la combinación de los dos factores en estudio se genera un total de cuatro tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4
Disposición de tratamientos obtenidos de la combinación de niveles de cada factor en estudio

N°	Descripción	
T1	S0P0	Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo Convencional
T2	S0P1	Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo Alternativo J-Synch
T3	S1P0	Con suplemento mineral orgánico + Protocolo Convencional
T4	S1P1	Con suplemento mineral orgánico + Protocolo Alternativo J-Synch

3.3.1.4 Tipo de diseño

El ensayo se estableció en un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 2 x 2. El diseño cuenta con ocho repeticiones de cada tratamiento.

3.3.1.5 Características de las unidades experimentales

Se contó con un total de 32 unidades experimentales, cada una compuesta por una vaca lechera cruzada entre Montbéliarde y Holstein, que se encuentra entre los 4 a los 10 años de edad, con condición corporal en un rango de 2,5 a 3,5 en la escala de 1 – 5 establecida para vacas de leche. Además, los rumiantes presentaban entre uno y cinco partos.

3.3.1.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó bajo el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + \rho_j + (\delta\rho)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

μ = efecto media global.

δ_i = efecto incremental sobre la media causado por el i-ésimo suplemento mineral orgánico.

ρ_j = efecto incremental sobre la media causado por el j-esimo protocolo.

ϵ_{ijk} = error

3.3.1.7 Esquema de análisis de varianza

Tabla 5
Descripción de las fuentes de variación del experimento

Fuentes de variación	GL
Total	31
Tratamientos	(3)
Suplemento mineral orgánico (S)	1
Protocolos (P)	1
S x P	1
Error	28

Para el caso de la variable tasa de concepción, se estableció una tabla de contingencia.

3.3.1.8 Coeficiente de variación

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x} - media} * 100$$

3.3.1.9 Análisis funcional

Se utilizó la prueba de DMS al 5% para los factores suplemento mineral orgánico y protocolos, y Duncan al 5% para tratamientos.

3.3.1.10 Regresiones y correlaciones

Se estableció la regresión y correlación entre la condición corporal, las estructuras ováricas (diámetro del cuerpo lúteo) y niveles de progesterona sérica con tasa de concepción.

3.3.2 Variables evaluadas

3.3.2.1 Tasa de concepción a los 30 días

Para determinar la tasa de concepción a los 30 días fue necesario emplear ecografía transrectal, con el fin de observar la presencia del embrión y su viabilidad.

3.3.2.2 Condición corporal a los 30 días

Se evaluó la condición corporal de los animales a los 30 días pos inseminación con el objetivo de determinar el efecto de los tratamientos sobre la misma en escala de 1 a 5 donde 1 es un animal muy flaco y 5 muy engrasado.

3.3.2.3 Pérdida embrionaria a los 60 días

A los 60 días pos inseminación, se realizó ecografía y palpación transrectal en las vacas preñadas para verificar deslizamiento de membranas, grosor de pared uterina y asimetría de cuernos con el objetivo de determinar del número de pérdidas embrionarias en un lapso de 30 días.

3.3.2.4 Tamaño del cuerpo lúteo

A los 30 días pos inseminación, se determinó la presencia y el tamaño del cuerpo lúteo en los ovarios de las vacas sometidas a tratamiento mediante el uso de ecógrafo para evaluar la funcionalidad de los mismos en la producción de la hormona progesterona.

3.3.2.5 Niveles de progesterona sérica

A los 30 días pos inseminación, se obtuvo muestras sanguíneas de la vena media de la cola de todos los animales con cuerpo lúteo de cada tratamiento con el fin de analizar los niveles séricos de progesterona de las vacas tanto gestantes como no gestantes.

3.3.3 Métodos específicos de manejo del experimento

3.3.3.1 Selección de animales

La selección de los bovinos se estableció en base a su estado reproductivo y condición corporal. Mediante palpación rectal se realizó chequeos ginecológicos para determinar la ciclicidad de las reproductoras, descartando animales con adherencias en los ovarios, anéstricas, infértiles y vacas problema con demasiados días abiertos.

Se seleccionaron 32 animales, los cuales fueron divididos en grupos de ocho para cada uno de los cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4). Las candidatas se encontraban entre el primer al quinto parto y en una condición corporal entre 2,5 a 3,5 en la escala del 1 al 5. Para identificar de forma fácil a las vacas que ingirieron el suplemento mineral orgánico, se colocó collarines de color rosado.

3.3.3.2 Plan de alimentación y suministro de micro minerales

El alimento base para los cuatro tratamientos se mantuvo de la misma forma como se ha manejado hasta el momento en la hacienda (un kilo de balanceado al día, 70 gr

de sal mineral para vacas en producción y pastoreo a voluntad en potreros compuestos por 80% de kikuyo y 20% de Ray Grass, trébol y otros). Para los tratamientos que incluían Availa 4 (T3 y T4) se suministró de forma adicional 10 gramos del suplemento mineral orgánico una vez al día durante el segundo ordeño y con 20 días de anticipación al inicio de los protocolos. La ración se mantuvo en la dieta hasta el día 15 pos inseminación.

