



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación

Departamento de Negocios e Ingenierías

Maestría en Agronegocios

**PLAN DE NEGOCIOS PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
GENÉTICO, MEDIANTE FERTILIZACIÓN IN VITRO Y TRANSFERENCIA DE
EMBRIONES, EN EL NORTE DE VERACRUZ**

Tesina que para obtener el Grado de Maestro en Agronegocios
presenta

José Luis Martínez Núñez

Puebla, México.

Marzo de 2016.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Departamento de Negocios e Ingenierías

Maestría en Agronegocios

Por este medio nos permitimos informar a Uds. la aprobación de la Tesina:

**"PLAN DE NEGOCIOS PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
GENÉTICO MEDIANTE FERTILIZACIÓN IN VITRO Y TRANSFERENCIA DE
EMBRIONES. ESTUDIO DE CASO EN EL NORTE DE VERACRUZ",**

que presenta el alumno: **José Luis Martínez Nuñez** (Matrícula 39500071, ID: 3334127),
como requisito para obtener el Grado de Maestría en este programa académico.

Comité Revisor:

Director

Dr. Ezequiel Arvizu Barrón.

Vocal

Dra. Yésica Mayett Moreno.

Secretario

Dr. Manuel González Pérez.

Puebla, Puebla a 15 de marzo de 2016.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I. ORGANIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO.....	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3 OBJETIVOS GENERAL	9
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
CAPÍTULO II. ANTECEDENTES	11
2.1 CONTEXTO	12
2.1.1 Contexto de la ganadería en la zona norte de Veracruz	12
2.1.2 Municipio de Tihuatlán	13
2.1.3 Características de la ganadería bovina del Estado de Veracruz.	14
CAPÍTULO III. MARCO DE REFERENCIA	19
3.1. Sistemas de Producción.....	19
3.2 Bovinos	19
3.3. Importancia de las Bases de Datos	22
3.4. Estructura de las Bases de Datos.....	23
3.5. Áreas de estudio	24
CAPÍTULO IV MARCO TEÓRICO	26
4.1 FECUNDACIÓN IN VITRO (FIV)	26
4.1.1 Indicaciones.....	27
4.1.1.1 Esterilidad femenina por patología tubárica.....	27
4.1.1.2 Esterilidad femenina por disfunción ovárica	27
4.1.1.3 Esterilidad por factor masculino.....	27
4.1.4 Anticuerpos anti-espermatozoides.....	28
4.2 Etapas.....	28
4.2.1 Estimulación ovárica.....	28
4.2.2 Extracción de ovocitos de los ovarios	29
4.2.3 Identificación de los ovocitos	30

4.2.4 Preparación del semen	30
4.2.5 Inseminación/ Microinyección de los ovocitos	30
4.2.6 Valoración de la fecundación	31
4.2.7 Cultivo embrionario.....	31
4.2.8 Transferencia embrionaria	32
4.2.9 Microinyección espermática (ICSI)	32
4.2.10 Anomalías de los parámetros seminales	33
4.2.11 Uso de espermatozoides testiculares	33
4.2.12 Ciclos previos de FIV con baja tasa o ausencia de fecundación.....	33
4.3 Decumulación de los ovocitos.....	34
4.4 Selección de los ovocitos maduros.....	34
4.5 Preparación de la placa de micro-inyección.....	35
4.6 Preparación del equipo de micromanipulación.....	35
4.7 Micro-inyección	35
CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE NEGOCIOS.....	36
5.1 PRODUCCIÓN DE EMBRIONES	42
5.1.1 Selección y manejo de vacas donadoras.....	42
5.1.2 Superovulación de donadoras	43
5.1.3 Obtención de los ovocitos.....	43
5.1.4 Selección de los ovocitos.....	43
5.1.5 Maduración In Vitro de ovocitos	44
5.1.6 Fecundación In Vitro de los ovocitos	45
5.1.7 Cultivo y/o Incubación In Vitro de embriones.....	45
5.1.8 Sexado de embriones	46
5.1.9 Selección y manejo de vacas receptoras.....	46
5.1.10 Transferencia de embriones a la receptora	46
5.1.11 Inseminación Artificial (IA)	48
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	50

RESUMEN

El presente proyecto comprende principalmente la producción y transferencia de embriones sexados, para lo cual se hará uso de tecnologías tales como la Fertilización In Vitro e Inseminación Artificial, el cual requerirá la construcción de un laboratorio y posteriormente equiparlo con los implementos necesarios para poder llevar a cabo dicha producción, así como actividades de asistencia técnica y capacitación a los productores, enfatizando temas de reproducción, y mejora genética para lograr la eficiencia productiva de los hatos. De llegar a implementarse este proyecto, se generarían ingresos y fuentes de empleo para ganaderos pequeños y medianos del Norte de Veracruz, así como mejor ganado de doble propósito (carne y leche).

ABSTRACT

This business plan includes the sexed embryos as an alternative of additional incomes for small and medium cattle producers in the North of the State of Veracruz. In vitro fertilization and artificial insemination are an alternative to make this possible, and it would be necessary to build a laboratory and all equipment, and be complimented with technical assistant and training to all ranchers, focusing in breeding, genetic improvement. As it was demonstrated, this project is profitable and it will be able to increase the cattle reproduction for all producers and ranchers in the region, as well as their incomes and social stability.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas, 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria. Aproximadamente, 30 millones corresponden a tierras de cultivo, y 115 millones son de agostadero. Además, los bosques y selvas cubren 45.5 millones de hectáreas (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009: 36).

Las actividades pecuarias tienen lugar en 109.8 millones de hectáreas en el trópico, que corresponden al 23% de la zona tropical del país, 28 % se ubica en la zona templada, y el 49% en las áreas desérticas o semidesérticas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2007: 9).

La región tropical comprende parte de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, el sur de Tamaulipas y San Luis Potosí, específicamente la Huasteca potosina (Suárez y López, 1997: 4).

Durante el año 2009, en Veracruz, 66 % de la producción de carne fue en la planicie norte del estado (Iruegas, 2010; 1-52). Aunque esta es una zona de rica tradición en la producción de bovinos, particularmente en su engorda, la producción de carne y leche ha disminuido, como resultado del efecto del cambio climático en la zona y malas prácticas en el desarrollo genético del hato..

El término innovación se define como la introducción exitosa de nuevos conocimientos y tecnologías en los procesos social y productivo (Hartwich, F., L. Ampuero, T. Arispe, V. Eguez, J. Mendoza, y A. Alexaki. 2008), y es reforzado por Muñoz y Altamirano (2008), que menciona que además debe generar riqueza, por lo tanto el término eficiencia cobra también relevancia, entendiendo ésta como un uso más racional de los recursos, y en términos técnicos, la forma de medirla es mediante algún indicador de productividad (Espinosa, G., J. A., T. A. González, A. A. Luna, V. Cuevas, G. Moctezuma, S. F. Góngora, J. L. Jolalpa, y A. Vélez., 2010: 218).

Aunque el término productividad emerge por primera vez de la escuela fisiócrata, considerado por mucho tiempo impreciso (Farcí, 2007: 187-205). Otro concepto relacionado con la productividad es el de eficiencia técnica, que relaciona insumos y productos mediante un proceso de producción, que no utiliza más insumos de los necesarios para obtener un nivel dado de producción, dada la tecnología existente (Miller y Meiners, 1990: 254-273).

Con base en lo planteado anteriormente, la innovación en las actividades agropecuarias se ve afectada por muchos factores; de tipo económico, como es la

rentabilidad (Solís, 2009: 202-219), o el tamaño de la empresa (Ward, 2008: 851-863). Factores socioeconómicos como los encontrados por (Greig, 2009: 699-715) como el grado de educación-capacitación, acceso a la tecnología o disponibilidad de tierra.

Aunque en México se han realizado estudios sobre identificación de factores de innovación (Boris, 2008:360-367), no se ha estudiado con detalle los factores que afectan la innovación y la productividad en las actividades pecuarias, concretamente en la ganadería de doble propósito y carne en el estado de Veracruz (Orozco, 2009: 551-555)

Por lo que mediante este trabajo se pretende hacer un análisis de la transferencia de tecnología llamada; Fertilización in vitro de embriones para bovinos, mediante la creación y puesta en marcha de un laboratorio de mejoramiento genético para la zona norte del estado de Veracruz.

CAPÍTULO I. ORGANIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo el estado de Veracruz de los mayores productores de ganado en el país, existen zonas en las que por falta de implementar tecnologías innovadoras que hoy en día son viables para el impulso de la actividad ganadera en el trópico, no se han desarrollado por la escasa implementación de dichas tecnologías (La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2003).

En el norte del estado Predominan las pequeñas y medianas explotaciones ganaderas, mayoritariamente de ganado criollo o con un bajo nivel de mejora genética, con parámetros productivos y reproductivos relativamente bajos, situación que genera una ineficiencia productiva, que se refleja negativamente en la rentabilidad de dicha actividad.

Una de ellas es la del mejoramiento genético, sin embargo está práctica no es accesible para pequeños productores por el alto costo que esto implica.

Es por eso que se hace necesario implementar tecnología accesible mediante un laboratorio que permita desarrollar el sector ganadero en la parte norte del estado por lo que se propone mediante esta investigación aplicada, conocer la viabilidad y rentabilidad de ejecutar un proyecto de innovación y transferencia de tecnología a través de la implementación de un programa de mejoramiento genético en ganado bovino mediante las técnicas de Fertilización In Vitro (FIV) y Transferencia de Embriones (TE) a precios accesibles para los productores.

Dentro de los beneficios que se vislumbran obtener durante la ejecución del proyecto se tiene contemplado, incrementar y repoblar los hatos con animales de calidad genética superior, mejorar los indicadores de producción y reproducción del ganado bovino, contar con un inventario en calidad y cantidad capaz de abastecer la demanda de la región, entre otros (SAGARPA,2003).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Siendo la ganadería uno de los sectores relevantes del sector agropecuario del estado de Veracruz, y tratándose de la zona norte del mismo, donde el hato ganadero es de gran importancia para el desarrollo socio económico de la zona, se pretende con este proyecto darle la oportunidad a los pequeños y medianos ganaderos quienes no tiene los recursos ni el conocimiento tecnológico, a que mejoren su hato mediante los apoyos tecnológicos existentes como es la

fertilización in vitro y la transferencia de embriones, debido a que en la zona no existe empresa que preste este servicio, al acercarlo seguramente podrán tener acceso dada la cercanía que facilitará su implementación y a su vez con costos más accesibles.

Esto sin duda traerá mayor desarrollo en cuanto a calidad y mejorando genéticamente el hato ganadero de la zona lo cual redundará en una mejor calidad de vida para estos pequeños productores.

El Estado de Veracruz posee una gran diversidad agroclimática y por ende un potencial productivo agropecuario, es considerado como uno de los estados con mayor producción en los sectores agrícola, forestal, pecuario y pesquero. A la ganadería se dedican tres millones seiscientos mil hectáreas, lo que significa el 50.6% de la superficie total del Estado, el sistema predominante es el extensivo. (Herrera, 2005: 239-290).

El estado de Veracruz tiene un inventario de 3, 926,683 cabezas de ganado bovino, de las cuales 3, 866,149 (96.7%) son considerados de doble propósito (carne y leche) y 60,534(3.3%) son ganado especializado productor de leche, este último situado en las partes altas del estado. La vocación ganadera de Veracruz ha colocado al estado como el primer productor de bovinos del país, y entre los primeros abastecedores de carne de bovino en canal (aporta el 14.4% de la producción nacional) y ocupa el quinto lugar en la producción de leche.

Sin embargo existen zonas como la arriba mencionada que cubre la zona norte del estado que tiene un gran potencial y al mismo tiempo áreas de oportunidad, como la que se puede dar con la implementación de innovaciones tecnológicas como la propuesta en este trabajo aplicado, mejora genética mediante fertilización in vitro, que redunda en desarrollo del hato y de las personas que viven de este sector.

1.3 OBJETIVOS GENERAL

Conocer la viabilidad y rentabilidad de la puesta en marcha de un laboratorio de mejoramiento genético mediante la fertilización in vitro y transferencia de embriones, para la zona ganadera del norte del estado de Veracruz.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar a través de un diagnóstico del sector ganadero de la zona norte de Veracruz la situación actual en aspectos social, económico, técnico y productivo de las diferentes Unidades de Producción Pecuaria de dicha zona geográfica

2. Conocer la viabilidad del montaje y puesta en marcha de un laboratorio para mejora genética en el norte de Veracruz mediante un estudio de mercado.
3. Conocer la rentabilidad del laboratorio mediante el análisis financiero.
4. Proponer el plan de negocios y sus respectivas estrategias para la puesta en marcha.
5. Determinar la rentabilidad de las Unidades de Producción Pecuaria encuestadas de bovinos productores de carne y bovinos productores de doble propósito.

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

El Estado de Veracruz, cuenta con un alto potencial productivo para la ganadería bovina. La región Norte, se destaca por su sistema de producción semi-intensivo basada en praderas con pastos inducidos y ganado de doble propósito. La región agrupa al 18.44 por ciento del inventario estatal y los municipios más importantes son (Tabla 1):

Tabla 1. Sistema de producción de ganadería bovina en el Estado de Veracruz
Fuente (www.siap.gob.mx)

Municipio	Vientres	Sementales	Vaquillas	Novillos/Tor	Becerras He	Becerras Ma	Crías	TOTAL
			12-24 meses	mayores a 12	8-12 meses	8-12 meses	Lactantes	CABEZAS
Ozuluama de	95,759	3,751	17,657	962	15,179	7,826	31,548	172,682
Panuco	93,313	4,048	12,296	1,060	8,356	3,427	27,143	149,643
Tantoyuca	62,835	2,412	10,191	611	5,966	2,583	19,114	103,712
Tempoal	56,559	2,277	9,846	999	5,365	2,260	18,771	96,077
Tampico Alto	34,895	1,342	4,456	81	6,007	2,737	4,930	54,448
Tuxpan	33,691	1,328	6,908	781	4,518	2,312	9,038	58,576
Chicontepec	33,559	1,816	5,893	621	4,385	2,502	7,589	56,365
Papantla	32,693	1,272	5,801	1,286	6,573	3,565	5,625	56,815
Tamiahua	32,625	1,332	4,792	206	3,758	2,205	8,075	52,993
Temapache	22,521	961	4,048	447	3,283	1,568	6,307	39,135
Ixhuatlán de	21,726	989	2,930	381	2,021	1,332	4,109	33,488
Chontla	19,365	719	3,532	335	3,709	2,301	4,286	34,247
Tecolutla	18,184	758	4,281	688	3,842	2,112	3,153	33,018
Tantima	17,253	776	3,109	634	3,671	2,061	3,950	31,454
Platan Sánchez	16,893	663	3,162	118	1,629	1,031	4,897	28,393
Tehuacán	14,663	591	2,597	435	1,866	1,075	3,195	24,422
Tlachichilco	10,771	550	1,643	321	1,100	606	2,303	17,294
Tamalin	10,422	408	1,711	85	1,616	903	2,834	17,979
Coatzacoatlán	9,318	384	2,035	596	2,066	1,224	1,980	17,603
El Higo	9,057	465	1,602	46	984	458	2,879	15,491
Cazones de	8,833	390	1,867	292	1,882	801	1,522	15,587
Coyutla	8,217	364	1,765	361	1,730	961	1,658	15,056
Naranjos Am	7,045	301	1,506	135	1,168	869	1,425	12,449
Tepetzintla	6,862	327	1,505	240	998	556	1,790	12,278
Zontecomatlán	6,785	326	664	95	880	347	880	9,977
Ixcatepec	6,123	280	1,317	14	973	541	1,741	10,989
Texcatepec	6,116	447	576	182	626	227	1,037	9,211
Espinal	6,105	236	1,399	367	1,469	555	843	10,974
Chalma	5,813	338	975	80	829	430	1,371	9,836
Pueblo Viejo	5,369	255	507	16	1,049	480	439	8,115
Benito Juárez	5,093	288	794	50	659	333	982	8,199
Castillo de T	5,056	177	821	70	720	360	1,059	8,263
Chiconame	5,052	268	796	13	582	311	1,240	8,262
Tancoco	4,996	218	765	101	990	512	1,137	8,719
Chinampa de	4,984	241	909	66	949	637	1,062	8,848
Gutiérrez Za	4,469	202	1,357	416	1,000	644	908	8,996
Huayacocotl	4,301	264	469	444	608	431	764	7,281
Cerro Azul	4,194	196	893	278	709	342	1,234	7,846
Zacualpan	4,025	221	318	297	570	357	579	6,367
Coxquihui	3,306	132	508	192	542	299	737	5,716
Coahuatlán	2,213	84	396	18	351	208	494	3,764
Ilamatlán	2,042	157	211	62	267	113	346	3,198
Citlaltépetl	1,980	88	489	2	437	307	303	3,606
Zozocolco de	1,335	64	344	30	275	145	316	2,509
Filomeno M	646	43	100	76	141	77	139	1,222
Mecatlán	448	25	66	8	82	45	86	760
Chumatlán	321	20	61	20	38	17	74	551
Poza Rica de	231	11	31	2	40	29	40	384
TOTALES	768,062	32,805	129,899	14,620	106,458	55,022	195,932	1,302,798

Con un hato aproximado de 1,300, 000. Cabezas de ganado en toda la región, según la asociación ganadera del norte del estado de Veracruz.

El sector exige, producir con mayor eficiencia, tanto en cantidad y calidad, para abastecer un mercado cada vez más amplio y exigente, esto es posible resolver en parte con la producción de ganado bovino de razas genéticamente mejoradas, sin embargo el alto costo de vientres y sementales referidos, no está al alcance de pequeños productores.

Las biotecnologías aplicadas a la reproducción animal posibilitan el incremento de los índices productivos, a través de las mejoras introducidas en las diferentes especies animales de interés zootécnico a un precio más accesible para los productores. Es por eso que las alternativas más viables y con las que se han tenido resultados favorables son la Producción y Transferencia de Embriones Sexados, Fertilización In Vitro e Inseminación Artificial, estas técnicas de manipulación genética permitirán programar el nacimiento de hembras o machos, aumentar el hato con animales genéticamente superiores, obtener mejores parámetros productivos reproductivos, beneficios en la comercialización, explotación del ganado a un bajo costo y por ende mejorar los ingresos de los productores (FAO,2016: 1). El impacto económico que se lograra justifica su uso ya que mejora la rentabilidad total del sistema de producción.

2.1 CONTEXTO

El estado de Veracruz, se caracteriza por sus riquezas naturales, playas, petróleo, pesca, industria y en especial su sector agropecuario el cual está marcado por la excelente participación que tiene la ganadería, la zona norte de dicho estado conformada por los municipios arriba mencionados, se ha caracterizado por mantener un desarrollo sostenido en cuanto al hato ganadero, no obstante existe la constante preocupación por el mejoramiento genético del mismo, debido a que muchos hatos se han quedado rezagados en cuanto a las tecnologías innovadoras existentes hoy en el mercado lo cual se pretende resolver mediante los aportes de este proyecto aplicando mediante el análisis de la viabilidad y la rentabilidad del mismo que traerá la puesta en marcha de un laboratorio que permita la fertilización in vitro y transferencia de embriones para la zona norte del estado (SAGARPA,2003).

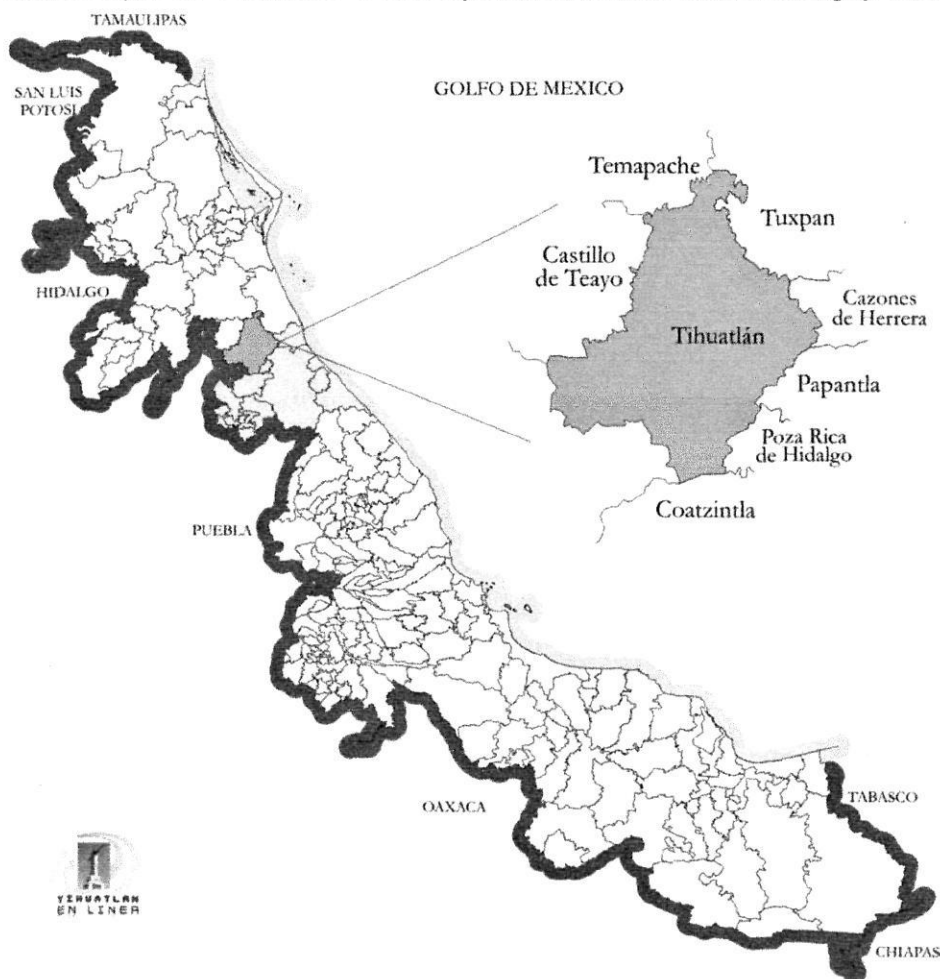
2.1.1 Contexto de la ganadería en la zona norte de Veracruz

En el estado de Veracruz, la ganadería es la principal actividad pecuaria; por lo que un objetivo a considerar es el diseño de estrategias dirigidas a reducir su

vulnerabilidad y favorecer la adaptación y mitigación ante impactos asociados a sus posibles efectos.

La estructura del trabajo es acerca de los aspectos generales de la ganadería bovina en el estado; la situación climática durante los últimos años; las opiniones directas de los productores pertenecientes a diferentes municipios de las zonas norte, centro y sur del estado; y las posibles alternativas de adaptación y mitigación (UNAM, 2015)

Figura 1. Municipio de Tihuatlán Fuente(www.tihuatlanveracruz.blogspot.mx)



2.1.2 Municipio de Tihuatlán. Tihuatlán es un municipio ubicado en el estado mexicano de Veracruz, perteneciente a la región de la Huasteca Veracruzana, al oriente de la República Mexicana (ver Figura 1). Limita al norte con los municipios de Temapache y Tuxpan, al este con los municipios de Cazon, Poza Rica y

Papantla, al oeste con el municipio de Castillo de Teayo y el estado de Puebla. La cabecera homónima, es una localidad de 12,765 habitantes.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda, la población total del municipio es de 80,923 hab., algunas de sus localidades más importantes se encuentran conurbadas con la mancha urbana de la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, formando parte de la zona metropolitana de esta ciudad vecina.

El municipio cuenta con una superficie total de 66226.543 hectáreas dedicadas a la agricultura, de las que se siembran 50558.992 ha, en las 4806 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 2,900, frijol 50, chile 80, naranja 13,138. En el municipio existen 1944 unidades de producción rural con actividad forestal, de las que 8 se dedican a productos maderables.

Tiene 43.266 ha dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 3,410 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales, Cuenta con 65,250 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además la cría de ganado porcino, ovino y equino, Las granjas avícolas y apícolas tienen cierta importancia. El municipio cuenta con 5 campos petroleros. En el municipio se han establecido industrias entre las cuales encontramos 4 pequeñas; 13 medianas y 3 grandes, es importante mencionar que dentro de estas hay 4 con calidad de exportación encontrando 1 PITEY Y 1 ALTEX., 1 Frigorífico de Tihuatlan, 1 fábrica de alimentos balanceados Nutriver S.A. de C.V., Juguera Veracruzana S.A. de C.V. Destacando las industrias de elaboración de hielo y fabricación de mosaicos. Se cuentan con 1 mercado, 1 tianguis y varias misceláneas. En el municipio se brindan servicios de 4 hoteles, y 7 restaurantes (INEGI, 2010).

2.1.3 Características de la ganadería bovina del Estado de Veracruz.

El impacto de la ganadería bovina del estado de Veracruz en la producción pecuaria nacional es: quinto lugar en producción de leche de bovino, primero en carne de bovino, tercero en carne de ovino, primero en carne de ave (pollo, gallina ligera y pesada que ha finalizado su ciclo productivo), cuarto en miel y tercero en cera en greña, entre los más relevantes (SAGARPA, 2003).