3.3.3.3 Aplicación de protocolos e IATF

Una vez establecidas las dietas, se aplicaron los protocolos correspondientes a cada tratamiento. Para el grupo T1 y T3 se trabajó con el protocolo convencional el cual inició con la aplicación de 2 mg de Benzoato de Estradiol y la inserción del dispositivo intravaginal bovino (1 g de P4). Pasado ocho días, se retiró el dispositivo y se colocó 2 ml de Prostaglandina $F_{2\alpha}$. Al día nueve se aplicó una dosis de 1 mg de Benzoato de Estradiol y un día después (52 a 56 horas posterior a retiro del dispositivo) se realizó la inseminación artificial.

Por otro lado, para los grupos T2 y T4 se implementó el protocolo alternativo J-Synch. Comenzó el día cero con la aplicación de 2 mg de Benzoato de Estradiol y la inserción del dispositivo intravaginal (1 g de P4), el mismo que se retiró al sexto día junto con el suministro de prostaglandina $F_{2\alpha}$. En el día nueve (62 a 67 horas posterior al retiro del dispositivo), se colocó 2.5 ml de GnRH y se realizó la inseminación artificial.

3.3.3.4 Chequeos ginecológicos y ecografía

La ecografía transrectal se ejecutó en todas las vacas a los 30 días pos inseminación con el objetivo de verificar la concepción y tomar medidas del cuerpo lúteo (mm) para comparar entre tratamientos. Además, el procedimiento se repitió a los 60 días pos inseminación con el fin de determinar pérdidas embrionarias.

3.3.3.5 Determinación de la tasa de concepción

Una vez obtenidos los resultados de confirmación de preñez a los 30 días, mediante el método de ecografía descrito anteriormente, se determinó la tasa de concepción en base a la siguiente fórmula:

$$\% TC = \frac{\# \text{ hembras preñadas}}{\# \text{ hembras servidas}} \times 100$$

3.3.3.6 Determinación de progesterona en sangre

Para la toma de las muestras sanguíneas, se levantó la cola del animal sujetándola por el tercio medio, hasta colocarla en posición casi vertical. Con la otra mano se procedió a palpar el área para localizar la vena en la línea media, entre las vértebras coccígeas (Co 6 - 7). Se retiró la materia fecal y se desinfectó con algodones yodados. Se insertó la aguja y se extrajo entre 4 a 5 ml de sangre de cada animal. A continuación se trasvasó el contenido a tubos etiquetados y heparinizados para evitar la coagulación sanguínea.

Se colocó las muestras en una centrifuga Centricone Precision Scientific Inc. durante 15 minutos. Una vez separada la sangre, se extrajo el plasma sanguíneo de los tubos de ensayo mediante el uso de una micropipeta y se colocó en tubos Eppendorf etiquetados. Para la obtención del nivel de progesterona sérico (ng/ml), las muestras de suero se enviaron al laboratorio donde se analizaron con el método de Electroquimioluminiscencia en un equipo Cobas E411.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Pérdidas embrionarias en un lapso de 30 días:

Tras los chequeos ginecológicos realizados tanto a los 30 como a los 60 días posteriores a la inseminación, se verificó que no existen pérdidas embrionarias en ninguno de los tratamientos.

4.1.2 Condición corporal (CC)

Los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente en la condición corporal ($p > 0,05$) con un promedio de 2,65 y un coeficiente de variación de 10,94 % (Tabla 6).

El estado corporal de los animales se encontró entre 2,84 con el tratamiento T4 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) y 2,49 con el tratamiento T3 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional) (Figura 6).

Tabla 6
Análisis de variancia de la condición corporal de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad.
Total	31	2,86			
Tratamientos	3	0,51	0,37	2,08	0,1307
Error	28	2,35	0,08		
\bar{X}		2,65			
CV (%)		10,94			

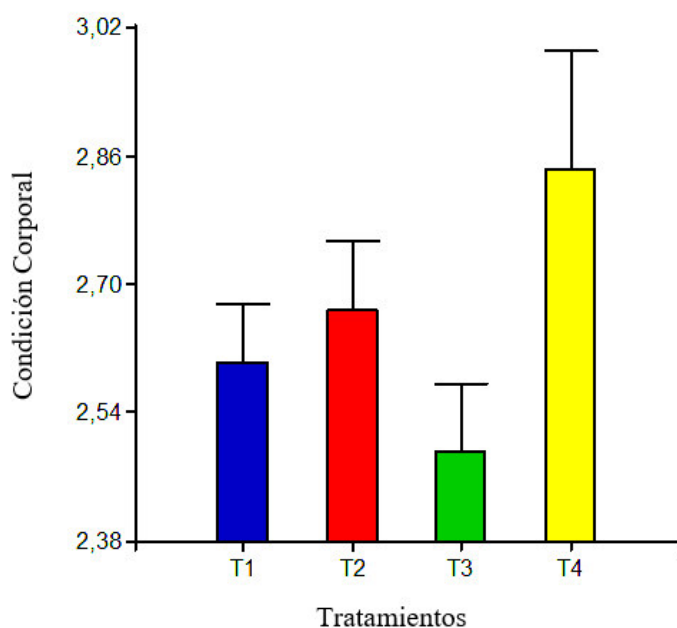


Figura 6 Condición corporal de las vacas productoras de leche a los 30 días post IATF.