Mayoritariamente, tanto la producción de carne como la producción de leche de bovino que se generan en Veracruz son soportadas por el ganado manejado en las regiones tropicales húmedas, sub-húmedas y secas del estado, donde predomina el sistema denominado de doble propósito(SAGARPA, 2003).

Dentro de las características más importantes de los sistemas de doble propósito, destaca que la alimentación del ganado depende casi exclusivamente del recurso pastizal, el cual todavía se encuentra representado en una gran proporción por especies nativas de bajo valor forrajero y que, en general, se manejan en forma inadecuada. La estacionalidad de las lluvias determina la disponibilidad de forrajes, en tanto que la edad de los pastos determina su valor nutritivo y esto se traduce en estacionalidad en la producción, sobre todo de leche (SAGARPA, 2003).

Otro de los factores que influye determinantemente sobre la producción de los sistemas de doble propósito es el de los aspectos sanitarios, por ejemplo, el control de endoparásitos, las vacunaciones o el control de mastitis, como consecuencia de la falta de aceptación y adopción de un paquete tecnológico adecuado al sistema de producción.

Se predice que, la producción ganadera basada en el pastoreo se verá afectada negativamente por un incremento en la variabilidad de la precipitación y, de igual forma, aquellas áreas propensas a sequías o inundaciones se verán severamente afectadas. En comparación con los animales, los pastizales de las áreas tropicales serán más vulnerables al cambio climático. La disponibilidad de agua y la cronicidad de una baja disponibilidad de nutrientes en el suelo parecen ser los factores limitantes más importantes para los pastizales de esta región.

Estudios realizados en México indican temperaturas elevadas y, por lo tanto, mayores tasas de evaporación con el doble de dióxido de carbono. Las lluvias durante el verano podrían disminuir en la mayoría del país, pero aumentar durante el invierno en la región norte. Las proyecciones apuntan a una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático en las zonas costeras y las regiones norte y centro de la república. Se vaticina que, más de 15 mil km² de zonas costeras se podrían ver amenazados por la elevación del mar, afectando por igual a los ecosistemas, la ganadería y la agricultura. Zonas que requieren especial atención son las desembocaduras del río Bravo, en Tamaulipas, del Usumacinta y del Grijalva, en Tabasco, y las lagunas costeras en Veracruz, por mencionar algunas (SAGARPA, 2003).

Actualmente en México, las dependencias federales, estatales, instituciones de educación superior e investigación y organizaciones de productores, están involucradas en el desarrollo de las actividades que reconocen la importancia de los recursos genéticos pecuarios, como un componente esencial para mejorar la eficiencia productiva; ejemplos de ellos son:

a) Proyectos de investigación sobre mejoramiento genético y sus interacciones con otras áreas de estudio como nutrición, reproducción y sanidad, que han realizado las instituciones de educación superior e investigación, orientados a la caracterización genética de los animales en las condiciones ambientales y sistemas de producción imperantes en las distintas regiones del país.

b) Esfuerzos de las asociaciones de criadores de ganado de registro para adoptar nuevas tecnologías en sus sistemas de producción, además de mejorar la calidad genética de sus animales, para lograr una mayor competitividad en los mercados.

c) Programas que inciden en el fomento ganadero, tales como, la repoblación del hato, mejoramiento genético, sanidad animal, infraestructura productiva, mejor alimentación y tecnificación del riego, maquinaria e implementos agrícolas, asesoría técnica y capacitación.

Estas son algunas evidencias de las acciones que los productores, los especialistas y el gobierno de México, han realizado considerando los recursos genéticos pecuarios, como parte fundamental de los sistemas de producción, con el propósito de ofrecer a los consumidores productos de origen animal de calidad, conservando los recursos naturales y fortaleciendo en la cadena producción-proceso, comercialización (SAGARPA, 2003).

Para fortalecer las acciones anteriormente señaladas, se requiere de un programa organizado, capaz de sustentar la caracterización y la conservación de los recursos genéticos pecuarios, es decir, la preservación y la utilización racional de los mismos. Este programa plantea como responsabilidad fundamental la creación, establecimiento, mantenimiento y seguimiento de la base de datos de todos los recursos genéticos pecuarios. Asimismo, el compromiso de las asociaciones de criadores de ganado de registro y productores pecuarios en la consolidación de las estrategias de conservación y mejoramiento de los recursos genéticos pecuarios, para cumplir con las demandas actuales y futuras, del mercado local, nacional e internacional. De esta forma, se favorece que México incorpore aspectos de la sustentabilidad de los sistemas de producción pecuaria en las distintas zonas agroecológicas (SAGARPA, 2003).

Con base en lo anterior, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, a través de su Dirección General de Ganadería, en coordinación con la Confederación Nacional Ganadera (CNG), por conducto de sus Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro y las Instituciones de Educación Superior, Investigación y Servicio, definieron de manera concertada, la realización de cuatro Foros Nacionales de Análisis de los Recursos Genéticos Pecuarios de las distintas

especies (Anexo 1), con el propósito de diagnosticar, caracterizar y establecer compromisos y acciones de las partes involucradas en la conservación de los recursos genéticos del país (SAGARPA, 2003).

El Primer Foro, celebrado en noviembre de 1997, en la Ciudad de México, D. F., se enfocó a la especie bovina, tanto en los sistemas de producción de carne como de leche. Posteriormente, y con el propósito de conocer la situación que guarda la ganadería criolla, se organizó en agosto de 1998, un Segundo Foro, en la ciudad de Chihuahua, Chih. El Tercer Foro realizado en la Ciudad de México, D. F. en agosto de 1998, estuvo dirigido al análisis de la ganadería ovina, caprina, porcina, avícola, apícola, equina y de lidia. Finalmente, el Cuarto Foro involucró el estudio de la ganadería bovina de Doble Propósito y se llevó a cabo en la Ciudad de Villahermosa, Tab., en septiembre de 1998.

En total, durante estos cuatro Foros se contó con la participación de más de 750 personas, incluyendo representantes de todas las Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro (Anexo 2), quienes son la piedra angular del mejoramiento genético; así como de especialistas en mejoramiento genético y reproducción animal (Anexo 2), técnicos, académicos, estudiantes, productores de las diferentes regiones del país y representantes de instancias nacionales e internacionales involucradas con el sector pecuario, como la CNG, Fundación PRODUCE A.C., Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Asociación Nacional de Ganaderos Lecheros, Centro para el Desarrollo Integral del Campo I.A.P., FIRA-Banco de México, Banco Nacional de Crédito Rural, Comisión Nacional del Agua y Aseguradora Mexicana (AGROASEMEX).

También participaron en estos foros, representantes de Instituciones de Investigación y Educación Superior (Anexo 2), tales como la Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Yucatán, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Autónoma de Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Colegio de Postgraduados, Colegio de Ingenieros Agrónomos y Colegio de Médicos Veterinarios (SAGARPA, 2003).

En estos Foros se compartieron las experiencias de los criadores de ganado de registro, productores, técnicos, investigadores, tanto del sector privado como público, y de todas las en donde las aportaciones de las organizaciones de ganado de registro fueron la pieza fundamental, exponiendo los avances que han

logrado en sus actividades de control genealógico y productivo de su ganado. Con las experiencias compartidas se propuso, con el consenso de quienes intervinieron, las formas de mejorar la calidad de la progenie para que incremente la productividad animal, lo que sin duda permitirá mejorar la rentabilidad de las empresas pecuarias para competir con mayor certeza en los mercados. Entre las conclusiones de los cuatro Foros (Anexo 3), destaca la importancia de llevar a cabo, en el nuevo entorno del sector, el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, como una de las estrategias para enfrentar los retos de una economía globalizada, en donde la productividad y la calidad son factores determinantes para competir con mayores ventajas en los mercados. En este Programa se deberá considerar la organización y el establecimiento en su caso, de las bases de datos de producción y genealogía, la determinación del tamaño y estado genético actual de las poblaciones, el establecimiento de los mecanismos para la utilización de la base de datos en la evaluación genética de los reproductores, el desarrollo de programas de capacitación de productores y técnicos en el manejo de los recursos genéticos, y la elaboración de normas para la conservación y utilización de estos recursos. Asimismo, se acordó la integración de un Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios para coordinar, facilitar y alcanzar los objetivos del Programa.

De esta manera, la producción animal en México, dará un paso significativo al incorporar tecnologías de punta en materia del mejoramiento genético, que estén dirigidas a mejorar la competitividad y sustentabilidad del subsector pecuario. Es importante enfatizar, que la estrategia seguida para conformar el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, se caracterizó por la convocatoria a todos agentes involucrados en el subsector pecuario, lográndose una participación amplia y activa, obteniéndose conclusiones de manera concertada, de modo que el Programa que aquí se presenta es incluyente desde su etapa inicial. Las acciones que se deriven del mismo, se fundamentan en el compromiso de los miembros involucrados en el subsector pecuario. Dichas acciones, responden a las demandas de los productores, protagonistas y beneficiarios de los resultados del Programa, mismas que con el aval y apoyo de los Gobiernos Federal y Estatales, con el respaldo tecnológico de las Instituciones de Investigación y Educación Superior, y con el establecimiento de alianzas estratégicas a nivel nacional e internacional, se garantizará el logro de objetivos del Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (SAGARPA, 2003).

CAPÍTULO III. MARCO DE REFERENCIA

Regiones Agroecológica-Ganaderas de la República Mexicana México cuenta con cerca de 197 millones de hectáreas, bajo un mosaico de regiones ecológicas que le dan la principal característica a su ganadería; esto es, una gran biodiversidad de sus recursos genéticos.

De la extensión del territorio nacional, aproximadamente el 25% es árido, el 20% semiárido, el 23% es templado, el 15% es trópico seco y el 12% trópico húmedo. La ganadería constituye el principal uso del suelo en el país, desarrollándose en una superficie de 113.8 millones de hectáreas, lo que representa el 58% del territorio nacional (SAGARPA, 2003).

3.1. Sistemas de Producción

La ganadería en México se desarrolla bajo diferentes contextos agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción; en lo general, los sistemas productivos se clasifican como tecnificados, semitecnificados y tradicional o de traspatio (SAGARPA, 2003).

3.2 Bovinos

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas tanto desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, como por la localización de las explotaciones. Además, dada la variabilidad de condiciones climatológicas, éstas adquieren características propias por región en los diferentes estados del país, influyendo, adicionalmente, la idiosincrasia, tradición y costumbres de la población. En tal sentido, los sistemas productivos van desde lo tecnificado hasta los de subsistencia en una misma región, distinguiéndose, de forma general, cuatro sistemas: especializado, semiespecializado, de doble propósito y familiar (SAGARPA, 2003).

El primero ha cobrado relevancia al incrementar paulatinamente su participación en el mercado doméstico, misma que es del 55% de la producción nacional. El semi-tecnificado ha venido decreciendo ante las presiones económicas y su incipiente competitividad, de ahí que solamente aporte el 24% de la producción, en tanto que el de traspatio, se ha mantenido gracias a su concurrencia a mercados locales difícilmente cubiertos por algunos de los estratos anteriores, aportando el 5%, mientras que el doble propósito el 16%, de la producción nacional.

La región de mayor producción de leche en el país es la zona templada con un 47.8%, le sigue la zona árida y semiárida con el 36.2% y la zona trópico húmedo y seco con 16% (SAGARPA, 2003).

La ganadería para carne comprende principalmente la producción de novillos para abasto, la cría de becerros para la exportación y la producción de pie de cría, siendo los sistemas básicos de explotación, el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos en las diferentes regiones del país. El 33 % de la producción de carne en el ámbito nacional, se localiza en las regiones áridas y semiáridas, regiones donde predominan las razas europeas puras como la Hereford, Angus y Charolais, y se caracteriza por tener tanto el sistema de producción vaca becerro, como la engorda en corral, cuyo mercado tradicional ha sido la exportación hacia los Estados Unidos de América (SAGARPA, 2003).

La región templada aporta el 31.6 %; en esta región predomina el ganado cruzado con razas europeas donde gran parte de las explotaciones son extensivas, sustentadas en el pastoreo durante la época de lluvias, complementándose el resto del año con dietas a base de esquilmos agrícolas y suplementos. El sistema que predomina es el de vaca-becerro, donde la cría se engorda para consumo local o se finaliza en corrales de engorda. Las regiones del trópico húmedo y seco, son las que tienen mayor aporte en la producción con el 35.4%; en estas regiones, predominan las razas cebuínas y sus cruza con razas europeas. Se ha consolidado como la zona ganadera más dinámica y de mayor expansión, fundamentalmente la del sureste del país, la cual ha evolucionado en forma importante, ya que en ella se ubica la mayor parte del inventario nacional. En cuanto a la productividad, se ha convertido en la zona natural proveedora de becerros para engorda y finalización en corrales nacionales y de carne en canal para el abasto (SAGARPA, 2003).