Tabla 7

Condición corporal promedio por tratamiento de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos

Tratamientos	Condición corporal \pm EE
T4 Con suplemento mineral orgánico + J-Synch	2,84 \pm 0,150
T2 Sin suplemento mineral orgánico + J-Synch	2,66 \pm 0,086
T1 Sin suplemento mineral orgánico + Convencional	2,60 \pm 0,071
T3 Con suplemento mineral orgánico + Convencional	2,49 \pm 0,083

4.1.3 Tamaño de Cuerpo Lúteo (mm)

Con respecto del tamaño del Cuerpo Lúteo, los tratamientos en estudio se diferenciaron estadísticamente ($P < 0,05$) ocupando los primeros lugares T2 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) y T1 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional), con promedios de 22,90 y 22,21 mm de diámetro respectivamente, mientras que el menor promedio del diámetro del Cuerpo Lúteo se alcanzó con el tratamiento T3 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) con un valor de 17,38 mm (Figura 7, Tabla 8).

Tabla 8
Análisis de variancia del diámetro del cuerpo lúteo (mm) de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad.
Total	22	247,22			
Tratamientos	3	87,40	29,13	3,46	0,0368
Error	19	159,82	8,41		
\bar{X}		20,85			
CV (%)		13,91			

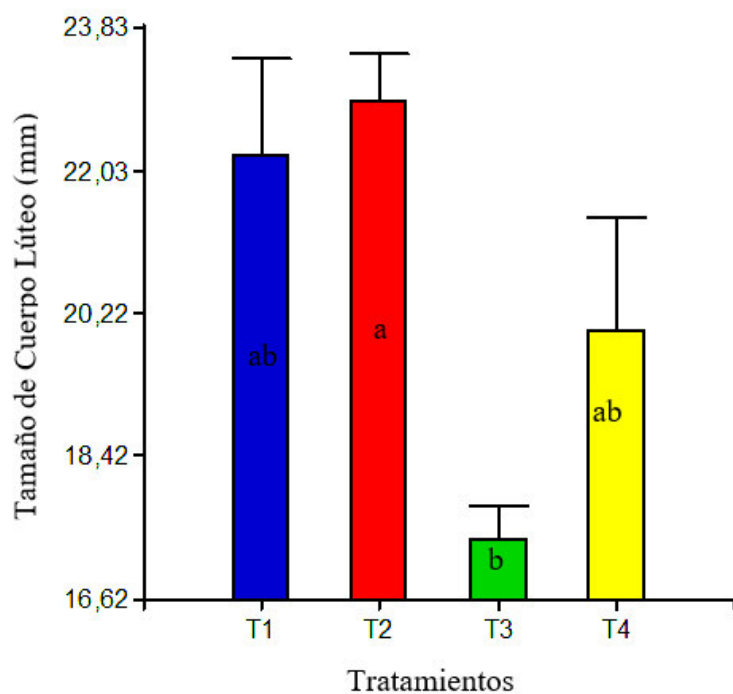


Figura 7 Tamaño del Cuerpo Lúteo (mm) de las vacas productoras de leche

Tabla 9
Cuerpo Lúteo promedio por tratamiento en el día 30 pos IATF de las vacas productoras de leche

Tratamientos	Diámetro cuerpo lúteo (mm) ± EE
T2 Sin suplemento mineral orgánico + J-Synch	22,90 ± 0,600 a
T1 Sin suplemento mineral orgánico + Convencional	22,21 ± 1,219 ab
T4 Con suplemento mineral orgánico + J-Synch	20,00 ± 1,447 ab
T3 Con suplemento mineral orgánico + Convencional	17,38 ± 0,427 b

4.1.4 Contenido de progesterona (P4) en la sangre.

Los tratamientos en estudio no se diferenciaron estadísticamente ($p > 0,05$), con un promedio general de 5,27 ng/ml y un coeficiente de variación de 53,40%. (Tabla 10). Sin embargo, en la diferencia numérica, los promedios más altos de P4 en sangre se presenta con los tratamientos T2 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) y T4 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) con valores de 7,28 y 5,48 ng/ml respectivamente, mientras que el menor promedio correspondió al tratamiento T3 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo Convencional) con 3,10 ng/ml (Figura 8).

Tabla 10
Análisis de variancia de P4 en sangre (ng/ml) en el día 30 pos IATF de las vacas productoras de leche dentro de los tratamientos

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad.
Total	21	183,13			
Tratamientos	3	40,62	13,54	1,71	0,2006
Error	18	142,51	7,92		
\bar{X}		5,27			
CV (%)		53,40			