En la porcicultura nacional, la adopción de tecnología está vinculada en gran medida a los niveles de integración vertical y horizontal, lo cual en términos generales es un binomio y con éste se logran los niveles de productividad y rentabilidad que favorecen su permanencia en el mercado interno, competir con productos de importación e inclusive su concurrencia a mercados del exterior (SAGARPA, 2003).

Existe una gran variedad de sistemas productivos que se diferencian entre sí por el nivel de tecnología aplicada, los cuales de acuerdo a sus principales características se agrupan en tres diferentes categorías: el tecnificado, el semi-

tecnificado y el de traspatio. Mientras los dos primeros tienen una distribución geográfica definida, el último se practica en todos los estados del país.

La participación del estrato tecnificado en la producción se ha incrementado en los últimos años; se estima que la participación de esta producción en el mercado doméstico es aproximadamente del 50% (SAGARPA, 2003).

Su ubicación geográfica, aunque es preponderante en el noroeste del país, en los estados de Sonora y Sinaloa, también se localiza en entidades como Coahuila, Durango, México, Nuevo León, Querétaro, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

El sistema semitecnificado participa con el 20% de la producción en el mercado doméstico. Su mayor significado en abasto se presenta en el Centro y Sur del país.

La producción de traspatio se practica en todo el territorio nacional. Se estima que esta porcicultura aporta el 30% de la producción nacional y se destina para el abasto de mercados micro-regionales, o bien al autoabastecimiento.

La producción ovina nacional enfrenta una problemática compleja como resultado de las características de los sistemas de producción, basándose en pequeños rebaños de baja productividad, escasa organización de los productores y problemas sanitarios (SAGARPA, 2003).

Se estima que solo un 20% de las explotaciones se consideran como tecnificadas o semitecnificadas, correspondiendo el resto a un sistema tradicional o de traspatio (SAGARPA, 2003).

La región árida y semiárida del país se caracterizan por la predominancia del ganado productor de carne y lana con razas como la Rambouillet, esta región contribuye con el 22.2% de la producción nacional de carne de ovino (SAGARPA, 2003).

La región templada, que comprende la zona central del país, es la de mayor producción de carne, basándose en razas especializadas, como la Suffolk, esta región aporta el 53.1% de la producción de carne nacional (SAGARPA, 2003).

En la región del trópico seco y húmedo la ovinocultura se desarrolla con características propias del lugar, variando desde ovinos de lana en los trópicos de

altura, hasta regiones donde las altas temperaturas y la humedad relativa obligan al uso de ovinos de pelo para la producción de carne. Esta región contribuye con el 24.7 % de la producción nacional (SAGARPA, 2003).

3.3. Importancia de las Bases de Datos

Un programa de conservación y manejo de los recursos genéticos pecuarios debe de partir de la obtención de registros productivos y genealógicos que conduzcan con seguridad a la selección genética de los mejores ejemplares, para garantizar el incremento en productividad en cada empresa pecuaria.

La base de datos considera el conocimiento del comportamiento de las especies y razas con que cuenta el país, sus tamaños y características principales bajo las condiciones de producción y ambientales donde ellos se encuentran, su distribución a través del país y sus objetivos de selección (SAGARPA, 2003).

Varios países han hecho esfuerzos significativos para desarrollar bases de datos que han servido de instrumentos importantes para lograr avances genéticos que han repercutido en los niveles de producción y calidad de los productos pecuarios; la divulgación y promoción de sus respectivos recursos genéticos dentro y fuera de sus países, y la generación de planes estratégicos de utilización y conservación de los mismos, les ha permitido ser protagonistas en los mercados nacionales e internacionales en el sector pecuario (SAGARPA, 2003).

Reconociendo la importancia de las bases de datos, en México se han estado haciendo esfuerzos, desde antes de la realización de los foros, para que las asociaciones de criadores de ganado de registro y demás asociaciones, establezcan bases de datos dentro de su funcionamiento, con el propósito de impactar en el mejoramiento genético. Al contar con bases de datos sobre los distintos recursos genéticos pecuarios del país, de acuerdo con las diferentes regiones agroecológicas, se podrán no sólo afianzar avances genéticos, sino promover su comercialización competitiva, dentro y fuera del país. Asimismo, se reducirá la dependencia de material genético mejorado del extranjero (evaluado bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes a las del país), que en la actualidad se tiene. Por esto, el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios va a atender con carácter de urgente el establecimiento y mantenimiento de las bases de datos. (SAGARPA, 2003)

3.4. Estructura de las Bases de Datos

El Programa diseñará las bases de datos considerando en su estructura las especies, las razas y los individuos, de acuerdo con las condiciones de producción imperantes en cada caso. Esto se hará de la siguiente forma:

A Nivel de Especies. Las especies pecuarias de México, como componentes de la biodiversidad existente, tienen su distribución en todas las regiones agroecológicas del territorio nacional, sosteniendo sistemas de producción que en la actualidad contribuyen a satisfacer las necesidades, se debe implementar un mecanismo de monitoreo y un sistema de evaluación continua, para asegurar la preservación y el mejoramiento en productividad de las especies.

Para facilitar lo anterior, las bases de datos que el Programa creará, constarán de información sobre el número de animales reproductores por especie y su tendencia, es decir, si la población en esa especie se encuentra en ascenso o en descenso; se registrarán las particularidades, si es que las hay, que cada especie tiene en relación con el medio donde está produciendo. Esta información facilitará la toma de decisiones sobre la comercialización del germoplasma de los animales de cada especie, así como tomar medidas de control en caso de que la especie esté sufriendo reducción en número. La base de datos que se construirá a nivel de especies tendrá una estructura reconocida por organizaciones internacionales, como la FAO (SAGARPA, 2003).

A Nivel de Razas. Aproximadamente la mitad de la variabilidad genética en los sistemas de producción pecuaria se encuentra a nivel de razas. De manera tal, que la base de datos que el Programa Nacional establezca, tendrá que enfatizar la calidad y tipo de información que se registre sobre las diferentes razas o grupos raciales existentes. La información que se registrará en este rubro, incluye aquella relacionada con los controles de producción, tamaño de la población existente en cada raza, e indicadores de adaptabilidad a las condiciones de producción en que se utilizan, mismos que pudieran indicar la presencia de genes que les posibilita dicha adaptación. Al documentar las características correspondientes a los recursos servir como base para determinar la aplicación de técnicas de genética molecular o biotecnología, como se señala más adelante, con el fin de mejorar la eficiencia de los sistemas de producción. De esta forma, el Programa asegurará la continuidad de uso de las razas en apoyo a la ganadería y seguridad alimentaria del país (SAGARPA, 2003).

A Nivel Individual. Como se mencionó antes, se estima que aproximadamente un 50% de la variabilidad genética en la población se explica por diferencias entre

razas y el resto entre individuos. Las bases de datos del Programa tiene que garantizar que la variabilidad genética aditiva (heredabilidad) de crecimiento, temperamento, fertilidad y calidad del producto (leche, carne, huevo, miel y lana) esté bien documentada. Una de las formas para garantizar lo anterior, es utilizando registros genealógicos acompañados con controles de producción uniformes e información de manejo. Paralelamente se debe garantizar la recopilación, análisis e interpretación de esta información, para que en forma oportuna se ponga a disposición de los productores, quienes son los dueños de la misma. Lo anterior, no sólo provee la información analizada e interpretada, sino que también es la base para la toma de decisiones sobre la selección de los animales sobresalientes que pueden impactar el mejoramiento genético (SAGARPA, 2003)

3.5. Áreas de estudio

La selección de las áreas de estudio se basará en: 1) actividad pecuaria municipal, 2) grado de desarrollo social (en algunos casos) y 3) declaratorias de emergencia, tanto por lluvias e inundaciones como por sequías. En la zona norte, la región de la Huasteca Alta, hubo declaratoria de emergencia en febrero de 2006 como resultado de la sequía. La superficie destinada a la ganadería, el total de cabezas de ganado y el total de UP de los municipios afectados en la zona norte (Trejo, 2013)

En el 2010, FIRA realizó el mapeo de la red ganadería bovina en el norte del estado de Veracruz, detectándose entre otras cosas oferta desordenada de la producción de becerros y leche, reducción en la productividad y la inequitativa distribución del valor agregado

También se dimensionó la brecha tecnológica productiva del sector primario. Se identificaron las oportunidades de inversión como son: proveeduría de 600,000 becerros anuales, desarrollo de más de 150,000 novillos al año, recapitalización del hato productivo con más de 66,000 hembras, además de necesidades de inversión para mejorar la eficiencia en recursos forrajeros e hídricos de las empresas ganaderas

Se trabajó para el diseño, priorización e implementación de esquemas de atención a los proyectos estratégicos, estableciéndose una empresa eje (organización de productores) que catalizó la ejecución de proyectos, obteniendo en corto plazo resultados favorables como: multiplicación y diversificación de participantes en diferentes esquemas operativos implementados, así como la mejora en las operaciones con recursos crediticios a la ganadería. En el 2012 se canalizaron 4.5

millones de pesos, posterior a la implementación en el 2013, esta suma creció a 54.65 millones y en el 2012 a 92.47 millones. El número de beneficiarios aumentó de 189 en el 2011 a 192 en el 2012 y a 501.1 para el 2013 (Trejo, 2013).

La empresa eje coadyuvó en canalizar recursos para la inversión productiva, en el 2013 dispersó 29.5 millones de pesos y en el 2014, 65.4 millones. Estas inversiones aumentaron la dinámica ganadera de la zona, el número de cabezas de ganado bovino apoyadas creció de 81 cabezas en el 2009 a 5,322 en el 2011 y a 6,670 en el 2012.

Se atendió la problemática sobre percepción de riesgo en la ganadería y en oportunidad del financiamiento con la utilización de herramientas de administración del riesgo, reduciéndose la cartera contingente de 5.6 millones de pesos en el 2009 a prácticamente 0.0 pesos en el 2012.

La metodología de mapeo de redes probó su efectividad en la detección de oportunidades de negocio e implementación de estrategias y ejecución de acciones por los actores de la Red, dinamizándose la ganadería del norte de Veracruz, apoyada con recursos financieros bajo un modelo de integración que permite la sostenibilidad y repetitividad en otras regiones ganaderas del país (Trejo, 2013).

Esto permite ver un panorama en el que nuevas estrategias como la implementación de tecnologías para la mejora genética del hato ganadero en el norte de la región sean un factor de fortalecimiento y desarrollo para la región.

CAPÍTULO IV MARCO TEÓRICO

4.1 FECUNDACIÓN IN VITRO (FIV)

La Fecundación In vitro (FIV) consiste en poner en contacto en el laboratorio los ovocitos con los espermatozoides con el objetivo de facilitar y conseguir la fecundación. Los embriones resultantes después de la fecundación son cultivados y observados en el laboratorio; y algunos de ellos transferidos dentro del útero de la mujer pocos días después. Los embriones sobrantes que presentan un desarrollo satisfactorio pueden ser también congelados.

Existen diferentes modalidades o variaciones en la realización de la FIV en función de la procedencia de los gametos, de la técnica de inseminación de los ovocitos y de los procedimientos usados en el laboratorio.

Según la procedencia de los gametos:

- FIV con ovocitos de la pareja
- FIV con ovocitos de donante
- FIV con espermatozoides de la pareja
- FIV con espermatozoides de donante

Según el origen de los espermatozoides:

- FIV con espermatozoides del semen
- FIV con espermatozoides del epidídimo (MESA o PESA)
- FIV con espermatozoides testiculares (obtenidos por punción – TESA- o por biopsia –TESE-)

Según la técnica de inseminación:

- FIV con inseminación convencional de los ovocitos
- FIV con micro-inyección espermática (ICSI)

Así mismo existen una serie de técnicas complementarias a la FIV que pueden ser aplicadas en algunos casos:

- Eclosión Asistida
- Diagnóstico Genético Pre-implantaciones
- Congelación embrionaria (Fecunmed, 2006)

4.1.1 Indicaciones

4.1.1.1 Esterilidad femenina por patología tubárica

Cuando la mujer tiene las dos trompas obstruidas, la FIV permite el encuentro del ovocito con los espermatozoides y posibilita la formación de embriones (que de otra forma no se crearían). En el supuesto de que fuera la función de transporte de los gametos y embriones por la trompa la que pudiera estar alterada -es decir, trompas permeables pero con afectaciones que le resten funcionalidad-, la FIV también puede proporcionar una solución al problema, puesto que evita el tránsito de los embriones por la trompa porque se introducen directamente dentro del útero. (Fecunmed, 2006)

4.1.1.2 Esterilidad femenina por disfunción ovárica

Hay casos en que los ovarios tienen dificultad para producir ovocitos maduros y/o muchos de los ovocitos que producen son de mala calidad. En esta situación muchos de los embriones generados tienen poco potencial para generar un embarazo. Con la FIV se intenta generar múltiples embriones y transferir aquellos que presenten un mayor potencial de desarrollo para dar más posibilidades de gestación. Con la edad, la mujer pierde funcionalidad ovárica y calidad ovular, siendo más necesaria la selección embrionaria.