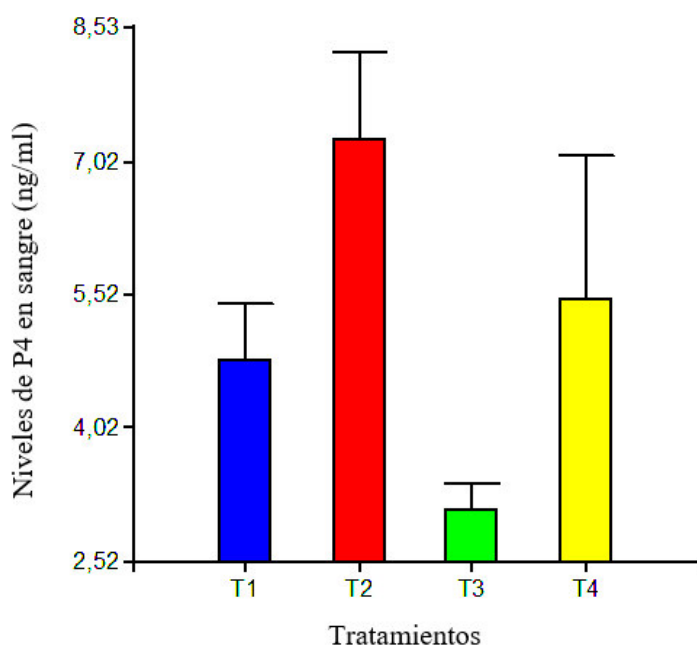


Figura 8 Niveles de P4 en sangre promedio.

Tabla 11

Niveles de P4 en sangre (ng/ml) promedio por tratamiento de las vacas productoras de leche

Tratamientos	P4 en sangre (ng/ml) \pm EE
T2 Sin suplemento mineral orgánico + J-Synch	7,28 \pm 0,978
T4 Con suplemento mineral orgánico + J-Synch	5,48 \pm 1,621
T1 Sin suplemento mineral orgánico + Convencional	4,80 \pm 0,631
T3 Con suplemento mineral orgánico + Convencional	3,10 \pm 0,307

4.1.5 Tasa de concepción

Al establecer la tabla de contingencia con los datos correspondientes a la inseminación artificial a tiempo fijo, se determinó que los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente ($p > 0,05$), probablemente debido al número bajo de animales participantes en el estudio. Sin embargo, cabe recalcar la diferencia numérica entre cada grupo; el tratamiento que alcanzó la tasa de concepción más alta fue T1 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional) (50%), mientras que el más bajo fue T3 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo

convencional) (0%), lo cual se le podría atribuir a un error de muestra debido a la baja cantidad de animales participantes en el ensayo (Tabla 12).

Tabla 12

Tabla de contingencia de la tasa de concepción de vacas productoras de leche dentro de los tratamientos

TRATAMIENTOS	PREÑADA	%	VACIA	%	TOTAL
T1 S0P0	4	50,00	4	50	8
T2 S0P1	3	37.50	5	62.50	8
T3 S1P0	0	0,00	8	100.00	8
T4 S1P1	3	37.50	5	62.50	8
TOTAL	10		22		32
CHI- CUADRADO =7.49			p= 0,0578		

T1 S0P0: Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional; **T2 S0P1:** Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch; **T3 S1P0:** Con suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional; **T4 S1P1:** Con suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch

4.1.6 Relación entre niveles de Progesterona en sangre y el Tamaño del

Cuerpo Lúteo

En la figura 9 se presenta la regresión de los niveles de P4 en sangre (ng/ml) con el Tamaño del Cuerpo Lúteo, $Y=16,97+0,77X$, con una $R^2=0.50$ que indica que un 50% de los cambios producidos en los niveles de progesterona sérica corresponden al tamaño del cuerpo lúteo.

En la figura 11 se presenta la regresión del Diámetro del Cuerpo Lúteo con la tasa de concepción, $Y=125,50+7,60X$, con una $R^2=0.76$ que indica que un 76% de los cambios producidos en la tasa de concepción corresponden al Diámetro del Cuerpo Lúteo, y por lo tanto por el incremento de un mm de Diámetro del Cuerpo Lúteo, la tasa de concepción aumenta en un 7,60%.

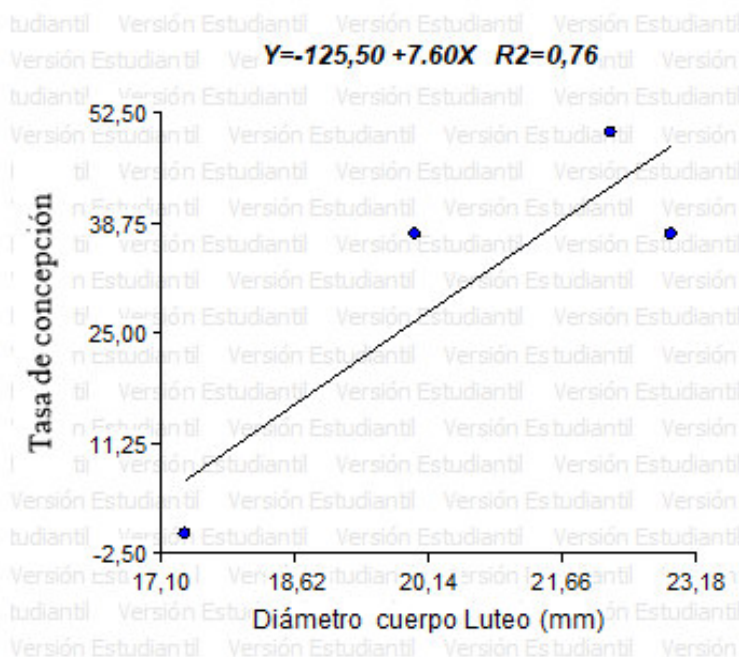


Figura 11 Regresión y coeficiente de determinación entre el Diámetro del CL con la Tasa de Concepción.

En la figura 12 se presenta la regresión del contenido de progesterona (P4) con la tasa de concepción, $Y=1071+8,12X$, con una $R^2=0.42$ que indica que un 42% de los cambios producidos en la tasa de concepción corresponden al contenido de P4 en sangre.

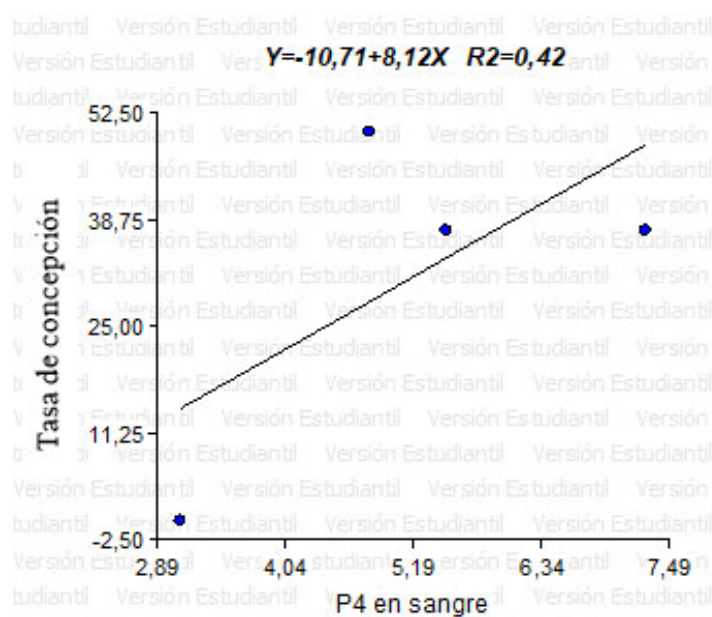


Figura 12 Regresión y coeficiente de determinación entre P4 en sangre con la Tasa de Concepción.

4.2 Discusión

El J-Synch, fue aplicado en este estudio como una alternativa al manejo actual, con el objetivo de alcanzar una mejor tasa de concepción comparado con un protocolo convencional, sin embargo, el protocolo no tuvo efecto ya que se demostró que los porcentajes de concepción para este tratamiento fueron intermedios con y sin el suministro de minerales orgánicos (37,50%), sin diferenciarse estadísticamente ($p > 0,05$) entre tratamientos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por López, (2017) en un trabajo realizado con vacas doble propósito en la Amazonia ecuatoriana, donde recalca la ausencia de diferencia significativa entre el uso de protocolos convencionales y J-Synch, a pesar de esto, señala que la diferencia numérica fue mayor para el protocolo alterno (J-Synch), este suceso podría deberse al incremento en el tamaño folicular para los animales bajo este tratamiento lo que provoca un CL más grande, con altas concentraciones séricas de progesterona.

No obstante, en un estudio reciente, Cedeño, Ré, Andrada, Curchod, & Bó (2016), obtuvieron tasa de concepción superior al 55% al aplicar el protocolo J-Synch en vacas y vaconas cruza de cebú por Bonsmara y Bonsmara puras.

En el presente ensayo, no se encontró diferencia significativa respecto al estado nutricional de los animales, no obstante, Cedeño, Ré, Andrada, Curchod, & Bó (2016), obtuvieron una tasa de concepción del 66%, 63 y 63% cuando la condición corporal se encontraba en 2,5, 3 y 3,5 respectivamente.

El factor climático puede ser un determinante importante en la variable de tasa de concepción en este tipo de estudios. Según Álvarez (2017), las lluvias excesivas suelen ser un factor causante de las cojeras o rengueras en bovinos de leche que por lo general, suelen realizar caminatas diarias hacia la sala de ordeño; el dolor y la incomodidad en vacas afectadas provoca estrés, el cual afectará directamente la ciclicidad, ovulación, fecundación y gestación del animal.

Tomando en cuenta que el ensayo se llevó a cabo entre los meses de Abril y Agosto del año 2017, se consideró importante recolectar la información climática de la zona de las fechas indicadas. Arce (2017), encargado de la estación meteorológica, señaló que los datos de temperatura máxima y mínima para los meses de importancia en el estudio en el último año fueron de: 21,1 (T max) y 8,18 (T min) en abril, 19,84 (T max) y 8,24 (T min) en mayo y 27,47 (T max) y 7,53 (T min) en junio; mientras que la pluviometría fue de 147,10, 104,60 y 45,12 mm/mes respectivamente. Estos datos exponen la presencia de humedad en los terrenos, lo que pudo provocar daño en las pezuñas, cojeras y pérdida de condición corporal, convirtiéndose en una de las causas probables para la baja tasa de concepción en algunos de los tratamientos.

Respecto al tamaño del Cuerpo Lúteo, existió una diferencia significativa, alcanzando los valores más altos los tratamientos T2 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo J-Synch) (22,90 mm) y T1 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional) (22,21 mm), con CC promedio de 2,66 en ambos métodos, sin embargo, el promedio menor de diámetro de CL registrado fue para T3 (Con suplemento mineral orgánico + Protocolo J- Synch) con CC promedio de 2,4; como se puede observar, los mayores promedios encontrados para esta variable, correspondieron a las vacas de los tratamientos que no incluían suplemento mineral orgánico como parte de la dieta.