También entran en este apartado aquellas disfunciones ováricas (como por ejemplo algunos casos de ovarios poliquísticos) en las cuales es difícil liberar controladamente un número limitado de ovocitos para realizar una inseminación artificial. Una solución en estos casos es practicar una FIV, donde un número elevado de ovocitos no es problema puesto que permite obtener múltiples embriones de los cuales unos pocos se transferirían y otros muchos se congelarían, hecho que permite obviar así el riesgo de embarazo múltiple.

Endometriosis La presencia de tejido del endometrio fuera de la cavidad uterina (en las trompas o en los ovarios) puede dificultar o impedir la ovulación, la fecundación, el transporte de los gametos y embriones y disminuir la implantación embrionaria. La FIV resolvería muchos de estos impedimentos (Fecunmed, 2006)

4.1.1.3 Esterilidad por factor masculino

La FIV puede ofrecer la oportunidad de conseguir fecundación y embarazo en aquellos casos en que existe una disminución del número, movilidad y morfología espermática. En aquellos casos en que la disminución de los parámetros seminales es muy acentuada tiene que ser aplicada la técnica por la cual se

introduce directamente un espermatozoide dentro del ovocito (microinyección espermática o ICSI). Esta técnica permite incluso obtener fecundación con espermatozoides recuperados directamente de testículo en casos en que no aparecen en el eyaculado (Fecunmed, 2006)

4.1.1.4 Anticuerpos anti-espermatozoides

La presencia de estos anticuerpos puede dificultar la fecundación "in vivo", puesto que altera los mecanismos de desplazamiento del espermatozoide y la penetración de las cubiertas del ovocito. La FIV permite la creación de embriones incluso en casos de factor inmunológico grave gracias a la microinyección espermática (Fecunmed, 2006)

4.2 Etapas

4.2.1 Estimulación ovárica

Consiste en inducir el crecimiento y maduración de varios folículos ovulatorios en un mismo ciclo. El objetivo en este caso es disponer de múltiples ovocitos durante la FIV puesto que esto nos permitirá obtener varios embriones y seleccionar para transferir aquellos que presenten un mejor aspecto y desarrollo, hecho que permite aumentar así notablemente las posibilidades de embarazo.

La estimulación ovárica se consigue mediante la administración diaria de unas hormonas llamadas gonadotropinas (que son básicamente la FSH y la HMG) por vía intramuscular o subcutánea en función del fármaco utilizado. La administración subcutánea permite a la mujer autoinyectarse la medicación. Este tratamiento se individualiza en función de la edad de la mujer, el funcionamiento de sus ovarios, sus niveles hormonales basales y la respuesta a otros intentos previos de estimulación, y precisa de una monitorización secuencial de la respuesta de la paciente al tratamiento. La administración de gonadotropinas se inicia sobre el 2º o el 3º día de la regla del ciclo de estimulación ovárica. La duración de la estimulación ovárica es variable y normalmente es de unos 8-12 días. Durante este periodo se hacen controles mediante ecografías (contaje y medición de folículos ovulatorios) y análisis de sangre (para valorar los niveles de estradiol en sangre) para determinar la magnitud de la respuesta, controlar el crecimiento y maduración folicular y determinar el día correcto para programar la extracción de los ovocitos.

Para la inducción de los últimos cambios madurativos en los ovocitos previos a su extracción, se usa habitualmente una dosis única de HCG. Esta hormona provoca

también la ovulación o expulsión de los ovocitos de los ovarios hacia la trompa aproximadamente 36-40 horas después de su administración, y por esta razón se planifica con precisión su extracción quirúrgica sobre las 35 a 36h, cuando los ovocitos están todavía a los ovarios y en su momento óptimo de maduración.

En general, simultáneamente o con unos días de anticipación a la estimulación ovárica, se hace un proceso de inhibición hipofisaria (también denominado frenación). La hipófisis es una glándula que controla los ovarios en condiciones naturales. La inhibición nos permitirá hacernos con el control total de la estimulación ovárica, y evitar así interferencias de hormonas internas que produzcan la ovulación espontánea y el consecuente desperdicio de los ovocitos antes de su extracción.

Para conseguir la inhibición hipofisaria se pueden utilizar dos tipos de fármacos similares a la GnRH, que es una hormona que participa en los mecanismos naturales de la ovulación: los agonistas o los antagonistas.

Fármacos Agonistas de la GnRH. Su administración es diaria (vía subcutánea) y pueden seguir dos protocolos diferentes de administración:

- o Protocolo largo: se administran desde pocos días antes de iniciar la regla del ciclo de estimulación ovárica hasta el día de la inyección de la HCG.m

- o Protocolo corto: desde el primer día de la regla del ciclo de estimulación hasta el día del HCG. **Fármacos Antagonistas de la GnRH.** Su administración es diaria (vía subcutánea) y se inicia a los pocos días de haber empezado la estimulación ovárica. Se mantiene hasta el día de la inyección de la HCG (Fecunmed, 2006)

4.2.2 Extracción de ovocitos de los ovarios

Procedimiento por el cual se aspira el líquido contenido en los folículos ováricos. Los folículos son pequeños quistes de los ovarios de no más de 20-25mm de diámetro. En el interior de cada uno de ellos reside y madura un ovocito. Al finalizar la estimulación ovárica y después de administrar la HCG, la mayoría de ovocitos maduros se liberarán de la pared folicular y estarán en suspensión en el líquido folicular.

El procedimiento es sencillo, dura unos 15-20 minutos y se lleva a cabo en un quirófano bajo sedación general, u ocasionalmente con anestesia local. Se utiliza una aguja que permite acceder a los ovarios a través de la vagina, todo realizado bajo control ecográfico. Mediante un sistema de punción-aspiración se vacían los

foliculos uno a uno, depositando su contenido líquido (donde se encuentran los ovocitos) en unos tubos estériles.

El procedimiento, denominado también punción folicular, se programa 35-36h después de la administración de la HCG, es decir, poco antes de la ovulación, para asegurar que los ovocitos no hayan sido expulsados de los ovarios y garantizar un buen grado de madurez. Todo el proceso es ambulatorio y la paciente está en condiciones de volver a su domicilio pocas horas después de la intervención (Fecunmed, 2006)

4.2.3 Identificación de los ovocitos

Los líquidos foliculares se trasladan al laboratorio, donde se localizan los ovocitos mediante el uso de un microscopio. Hay que resaltar que no todos los líquidos foliculares contienen ovocitos. Cuando son ovulados, los ovocitos están rodeados de un numeroso y extenso conjunto de células denominadas células del "cumulus ooforus" y de la "corona radiata". Los ovocitos se colocan en placas con medio de cultivo dentro del incubador debidamente identificados y numerados (Fecunmed, 2006)

4.2.4 Preparación del semen

Consiste en obtener una población de espermatozoides con buena movilidad y aislarla de los otros componentes del semen (plasma o líquido seminal, espermatozoides con baja o nula movilidad, otras células presentes en el eyaculado). Este proceso es conocido con el nombre de Capacitación Espermática puesto que induce unos cambios en los espermatozoides sin los cuales no serían capaces de fecundar.

Existen diferentes métodos de capacitación espermática (swim-up, gradientes de densidad...). El método se individualiza en cada caso en función de las características de la muestra.

En algunos casos en que no se encuentran espermatozoides en el eyaculado es posible recuperar espermatozoides de los testículos mediante punción (TESA) o biopsia (TESE). Estos espermatozoides pueden ser usados para la FIV-ICSI después de aislarlos del tejido testicular (Fecunmed, 2006)

4.2.5 Inseminación/ Microinyección de los ovocitos

La inseminación convencional de los ovocitos es el procedimiento por el cual se ponen en contacto los ovocitos con los espermatozoides con el fin de conseguir la

fecundación. La inseminación tiene lugar generalmente entre las 3 y las 6 horas posteriores a la recuperación de los ovocitos. Todo el proceso se lleva a cabo en unas placas con unas pequeñas gotas de medio de cultivo donde se depositan los ovocitos y los espermatozoides. Estas placas se mantienen dentro de un incubador que les proporcionará un ambiente de temperatura, humedad y pureza del aire idóneo para satisfacer las necesidades de los gametos.

Existe una modalidad de interacción entre ovocito y espermatozoide para conseguir la fecundación diferente a la inseminación convencional de los ovocitos y que se llama Microinyección Espermática Intracitoplasmática (ICSI). Consiste en introducir directamente mediante micromanipulación un espermatozoide dentro del ovocito maduro. Su uso cada vez es mas generalizado por su alta eficiencia. Dada su gran relevancia y extensión de su uso, existe información complementaria sobre esta técnica en el último apartado de este capítulo (Fecunmed, 2006)

4.2.6 Valoración de la fecundación

Se realiza aproximadamente a las 16-20 horas después de haber puesto en contacto los ovocitos con los espermatozoides o de haber realizado la microinyección espermática. El signo usado para detectar que un ovocito ha sido fecundado es la visualización en su interior de dos núcleos, denominados pronúcleos. Estos pronúcleos son las estructuras celulares que contienen la información genética de origen paterno y materno, y sólo son visibles durante un corto plazo de tiempo. Justo en este momento se identifican los ovocitos correctamente fecundados (embriones) y se descartan para el cultivo celular aquellos ovocitos no fecundados o que presentan anomalías de fecundación.

Para valorar la fecundación en los casos en que se ha aplicado la inseminación convencional de los ovocitos, previamente hay que disgregar las células de la granulosa y corona radiata que rodean al ovocito, puesto que impiden la correcta visualización del ovocito. En los casos de ICSI la disgregación ya habrá sido hecha el día anterior justo antes de la microinyección (Fecunmed, 2006)

4.2.7 Cultivo embrionario

Los ovocitos fecundados, denominados preembriones o embriones, se mantienen en cultivo en el incubador durante varios días para permitir que se desarrollen. El desarrollo embrionario se basa en un proceso que se llama división celular por el cual se produce un aumento del número de células del embrión. Durante el proceso hay que adaptar las condiciones de cultivo a las necesidades metabólicas de los embriones, puesto que estas varían.

Es importante controlar minuciosamente las condiciones ambientales y de cultivo (temperatura, pH, humedad, esterilidad, calidad del aire) para garantizar unas condiciones óptimas para el desarrollo embrionario "in vitro" (Fecunmed, 2006)

La idoneidad de las condiciones de cultivo así como la capacidad de desarrollo intrínseca de cada embrión condicionarán su capacidad de progreso, y le proporcionarán un aspecto más o menos óptimo según sea el caso. La supervisión y evaluación de los embriones durante el proceso permitirá al embriólogo seleccionar los embriones con mayor capacidad de implantación para transferir o congelar, y descartar los inviables. Los criterios usados para la valoración embrionaria son básicamente morfológicos y comprenden aspectos como el ritmo de división celular, la regularidad en el tamaño y forma de las células que componen el embrión, la presencia y el grado de fragmentación existente en el embrión, el aspecto del citoplasma, la vacuolitización, el aspecto de la zona pelúcida o cubierta del embrión, la presencia de multinucleaciones en las células, etc. (Fecunmed, 2006)

4.2.8 Transferencia embrionaria

La transferencia consiste en el depósito de los embriones dentro de la cavidad uterina. Se realiza introduciendo con gran delicadeza una fina cánula a través del cuello de la matriz hasta hacerla llegar en el interior del útero y posteriormente inyectar a través de ella los embriones. Todo el proceso se controla bajo ecografía abdominal, hecho que hace necesario que la mujer tenga la vejiga llena. La transferencia no es un proceso doloroso y es excepcional el requerimiento de anestesia general o el uso de vías alternativas a la cervical para acceder a la cavidad uterina, como pueden ser la transferencia transmiometrial o intratubárica. La mujer puede abandonar el centro después de unos minutos de reposo, en condiciones normales.