Por otro lado, los valores de progesterona sérica no mostraron diferencia estadística, aun así, cabe recalcar que la diferencia numérica más alta se presentó en los tratamientos T2 (7,28) y T4 (5,48) en donde una vez más, T3 alcanzó el valor más bajo (3,10), lo que sugiere que el tamaño del cuerpo lúteo puede estar relacionado con los niveles de progesterona producidos. Asimismo, López, (2017), al utilizar el protocolo J-Synch en su estudio, obtuvo un promedio de 25,4 (\pm 0,2) mm de diámetro de cuerpo lúteo con un contenido de P4 de 11,4 (\pm 0,3) ng/ml, superando con este tratamiento, a los valores obtenidos con los protocolos convencionales.

Con respecto a la respuesta con el suplemento mineral orgánico, en el presente estudio no se encontró ninguna diferencia significativa, sin embargo, en un ensayo realizado por Ballantine , y otros, (2002), se determinó que el uso de Availa 4® en vacas Holstein multíparas desde los 21 días antes del parto, redujo los días abiertos y aumentó la tasa de concepción al primer servicio.

4.3 Análisis económico

4.3.1 Costos generales por tratamiento

Se determinó el costo de los tratamientos para lo cual se detalló el valor y la cantidad de los productos utilizados (Tablas 13, 14, 15, 16).

Tabla 13
Costos variables del Tratamiento uno

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Jeringas	5 u	\$0,22	\$1,10
Agujas	5 u	\$0,10	\$0,50
Catéteres de IA	8 u	\$0,13	\$1,04
Guantes	8 u	\$0,18	\$1,44
Pajuelas	8 u	\$25,00	\$200,00
Dispositivos intravaginales	8 u	\$12,07	\$96,56
Benzoato de estradiol	24 ml	\$0,38	\$9,12
Prostaglandina F _{2α}	16 ml	\$2,44	\$39,04
Total			\$348,80

Tabla 14
Costos variables del Tratamiento dos

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Jeringas	5 u	\$0,22	\$1,10
Agujas	5 u	\$0,10	\$0,50
Catéteres de IA	8 u	\$0,13	\$1,04
Guantes	8 u	\$0,18	\$1,44
Pajuelas	8 u	\$25,00	\$200,00
Dispositivos intravaginales	8 u	\$12,07	\$96,56
Benzoato de estradiol	16 ml	\$0,38	\$6,08
Prostaglandina F _{2α}	16 ml	\$2,44	\$39,04
GnRH	20 ml	\$2,07	\$41,40
Total			\$387,16

Tabla 15
Costos variables del Tratamiento tres

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Jeringas	5 u	\$0,22	\$1,10
Agujas	5 u	\$0,10	\$0,50
Catéteres de IA	8 u	\$0,13	\$1,04
Guantes	8 u	\$0,18	\$1,44
Pajuelas	8 u	\$25,00	\$200,00
Dispositivos intravaginales	8 u	\$12,07	\$96,56
Benzoato de estradiol	24 ml	\$0,38	\$9,12
Prostaglandina F _{2α}	16 ml	\$2,44	\$39,04
Suplemento mineral orgánico	2800 g	\$0,007	\$19,60
Total			\$368,40

Tabla 16
Costos variables del Tratamiento cuatro

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Jeringas	5 u	\$0,22	\$1,10
Agujas	5 u	\$0,10	\$0,50
Catéteres de IA	8 u	\$0,13	\$1,04
Guantes	8 u	\$0,18	\$1,44
Pajuelas	8 u	\$25,00	\$200,00
Dispositivos intravaginales	8 u	\$12,07	\$96,56
Benzoato de estradiol	16 ml	\$0,38	\$6,08
Prostaglandina F _{2α}	16 ml	\$2,44	\$39,04
GnRH	20 ml	\$2,07	\$41,40
Suplemento mineral orgánico	2800 g	\$0,007	\$19,60
Total			\$406,76

4.3.2 Análisis de costos por resultado

Se analizaron los costos de los tratamientos en estudio en base a los resultados obtenidos. Se encontró que T1 fue el más económico debido a la efectividad en la tasa de concepción. Sin embargo, a causa de la falta de resultados positivos en T3, no se pudo determinar un costo real del mismo (Tabla 17).

Tabla 17
Costos totales de los tratamientos en base a los resultados obtenidos

Tratamiento	Costo total	Numero de vacas	Costo por vaca	Vacas preñadas	Costo por vaca preñada
T1	348,80	8	43,60	4	87,20
T2	387,16	8	48,40	3	129,05
T3	368,40	8	46,05	-	-
T4	406,76	8	50,85	3	135,59

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El tratamiento que alcanzó la mayor diferencia numérica (aunque no estadística) en tasa de concepción fue el T1 SOP0 (Sin suplemento mineral orgánico + Protocolo convencional).
2. Bajo la aplicación del protocolo J-Synch se alcanzó el mayor contenido de progesterona en sangre (7,28 ng/ml) comparado con el protocolo convencional (4,8 ng/ml).
3. El suplemento mineral orgánico no mostró un efecto en el tamaño cuerpo lúteo en vacas lecheras.
4. Las precipitaciones que se presentaron en los meses de Abril y Mayo podrían ser una de las probables causas de las bajas tasas de concepción encontradas en este estudio.
5. El costo por vaca preñada en T1 fue 55,4% más barato respecto al T4.

5.2 Recomendaciones

1. Por ahora se puede seguir utilizando el Protocolo Convencional y sin la aplicación del suplemento mineral orgánico.
2. Al realizar el ensayo se deberá tomar en cuenta la condición climática para evitar pérdida de condición corporal y bajas tasas de concepción a causa de las cojeras producidas por las lluvias excesivas.
3. Es importante realizar un ensayo para determinar la dosis adecuada del mineral orgánico Availa 4® o el tiempo de suministro para los animales de esta ganadería en particular, basándose en las condiciones actuales con que se maneja al rejo.
4. Se recomienda realizar esta investigación en una ganadería de producción de leche con un mayor número de animales.

5. Mejorar las condiciones nutricionales del hato en general previa inseminación para evitar problemas en la ciclicidad y al parto.

5.3 Bibliografía

- Álvarez, C. (2017). *Efecto de la raza de toro y factores ambientales sobre el porcentaje de gestación en la provincia de Cañar*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Álvarez, L. (2008). Efectos negativos del estrés sobre la reproducción en animales domesticos. *Archivos de zootecnia*, 57, 39-59.
- Arce, M. (20 de Julio de 2017). Datos Multianuales de Hacienda El Prado 1998-2017. (S. Ruiz , Entrevistador)
- Bach , A. (2001). *La reproducción del vacuno lechero: nutrición y fisiología*. . Obtenido de FEDNA: <file:///C:/Users/SARY/Documents/RESPALDO%20ABR/escritorio/TESIS/Inge.%20Vela/Reproducción%20y%20nutricionyfisiologia.%20FEDNA.pdf>
- Ballantine , H., Socha , M., Tomlinson, D., Johnson, A., Fielding, A., Shearer, J., & Van Amstel, S. (2002). Effects of Feeding Complexed Zinc, Manganese, Copper, and Cobalt to Late Gestation and Lactating Dairy Cows on Claw Integrity, Reproduction, and Lactation Performance. *The professional animal scientist*, 18, 211-218. doi:[http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31524-2](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31524-2)
- Bavera , G. (2005). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/71-fisiologia_reproductiva_del_bovino.pdf
- Becaluba, F. (2006). *Producción animal* . Obtenido de Métodos de sincronización de celos en bovinos: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/92-metodos_sincronizacion.pdf

- Bejarano, R., & Forero, N. (2007). Efecto de la suplementación de zinc, cobre quelatados y selenio de fuente orgánica sobre los niveles sanguíneos y la calidad de la leche en la raza Holstein en el Cic Santa María. Bogotá. Recuperado el 18 de Marzo de 2017
- Bó , G., Armonía , A., Caccia , M., Carcedo , J., Cutaia, L., Moreno , D., . . . Baruselli , P. (2008). *Fisiología de la Reproducción de la Vaca* . Córdoba: Instituto de Reproducción Animal Córdoba .
- Bó, G., Cutaia, L., Souza, A., & Baruselli, P. (2008). *Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC)*. Obtenido de Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche: <http://www.syntexar.com/descargas/5GABRIEL%20A%20BO%20SYSTEMATIC%20REPRODUCTIVE%20MANAGEMENT%20IN%20DAIRY%20FINAL.pdf>
- Buestán, P. (2011). Fisiología del estrés y sus efectos sobre la reproducción de la hembra bovina . Cuenca , Ecuador : Universidad de Cuenca .
- Cardinali, D., Jordá, J., & Sánchez , E. (1994). *Introducción a la cronobiología: Fisiología de los ritmos biológicos* . Cantabria: Servicio de publicaciones Universidad de Catabria .
- Castro , Á. (1999). *Producción bovina*. San José : Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Cedeño, J., Ré, M., Andrada, S., Curchod, G., & Bó, G. (2016). *Tasa de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo con un protocolo J-synch utilizando dispositivos Synkro XY*. Obtenido de Proagrolab: <http://www.proagrolab.com.ar/wp-content/uploads/2016/06/INFORME-SYNKRO-J-SYNCH-FINAL.pdf>
- Colazo, M., Mapletoff , R., Martinez , M., & Kastelic , J. (2007). El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas (Argentina). *Ciencia Veterinaria*, 9, 4-19. doi:1515 - 1883

- Corbellini, C. (2017). Recuperado el 7 de Abril de 2017, de Veterinarios or: <http://veterinarios.or.cr/app/webroot/files/doc/documentos/Momento-Cientifico/Influencia-de-la-nutricion-en-la-vaca-lechera-en-transicion-Carlos-Corbellini.pdf>
- Cria, J., Villanueva , R., & García, J. (2005). *Producción animal* . Obtenido de Avances en nutrición mineral en ganado bovino: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/112-Minerales.pdf
- Cruz , A. (2006). Principales factores que afectan la prolificidad del ganado vacuno en latinoamerica. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 7, 1-11. Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101006/100605.pdf>
- De La Mata, J. (Abril de 2016). Prolongación del proestro y reducción del periodo de inserción del dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne inseminadas a tiempo fijo. . Córdoba, Argentina : Universidad Nacional de Córdoba.
- Diskin, M., Mackey, D., Roche, J., & Sreenan, J. (2003). Efectos de la nutrición y el estatus metabólico sobre las hormonas en circulación y el desarrollo folicular ovárico en el ganado bovino. *Animal Reproduction Science*, 78, 345-370. Recuperado el 5 de 3 de 2017
- Escobosa, A. (2017). Recuperado el 7 de Mayo de 2017, de http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Requerimientos_de_Vacunos_de_Leche.pdf
- Espinoza, M. (2010). *Iracbiogen*. Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de <http://www.iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/Trabajo%20Final%20Marcia%20Espinosa.pdf>
- Flores, S. (2013). Análisis zootécnico de la lactoinducción hormonal en vacas y vaconas Holstein estériles para su aprovechamiento lechero en la hacienda el prado. Sangolquí: Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE.