El momento en que se lleva a cabo la transferencia de los embriones y el número de embriones introducidos (1, 2 o 3) se individualiza en función de las características de cada caso y del aspecto que han presentado los embriones durante su desarrollo. Normalmente se lleva a cabo dos o tres días después de la recuperación de los ovocitos, pero hay situaciones en las cuales puede ser aconsejable esperar hasta cinco o seis días (Fecunmed, 2006)

4.2.9 Microinyección espermática (ICSI)

La microinyección espermática intracitoplasmática (Intracytoplasmatic Sperm Injection, ICSI) es una técnica que se puede aplicar en el curso de una FIV y

consiste en la introducción de un espermatozoide dentro de un ovocito maduro. Su objetivo es facilitar la consecución de la fecundación. La ICSI es por lo tanto una alternativa a la técnica de inseminación "convencional" de los ovocitos .

La técnica proporciona porcentajes de fecundación situados alrededor del 70% de los ovocitos microinyectados y las tasas de degeneración son inferiores al 10%. Los casos en que no hay fecundación aplicando la ICSI son raros y son debidos a un bajo número y/o calidad de los ovocitos, a problemas ocultos en los espermatozoides, o bien por ovocitos que impiden una correcta activación (inicio del proceso de desarrollo posterior a la fecundación) del ovocito fecundado.

La ICSI requiere, a diferencia de la inseminación convencional de los ovocitos, una preparación específica de los ovocitos y de los espermatozoides, así como un complejo proceso de micromanipulación de los gametos para llevarla a cabo.

Indicaciones El alta eficacia del proceso de ICSI ha provocado la generalización de su uso, más allá de la indicaciones originales para las cuales se empezó a aplicar la técnica, y que son las siguientes (Fecunmed, 2006)

4.2.10 Anomalías de los parámetros seminales

La ICSI está especialmente indicada en aquellos casos en que los pacientes cuentan con baja concentración y/o morfología y/o movilidad espermática. En estos casos las posibilidades de fecundación serían escasas o nulas inseminando los ovocitos de forma convencional. También la ICSI ofrece buenos resultados en aquellos hombres con factor inmunológico (presencia de anticuerpos antiespermatozoides en el semen) (Fecunmed, 2006)

4.2.11 Uso de espermatozoides testiculares

La ICSI permite incluso obtener buenas tasas de fecundación cuando el eyaculado no contiene espermatozoides (azoospermia) debido a un problema obstructivo o secretor. En esta situación se obtienen los espermatozoides directamente de los testículos mediante una aspiración (TESA) o una biopsia testicular (TESE). Estas intervenciones son cortas, se realizan bajo anestesia local y el paciente puede retomar su actividad habitual pocos minutos después del procedimiento (Fecunmed, 2006)

4.2.12 Ciclos previos de FIV con baja tasa o ausencia de fecundación.

Puede haber casos en que la inseminación convencional de los ovocitos ha revelado una baja o nula capacidad de los gametos para interactuar y dar lugar a

embriones. Hay factores seminales, pero también ovocitarios, que pueden provocar este efecto. En la mayoría de casos la ICSI soluciona el problema.

Existen algunas situaciones extremas en las cuales no es posible o aconsejable recurrir a la ICSI como técnica de fecundación. Entre ellas están los casos en que no es posible encontrar espermatozoides ni en el eyaculado ni en el testículo (si bien en alguno de estos casos se pueden localizar en testículo células precursoras de espermatozoides e inyectarlas) o los casos en que la existencia de problemas genéticos en la formación de los espermatozoides desaconseja su utilización para finalidades reproductivas. La incidencia de este tipo de problemas genéticos aumenta cuanto más afectada esté la calidad seminal. Siempre que haya un factor masculino de esterilidad, es importante tener una valoración andrológica que permita detectar estos casos (Fecunmed, 2006)

4.3 Decumulación de los ovocitos

Los ovocitos recuperados en una FIV están rodeados de un extenso y numeroso grupo de células llamadas células de la granulosa que forman una masa que recibe el nombre de "cumulus oophorus" o "corona radiata"

Así como en la FIV con inseminación convencional se ponen en contacto los espermatozoides con los ovocitos rodeados de sus células del cúmulus y corona, en la FIV-ICSI hay que liberar los ovocitos de estas células. El proceso, que se llama decumulación, requiere la acción combinada de una sustancia o enzima llamada hialuronidasa con la repetida aspiración y expulsión del ovocito por un fino capilar

La decumulación permite dejar al ovocito libre de células acompañantes y de esta forma puede ser valorado su aspecto, su grado de madurez y llevar a cabo la microinyección sin trabas. El diámetro aproximado de un ovocito es de 150µm (aproximadamente una décima parte de un mm) (Fecunmed, 2006).

4.4 Selección de los ovocitos maduros

Es imprescindible seleccionar para la microinyección los ovocitos en estadio de Metafase-II, puesto que solamente estos presentan el grado de madurez necesario para ser correctamente fecundados. Los ovocitos muy inmaduros presentan en su interior un núcleo llamado Vesícula Germinal (estadio de Profase-I). Un grado de inmadurez menos acentuada es el estadio de Metafase-I, estadio en que desaparece el núcleo. Finalmente, cuando el ovocito está plenamente maduro (estadio de Metafase-II) aparece una pequeña célula adyacente al ovocito

denominada Corpúsculo Polar, que contiene cromosomas sobrantes (Fecunmed, 2006)

4.5 Preparación de la placa de micro-inyección

La placa de micro-inyección es un pequeño contenedor especial de plástico donde se situarán unas microgotas (gotas muy pequeñas) con medio de cultivo dentro de las cuales se colocaran los ovocitos maduros. También dispondremos una microgota con un medio viscoso donde se situarán los espermatozoides. El medio viscoso reducirá la velocidad de los espermatozoides, y permitirá inmovilizarlos y atraparlos con más facilidad. Todas las gotas se cubren con un aceite que las protege de la desecación (Fecunmed, 2006)

4.6 Preparación del equipo de micromanipulación

El proceso de ICSI requiere un equipamiento sofisticado. Se trata de un microscopio situado en una zona estable del laboratorio en el cual están adaptados unos aparatos llamados micromanipuladores. Los micromanipuladores disponen de un complejo sistema que permite controlar el movimiento de las pipetas que llevarán a cabo la micromanipulación con una precisión inferior a un micrómetro. Otros aparatos diferentes, los microinyectores, se encargarán de aplicar una presión de succión o de expulsión de líquido por el interior de las citadas pipetas. Las pipetas son unos capilares de vidrio finísimos usados para sujetar el ovocito (pipeta de sujeción), así como para aspirar y microinyectar el espermatozoide (pipeta de microinyección). Las pipetas son estériles, desechables y hay que situarlas y centrarlas correctamente antes de cada ICSI (Fecunmed, 2006)

4.7 Micro-inyección

Consiste en la introducción de un espermatozoide dentro de un ovocito mediante micromanipulación. El proceso empieza por seleccionar un espermatozoide que presente movilidad e inmovilizarlo mediante una presión de la pipeta de microinyección sobre la cola del espermatozoide. Seguidamente se aspira el espermatozoide con la misma pipeta. Después se fija el ovocito con la pipeta de sujeción. Finalmente se introduce la pipeta de microinyección en el interior del ovocito y se libera el espermatozoide. Este procedimiento se repite para cada uno de los ovocitos maduros (Fecunmed, 2006)

CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE NEGOCIOS

Una de las ventajas del presente proyecto es que el productor aprovechará las hembras que actualmente posee para ser receptoras, mismas que no aportarán nada genéticamente dentro del proceso de la transferencia, sino que sirven como gastadoras, al usar los embriones sexados se podrá obtener reproductores con mayor eficiencia productiva para la producción de leche y carne. Las necesidades de inversión por concepto de insumos, para los dos primeros años de operación del proyecto (Tablas 1 y 2). Cabe recalcar que el año 1 se considera adquirir los embriones sexados comerciales. Posteriormente serán producidos por la organización. Para poder seguir trabajando con este proyecto que seguro beneficiará a muchos ganaderos de la zona norte del estado de Veracruz

Tabla2. Costos de la materia prima e insumos por tipo de servicio/ año.

Servicio	UNIDADES PRODUCIDAS / AÑO	
	1	2
Vacas gestantes por inseminación artificial (IA)	3230	2520
Vacas gestantes por transferencia de embriones	1200	1800
Costo unitario de la materia prima e insumos		
Vacas gestantes por inseminación artificial	\$565.02	\$155.13
Vacas gestantes por transferencia de embriones	\$4,770.83	\$3,211.10
Costo total de materia prima e insumos		
Vacas gestantes por inseminación artificial	\$1,825,000	\$390,919
Vacas gestantes por transferencia de embriones	\$5,725,000	\$5,779,986
Total	\$7,550,000	\$6,170,905

Tabla 3. Infraestructura.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CALENTADOR DE TUBOS PARA BUSQUEDA 50ml, 5ml	3	1184.4	\$3,553.20
NEVERA PARA ALMACENAR MEDIOS DE CULTIVO	1	4206.8	\$4,206.80
NEVERA PARA ALMACENAJE HORMONA 200 - 290cc	1	4611.6	\$4,611.60
EXTENSION ELECTRICA	4	2066.4	\$8,265.60
TERMO PARA TRANSPORTE OOCITOS INOXIDABLE	5	1989	\$9,945.00
MANGUERAS PARA DISTRIBUCION GAS PARA DOS INCUB.	5	1131	\$5,655.00
ESTABILIZADOR DE VOLTAJE	4	2872.8	\$11,491.20
PLATINA TERMICA PARA ESTEREOMICROSCOPIO	1	12159	\$12,159.00
PLATINA TERMICA PARA MESA	1	12480	\$12,480.00
CILINDRO GAS CO2	2	6279	\$12,558.00
TUBO MICROCENTRIFUGA 0,6ml PAQ x 1000 UNID.	2	2522	\$5,044.00
DESTILADOR DE AGUA + RESERVORIO DE 50Lt. 230V	1	13809.6	\$13,809.60
MICROPIPETA FINNPIPETTE 0,5-5 ul	1	13935.6	\$13,935.60
MICROPIPETA FINNPIPETTE 20-50ul	1	13935.6	\$13,935.60
MICROPIPETA FINNPIPETTE 100-1000ul	1	13935.6	\$13,935.60
CILINDRO GAS MEZCLA DE GASES CO2+O2+N	2	7072	\$14,144.00
PUNTAS 1-1000ul PAQ x 100 UNID.	1	2847	\$2,847.00
TUBO POLIESTIRENO x5ml 12x75 CON TAPA CAJA x 500 UNID.	2	7471.8	\$14,943.60
BAÑO MARIA 12 Lt	1	15309	\$15,309.00
CILINDRO GAS PORTATIL + SISTEMA PARA INYECCION GAS	1	16947	\$16,947.00
BOTELLA VIDRIO TAPA AZUL 1000ml	1	3471	\$3,471.00
CALENTADOR DE BLOQUE PARA TUBOS	1	18156.6	\$18,156.60
TERMO NITROGENO ALMACENAJE SEMEN XC47/11-7	1	18772	\$18,772.00
FILTRO PARA JERINGA 25mm	1	6318	\$6,318.00
TERMOMETRO PARA INCUBADORAS -0,5°C	2	9664.2	\$19,328.40
FYRITE GAS ANALYZERS CO2. REF: 10/5057	1	19467	\$19,467.00

FILTRO PARA JERINGA 13mm	3	8320	\$24,960.00
CANECAS PLASTICAS DE BASURA	8	3172	\$25,376.00
TERMO NITROGENO ALMACENAJE SEMEN XC34/11-6	1	26728	\$26,728.00
REGULADORES CO2 y O2	2	13381.2	\$26,762.40
SITEMA DE ASPIRACION TAPON ALUMINIO	3	8946	\$26,838.00
MICROPIPETA	2	13935.6	\$27,871.20
MICROPIPETA	2	13935.6	\$27,871.20
INVERSOR DE ENERGIA	3	9664.2	\$28,992.60
REGULADORES CO2 y O2	2	15028	\$30,056.00
ESTUFA PARA SECADO Y ESTERILIZACION	1	31197.6	\$31,197.60
ADECUACIONES FISICAS PARA LABORATORIO	1	32500	\$32,500.00
BAÑO ULTRASONICO	1	35897.4	\$35,897.40
DESHUMIFICADOR DE AMBIENTE 14,2 Lt	2	18772	\$37,544.00
MICROCENTRIFUGA REF: MIMISPIN	1	37765	\$37,765.00
PLACA CALENTAMIENTO DE MESA	2	19416.6	\$38,833.20
MICROSCOPIO	1	39060	\$39,060.00
GUIA DE ASPIRACION FOLICULAR	1	39664.8	\$39,664.80
INCUBADORA PORTATIL PARA TRANSPORTE EMBRIONES	1	39832	\$39,832.00
TRANSPORTADORA DE EMBRIONES. WTA	1	44772	\$44,772.00
TRANSPORTADORA PORTATIL PARA REF:14180/0000 ó 19180/0001	1	46279.8	\$46,279.80
INCUBADORA PORTATIL PARA TRANSPORTE DE OOCITOS REF:14180/0000 ó 19180/0001	1	46569.6	\$46,569.60
SELLADORES DE PAJILLAS PARA 0,25	5	4862	\$24,310.00
BOMBA DE VACIO PARA ASPIRACION FOLICULAR	1	54293.4	\$54,293.40
BALANZA ELECTRONICA	1	59119.2	\$59,119.20
AIRE ACONDICIONADO MINISPLIT	3	20046.6	\$60,139.80
TUBO CONICO 50ml PAQUETEx25 UNIDADES CAJAx500UNID.	5	6085.8	\$30,429.00
CAMARA DE FLUJO LAMINAR HORIZONTAL DOBLE	1	61273.8	\$61,273.80
PLANTA ELECTRICA CON TRANSFERENCIA AUTOMATICA	1	62829	\$62,829.00
BOTELLAS DE CULTIVO CELULAR FLASK 430720	10	3562	\$35,620.00
AUTOCLAVE VERTICAL FANEM AV-50. 48 LTS U OTRA MARCA	1	73407.6	\$73,407.60
CENTRIFUGA	1	79921.8	\$79,921.80
SOLUCION PBS: COMPLETE FLUSH VIGRO® BOLSAX1000ml CAJAx10 UNID	1	83966.4	\$83,966.40
PURIFICADOR AIRE IONIZADOR UV - FILTRO DE CARBON	2	42260.4	\$84,520.80