- Galvis, R., & Correa, H. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: ¿es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido? *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15, 36-50. Recuperado el 16 de Abril de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243075>
- Galvis, Rubén, & Correa, Héctor. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15, 36-50. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243075>
- Gastélum, E. (Diciembre de 1997). *Efecto de la condición corporal sobre la reproducción de las vacas*. Obtenido de Geocyt : <http://geocyt.com/simorg/pdfs/GENETICA-Y-REPRODUCCION/Efecto%20de%20la%20condicion%20corporal%20sobre%20la%20reproduccion.pdf>
- Gélvez, L. (Marzo de 2016). *Mundo Pecuario*. Obtenido de Hormona prolactina en los animales: http://mundo-pecuario.com/tema168/endocrinologia_animales/hormona_prolactina-877.html
- Granja, Y., Cerquera, J., & Fernandez, O. (2012). Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4, 458-472.
- Huanca, W. (2001). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12, 161-163. Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/3808/1/revista_de_investigaciones_veterinarias_del_peru05v12n2_2001.pdf
- León, C. (1981). *Manejo de sistemas de producción de leche en el trópico*. Turrialba, Costa Rica: Fundación W K Kellogg. Obtenido de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2937/Ma>

nejo_de_sistema_de_Produccion_de_leche_en_el_tropico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- López , A., Márquez , I., & Otero , L. (1997). Concentración de progesterona sérica en hembras bovinas en diferente época. *Gaceta de Ciencia Veterinarias*, 1, 35-42.
- López , F. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 4, 77-86. Obtenido de <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/40>
- López , J. (2017). Comparación de protocolos de IATF convencionales con un protocolo con proestro prolongado en vacas doble propósito en la amazonía ecuatoriana . Napo , Ecuador .
- López , O., & Álvarez , J. (2005). *Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)*. Obtenido de Consejos prácticos para alimentar y reproducir bien a nuestras vacas lecheras: <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2005/REVISTA%2003/20%20CONSEJOS%20PRACTICOS.pdf>
- Palma , G. (2001). *Biotecnología de la reproducción*. Buenos Aires: Inta.
- Pérez, S. (2017). *INIA*. Obtenido de <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estrategia/P%C3%A9rez%20Wallace%20Santiago.pdf>
- Ptaszynska, M., & Molina , J. (2007). *Compendium de reproducción animal*. Montevideo: Intervet Internacional.
- Quintela, L., Díaz, C., García , P., Peña , A., & Becerra , J. (2006). *Ecografía y reproducción en la vaca*. Santiago de Compostela: Publicaciones e intercambio científico.

- Rabiee, A., Lean , I., Stevenson , M., & Socha , M. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, *93*, 4239-4251. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2010-3058>
- Rangel , P. (11 de Marzo de 2014). *Ganadería intensiva* . Obtenido de http://www.ganaderia-intensiva.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=205:ciclo-estral-en-bovinos
- Rivas , P., Suárez , Á., & Ramirez , E. (2011). Influencia de las hormonas metabólicas la nutrición en el desarrollo folicular en el ganado bovino: implicaciones prácticas. *Revista de Medicina Veterinaria*, *21*, 155-173.
- Robson, C., Aguilar , D., López, S., Calvi, M., Cerlser , R., Flores, F., & Gómez, M. (2004). *Producción animal*. Obtenido de Inseminación artificial en bovinos: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/188-Inseminacion_2004.pdf
- Rúgeles, C. (2001). Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. *Revista MVZ Córdoba*, *1*, 24-30. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/693/69360104.pdf>
- Senger, P. (2003). *Pathways to pregnancy and parturition* . Washington D. C.: Current Conceptions .
- Vasquez, Y. (2017). *Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC)*. Obtenido de Evaluación de los diferentes factores que afectan la reproducción bovina con relación a bienestar animal: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4859/Vasque%20Chaigneau%20c%20G.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20diferentes%20factores%20que%20afectan%20la%20reproducci%C3%B3n%20..%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vela , D. (Octubre de 2012). Efecto del suministro de minerales quelatados parenterales y grasa by-pass sobre la fecundidad de vacas lecheras en programas de inseminación a tiempo fijo (IATF). Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Vélez , M., & Uribe , L. (2010). Como afecta el estrés calórico en la reproducción. *Biosalud*, 9, 93-95. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502010000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Zinpro. (s.f). Obtenido de <https://www.zinpro.com/products/ava-ila-mins/ava-ila-4>