TUBO MICROCENTRIFUGAF 2,0ml PAQ x 400 UNID.	2	4329	\$8,658.00
CAJAS DE TRANSPORTE MATERIALES Y EQUIPOS RIMAX RUBERM	2	16380	\$32,760.00
TRANSDUCTOR CONVEXO	1	130626.4	\$130,626.40
FUNDA SANITARIA PARA OPU BOLSAx50 UNID.	3	5455.8	\$16,367.40
ESTEREOMICROSCOPIO NIKON SMZ 645	2	67573.8	\$135,147.60
AUTOCLAVE VERTICAL 50 LTS	1	140751	\$140,751.00
INCUBADORA CO ₂ - O ₂ MODELO 3130 TC	1	154154	\$154,154.00
FILTRO BUSQUEDA DE OOCITOS	2	17778.6	\$35,557.20
PUNTAS 0,5-10ul PAQ x 100 UNID.	5	8957	\$44,785.00
PUNTAS 1-200ul PAQ x 100 UNID.	5	9243	\$46,215.00
UPS UNIDADES DE CARGA ENERGIA SISTEMA DE ALIM. INTERRUPTIDA	2	54230.4	\$108,460.80
AGUJA HIPODERMICA 21 ½ G'	2	4939.2	\$9,878.40
CATETER ENDOVENOSO 16G' CAJAx50 UNID.	2	35519.4	\$71,038.80
ULTRASONIDO SSD-500V CON TRANSDUCTOR LINEAL UST-5541 - 7,5MHz	1	622906	\$622,906.00
CAMISA SANITARIA PARA TE	2	13179.6	\$26,359.20
ULTRASONIDO SSD-500V CON TRANSDUCTOR LINEAL UST-5541 - 7,5MHz	2	421268.4	\$842,536.80
AGUJA HIPODERMICA 18 ½ G'	3	9235.8	\$27,707.40
SILICONAS PARA TUBO TRANSPORTE OOCITOS	10	7560	\$75,600.00
		TOTAL	\$4,250,000.00

Dentro del protocolo que se utilizará destaca la implementación de insumos necesarios en cada fase del proyecto de la producción in vitro (Tabla 4). Se requerirán: 4 donadoras (15 Ovocitos/donadora) x (3.15 Embriones/donadora) Total=12.6 Embriones 21% PIV).

Tabla 4. Material para producción in vitro.

PRODUCTO	Cantidad (ml, unid)	Precio unitario (ml, unid)	TOTAL
Aceite mineral SIGMA Fco x 500 ml	4	5.29	21.14
Alcohol antiséptico Galón x 3600 ml 70°	50	0.03	1.39
Cinta enmascarar	10	0.01	0.13
Filtro de jeringa Millipore 0.22 um Caja x 50 Unid.	3	61.00	183.00
Gas: Dióxido de Carbono	1	2.50	2.50
Gas: Nitrógeno	1	394.86	394.86
Gorro desechable Pqt x 50 Unid.	1	3.16	3.16
Jeringa 1 ml Caja x 100 Unid.	1	1.40	1.40
Jeringa 3 ml Caja x 100 Unid.	1	0.89	0.89

Jeringa 5 ml Caja x 100 Unid.	1	1.00	1.00
Lamina cubre objetos 22mm x 22mm Caja x 100	4	0.35	1.40
Lámina Portaobjeto 3 x 1 mm caja x 50 Unid.	2	0.76	1.52
Medios de producción in-vitro	12.6	536.00	6753.60
Nitrógeno Líquido	125	0.03	3.13
Pajilla irradiada pqt. x 5 Unid.	13	5.80	75.40
Percoll Amersham Biosciences Fco x 1 Lt	3400	0.01	34.68
Pipeta Pasteur vidrio 145 mm Caja x 250 Unid.	3	1.12	3.36
Pipeta plástica 3 ml Caja x 500 Unid.	1	5.57	5.57
Placa Petri NUNC 35 Pozos	19	18.32	348.04
Placa Petri NUNC 4 Pozos	2	89.75	179.50
Punta 0.5-20 ul Eppendorf	20	1.82	36.46
Punta 2-200 ul Eppendorf	15	1.49	22.32
Punta 50-1000 ul Eppendorf	5	1.57	7.85
Sellador de pajilla 0.25 ml	13	11.20	145.60
Tapaboca desechable Caia x 50 Unid.	1	1.64	1.64
Toalla de Papel Familia rollo x 80 hojas	15	1.19	17.81
Tubo cónico Falcón 15 ml Caia x 500 Unid.	3	6.00	18.00
Tubo Eppendorf 1.5 ml Pqt. x 500 Unid.	5	2.99	14.94
Dosis seminal (semen sexado)	1	350.00	350.00
		EMBRIONES	\$ 8,630.29

Sincronización de receptoras y costo. Se requieren sincronizar 3 hembras, de las cuales solo una quedará preñada, por lo que para una preñez se considera el costo de 3 (Tabla 5 y 6).

Tabla 5. Sincronización de receptoras y costo.

Producto requerido	Cantidad (ml, unid)	Precio unitario (ml, unid)	TOTAL
Aguja desechable 18 G" 1 1/2 caja x 100 Unid.	15	1.00	15.00
Benzoato de Estradiol	10	6.44	64.40
Cipionato de Estradiol Fco x 50 ml	2	6.00	12.00
Cloprostenol Fco x 20ml	2	11.50	23.00
DIB	1	62.50	62.50
Guante de latex caia x 100 Unid.	1	1.90	1.90
hCG ó eCG Fco x 5000 UI	2	27.20	54.40
Jeringa 1 ml caja x 100 Unid.	2	1.40	2.80
Jeringa 5 ml caja x 100 Unid.	3	1.00	3.00
Manga palpación Ultrasensitiva caja x 100 Unid.	1	3.00	3.00

TOTAL	COSTO/SINCRONIZACION	\$242.00
	COSTO 1P+/TE	\$726.00

Tabla 6. Material para la transferencia in vitro.

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (ml, unid)	TOTAL
Aguja desechable 21/18G" 1 1/2 caja x 100	1	0.89	0.89
Alcohol antiséptico Galón x 3600 ml 70°	10	0.03	0.28
Camisa sanitaria de transferencia cia x 80	1	2.75	2.75
Cuchilla Minora Gillete	1	2.25	2.25
Funda Transferencia punta plástica WTA	1	2.00	2.00
Guante de latex caja x 100 Unid.	1	1.90	1.90
Jeringa 5 ml caja x 100 Unid.	1	1.00	1.00
Lidocaína Fco x 50 ml	4	0.24	0.96
Manga palpación Ultrasensitiva caja x 100 Unid.	2	3.00	6.00
Puntas Minitube caja x 100 Unid.	1	22.92	22.92
Toalla de papel Familia Ecológica "Z" bolsa x 150 hojas	3	0.27	0.80
Tranquilan Fco x 10 ml	1	5.30	5.30
TOTAL	COSTO/1 RECEPTORA TRANSFERIDA		\$47.05

El costo de los insumos necesarios para producir 1 preñez por TE y 1.6 por IA, asciende a \$ 3,521.36 (Tabla 7). Los demás costos, tanto Fijos como Variables se anexan en el perfil financiero.

Tabla 7. Inseminación artificial (IA) en vientres que no quedaron gestantes por

PRODUCTO	CANTIDAD (ml,	PRECIO UNITARIO (ml, unid)	TOTAL
SEMEN SIN SEXAR	1.5	100.00	150.00
Manga palpación Ultrasensitiva caja x 100	1	3.00	3.00
Gel Ultrasónico galón x 3.750 ml	3	0.04	0.13
Funda Transferencia punta plástica WTA	1	2.00	2.00
			\$155.13
INSUMOS		1 PREÑEZ POR TE	1.6 PREÑEZ POR IA
CONCEPTO	COSTO	COSTO	
ASPIRACIÓN DONADORA	\$289.13		
PIV	\$2,054.83		
SINCRONIZACIÓN	\$726.00		
TRANSFERENCIA DE EMBRIÓN	\$141.14		
IA		\$310.25	
COSTO FIJO INSUMOS	\$310.25	\$3,211.10	

transferencia de embrión (TE).

5.1 PRODUCCIÓN DE EMBRIONES

Los embriones se producirán a partir de óvulos recuperados de ovarios provenientes de animales vivos.

5.1.1 Selección y manejo de vacas donadoras

Se determinó que las hembras pie de cría donadoras de ovocitos serán de las razas Brahman y Gyr lechero, así mismo serán adquiridas con productores que posean hato certificado libre de zoonosis.

Para seleccionar a las hembras que serán donadoras de ovocitos se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ☐ Buena condición corporal, proveniente de líneas fértiles.
- ☐ Vacas jóvenes de 1 a 3 partos ó vaquillas bien desarrolladas.
- ☐ Contar con un aparato reproductor y ciclo estral normal.

- ☐ Fertilidad probada y el cérvix debe ser pasable fácilmente.
- ☐ Sin antecedentes de partos distócicos y retenciones placentarias.
- ☐ No más de dos servicios por concepción.
- ☐ Tener una edad de 3 a 10 años.
- ☐ Libres de enfermedades infectocontagiosas Brucelosis, Tuberculosis, etc.
- ☐ Sometidas a un estricto programa de vacunación y desparasitación.
- ☐ Deben ser identificadas con arete, fierro quemador o tatuaje.

5.1.2 Superovulación de donadoras

Una vez seleccionadas las hembras que aportarán los ovocitos, éstas deberán ser sometidas a un tratamiento para ser superovuladas. La superovulación consiste en inducir el crecimiento extra de folículos ováricos mediante la aplicación de gonadotropinas. La aplicación de este tipo de hormonas permite rescatar de la atresia a un número determinado de folículos ováricos de manera que estos puedan seguir su crecimiento y llegar a la ovulación.

La donadora puede ser una vaca o vaquilla, si se escoge una vaca ésta debe de tener por lo menos 3 a 4 meses posparto. Si la futura donadora no se encuentra ciclando, se le puede inducir al estro con un implante de Norgestomet por 7 -10 días y aplicándole 400 U.I. de gonadotropina sérica de la yegua preñada (eCG) al momento del retiro del implante. El primer ciclo de este tratamiento generalmente es de corta duración, pero el siguiente ciclo es de duración normal. Una buena decisión es que la vaca tenga por lo menos dos ciclos normales antes de comenzar el programa de superovulación.

En el caso de que se desee superovular una vaquilla, es necesario que esta tenga un peso vivo por lo menos de 350 kg, y que ya este ciclando normalmente.

5.1.3 Obtención de los ovocitos

La obtención de los ovocitos se realizará utilizando la aspiración transvaginal ecoguiada (Ovum Pick-Up; OPU). Esta técnica permite recoger ovocitos en las hembras de más de seis meses de edad, durante los primeros tres meses de gestación y a partir de las 2-3 semanas del postparto, por lo que no interfiere con los ciclos productivos o reproductivos de las hembras donantes.

5.1.4 Selección de los ovocitos

Una vez obtenidos los ovocitos, estos deben de ser seleccionados para elegir los óptimos. La selección se realiza generalmente en base a tres criterios: el diámetro del ovocito, el aspecto de su citoplasma y las características del cúmulo

que los rodea. El diámetro de los ovocitos condiciona su capacidad para madurar, de tal forma que los ovocitos bovinos con un diámetro inferior a 110 μm se encuentran todavía en fase de crecimiento y no han adquirido aun la capacidad para madurar.

Los ovocitos rodeados por un cúmulo compacto formado por varias capas de células, presentan mayores porcentajes de maduración, fecundación y de desarrollo hasta blastocistos, que los que carecen de cúmulo o los que están rodeados solamente por la corona radiata.

De acuerdo a los criterios anteriores, los ovocitos serán clasificados en varias categorías y los técnicos determinaran cuales serán los que se ocuparán para la siguiente fase: la maduración.

5.1.5 Maduración In Vitro de ovocitos

La maduración ovocitaria es un fenómeno complejo, durante el cual el ovocito progresa desde el estadio de profase de MI hasta el de MII (maduración nuclear). El ovocito completa la meiosis en respuesta al pico ovulatorio de LH, o bien, cuando es retirado del folículo para llevar a cabo la maduración in vitro. Un periodo de 24 h es necesario para que el ovocito bovino complete la maduración nuclear, es decir, alcance el estadio de MII, en el que permanece hasta el momento en que es fertilizado, que es cuando completa la meiosis y se forma los pronúcleos. Además de la maduración nuclear, también es importante que exista una maduración citoplasmática ya que prepara al ovocito para soportar la Fertilización y aportar los nutrientes requeridos para el desarrollo embrionario temprano.

Para llevar a cabo la maduración es necesario colocar los ovocitos en medios especiales controlando la composición y el ambiente en estufas de cultivo, se debe brindar un ambiente adecuado para que la maduración ocurra en 24 h de un modo similar a lo que sucede in vivo durante más de dos ciclos estrales en el bovino. Las condiciones utilizadas en la mayoría de los laboratorios para lograr este ambiente, involucra el uso de medios de cultivo tales como el TCM-199 suplementado con hormonas (LH, FSH, estradiol, etc), antioxidantes (glutación, cisteamina, cistina), factores de crecimiento y macromoléculas (suero, albumina), en una atmósfera de 5% CO_2 a 38.5°C y humedad a saturación.

5.1.6 Fecundación In Vitro de los ovocitos

Una vez que se dispone de ovocitos maduros, el siguiente objetivo es lograr la fecundación de los mismos, para ello se incuban junto con espermatozoides capacitados en un medio especial suplementado con fuentes energéticas (piruvato, lactato), albúmina sérica y heparina y en un ambiente controlado por estufas de cultivo por un tiempo comprendido entre 5-24 h dependiendo del protocolo, la concentración de espermatozoides y la calidad del semen utilizado.

El semen debe ser tratado rápidamente antes de cocultivar los espermatozoides con los ovocitos. Este tratamiento incluye la eliminación de todos los elementos presentes (plasma seminal, componentes del diluyente en caso de semen congelado-descongelado, contaminantes, etc) excepto los espermatozoides y una selección de los espermatozoides vivos y con motilidad progresiva. Esto se logra mediante técnicas basadas en la migración de los espermatozoides (swim up), la centrifugación en gradientes de densidad (percoll) y filtración (lana de vidrio). Posteriormente se procede a iniciar el proceso de capacitación espermática que habitualmente se establece dentro del tracto reproductor femenino.

Por último se efectúa la dilución y el conteo de los espermatozoides motiles para alcanzar habitualmente una dosis inseminante de 1-6 millones de espermatozoides por ml de medio de fecundación dependiendo del protocolo utilizado.

5.1.7 Cultivo y/o Incubación In Vitro de embriones

Aquellos embriones de 4 o más células resultantes de la FIV son cambiados del medio de fecundación a un medio de cultivo embrionario donde los embriones continúan su división celular a 8, 16 y 32 células hasta llegar a mórulas y blastocistos. Al llegar a estos estadios, los embriones pueden ser transferidos a vacas receptoras (en fresco) o congelados para su posterior uso.

Durante esta etapa destacan la presencia en el medio de cultivo de diversas fuentes de energía como la glucosa y aminoácidos esenciales y no esenciales y son cultivados en estufas en condiciones atmosféricas especiales durante 7-8 días. La temperatura debe mantenerse a 39°C con oscilaciones no superiores a 0.5°C. La concentración de CO₂ en aire al 5%, es esencial para mantener el pH del medio de fertilización en niveles de 7.4 a 7.8 y la humedad relativa debe ser superior al 99%.

5.1.8 Sexado de embriones

Para esta etapa se tienen varias opciones para realizar el sexado de los embriones, teniendo como base dos métodos: invasivos y no invasivos.

Los métodos invasivos requieren de la toma de muestras embrionarias para realizar pruebas y determinar el sexo del embrión. Dentro de estos métodos se incluyen el análisis citogenético; hibridación con sondas de ADN específicas para el cromosoma Y y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Para llevar a cabo la toma de muestras es necesario tener personal capacitado ya que de lo contrario la viabilidad de los embriones se pone en riesgo.

Los métodos no invasivos no requieren de la toma de muestras de los embriones para la determinación del sexo y comprenden la determinación de enzimas ligadas al cromosoma X; la identificación de antígenos específicos del sexo (antígeno H-Y) y la diferencia de desarrollo entre embriones machos y hembras.

5.1.9 Selección y manejo de vacas receptoras

En el caso de las receptoras, prácticamente se siguen los mismos puntos que en las donadoras, pero se pueden emplear animales de cualquier raza o cruce (el cruzamiento aumenta la fertilidad), sin importar su procedencia, pero teniendo en cuenta que se traten de animales jóvenes, sanos con buen desarrollo corporal, especialmente la pelvis (ya que muchas veces tendrán que parir becerros muy pesados), en perfecto estado nutricional, dóciles y fáciles de manejar y con una producción de leche suficiente para criar hasta el destete su becerro.

Para ello se orientará a los productores, de tal modo que sus receptoras sean las más viables. Una vez identificadas a las receptoras y para poder realizar la transferencia de los embriones, las hembras se deben someter a un tratamiento hormonal para la sincronización de celos.

5.1.10 Transferencia de embriones a la receptora

Finalizado el periodo de incubación, los embriones están en condiciones de ser transferidos en fresco a una vaca elegida para este fin o criopreservarlos en termos de nitrógeno líquido hasta su transferencia en el momento apropiado.

La transferencia se podrá realizar en las instalaciones de la organización o en el mismo rancho si las condiciones son las adecuadas. Esta técnica se llevará a cabo por la vía no quirúrgica a través del cuello del útero depositando

directamente el embrión en el cuerno uterino donde se encuentra ovulando la receptora. El procedimiento es el siguiente:

- a. Examen rectal de la receptora para constatar la presencia de un Cuerpo Lúteo (CL), se inyecta una anestesia epidural baja (solución de xilocaína al 2%).
- b. La región perineal y vulva se lavan con jabón desinfectante, agua y se secan.
- c. El embrión es entonces colocado dentro de una pajilla esterilizada (0.25–0.5 ml) a la que se le corta un extremo (aproximadamente 1,5 cm.), esto se realizará para que no se doble al ser introducida en el cérvix con la consiguiente pérdida del embrión.
- d. La colocación del embrión dentro de la pajilla se realizará de tal forma que el medio que posee el embrión queda entre 2 gotas de medio; separadas por aire.
- e. Posteriormente la pajilla con el embrión se colocará dentro de la pistola de transferencia y ésta dentro de la pipeta plástica que previamente es esterilizada.
- f. Con la mano izquierda el operador sujetará el cérvix a través de la pared del recto. La pipeta se introducirá en el canal cervical y su extremo se ubicará con ayuda de la mano izquierda, en el cuerno uterino al CL.
- g. Una vez en la posición deseada (un poco más allá del cuerpo del útero) el embrión será depositado suavemente y la pistola se retirará lentamente.
- h. Todo este procedimiento debe realizarse lo más rápido y delicadamente posible pues el exceso de manipulación producirá daño a la mucosa del útero, que se traducirá en una baja en los resultados.

Como ya se detalló el proceso que se seguirá para realizar la principal actividad objeto del proyecto, es necesario precisar que los profesionales que están a cargo consideran que previo a la construcción del laboratorio es recomendable realizar la compra de embriones sexados y dosis de semen para realizar Transferencia de Embriones e Inseminación Artificial, respectivamente, ya que el tiempo de espera para tener listo el laboratorio es muy largo y se pretende iniciar lo antes posible el programa de mejoramiento genético.

En un inicio se contempla realizar la compra de 4,000 embriones sexados e iniciar el proceso de transferencia a hembras de 400 ranchos de la región de Costa Chica previamente seleccionados. De estas unidades de producción se seleccionarán 5,000 hembras para ser tratadas por medios hormonales e inducirles el celo. Las hembras receptoras deben de cumplir con determinadas

características sanitarias, nutricionales y reproductivas. Una vez seleccionadas, las receptoras serán sincronizadas por medio de tratamiento hormonal (ECP, CIDR, Lutalyse, Novormon y Benzoato de estradiol). Posterior al tratamiento con hormonas y a la detección del celo (7-8 días) la receptora está lista para ser transferida con un embrión.

Para verificar la efectividad de la transferencia de embriones se efectuará un diagnóstico de preñez mediante ultrasonografía.

5.1.11 Inseminación Artificial (IA)

Posteriormente a la TE se estima que el 30% de las vacas quedarán gestantes. El resto de las hembras, es decir, las que no queden gestantes serán tratadas por medio de IA.

Esta es una técnica mediante la cual se deposita el semen en el cuerpo del útero por medios artificiales para lograr la fecundación o preñez de las hembras.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo demostró que es viable realizar la venta de embriones de ganado bovino para empresarios pequeños que no tienen los recursos suficientes para mejorar su hato ganadero (40 – 50 reses). Por lo que de llegar a implementarse generaría recursos para ellos y mejor ganado de doble propósito (carne y leche) para la región del trópico. Al mismo tiempo genera una fuente de empleo y se fortalecerían los lazos familiares al generar ingresos estables.

Para que sea exitoso es necesario contar con un médico veterinario que asegure el ciclo reproductivo del ganado para que no pierdan tiempo, puedan alistarlos y éstas puedan ser trabajadas con embriones de calidad. Es importante mencionar que los ganaderos del trópico deben preocuparse por la alimentación de sus animales ya que dependen mucho de su condición física para que puedan quedar gestantes.

En futuras investigaciones se sugiere dar seguimiento al crecimiento y venta de embriones, así como los ingresos y beneficios tanto económicos como no económicos para los pequeños empresarios ganaderos, así como para la región. De igual forma sería interesante indagar la pertinencia de aplicar estos modelos de reproducción pueden aplicarse a otras regiones, particularmente en altas zonas marginadas del país, donde los ingresos e infraestructura de los pequeños ganaderos son bajos; no obstante muchos de ellos cuentan con hatos ganaderos pequeños y combinan la agricultura con dicha actividad. El acceso y

comercialización de embriones de ganado bovino podría incrementar su consumo de proteína animal, además de generarles ingresos, y propiciar estabilidad social y familiar.

BIBLIOGRAFÍA

Baca Currea, G. (2004). Evaluación financiera de proyectos. Bogotá: Fondo Educativo Panamericano.

Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de proyectos. México: McGraw Hill.

Boris, E., E. Bravo-Ureta, V. Moreira, A. A. Arzubi, D. E. Schilder, J. Álvarez, y C. Molina., (2008). Cambio tecnológico y eficiencia técnica en predios lecheros en tres países del Cono Sur. Chilean. En *Journal of Agricultural Research*: 68: 360-367.

Código Civil (2013). Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>

Constitución Política (2013) Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>

Cortázar Martínez, A. (2009). Preparación y análisis de proyectos de inversión: manual de uso rápido. México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Espinosa, G., J. A., T. A González, A. A. Luna, V. Cuevas, G. Moctezuma, S. F. Góngora, J. L. Jolalpa, y A. Vélez. (2010). *Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos*. México: INIFAP-CENID

Farci, G. (2007). *Patrones metodológicos en la evaluación de la productividad y productividad investigativa. Investigación y Postgrado*.

Fecunmed (2006). Reproducción in vitro. Recuperado de <http://www.fecunmed.com>

Food and Agriculture Organization.(2009). *La FAO en México más de 60 años de colaboración*. México: Autor

Food and Agriculture Organization. (2016). *FAO Biotecnología Agrícola para países en Desarrollo, Conferencia sobre el sector ganadero producido por Departamento de Desarrollo Sostenible*. México: Autor

Greig, L., (2009). An Analysis of the key factors influencing farmer's choice of crop kibamba ward, Tanzania. En *Journal of Agricultural Economics*: 60: 699-715

Hartwich, F., L. Ampuero, T. Arispe, V. Eguez, J. Mendoza, y A. Alexaki. (2008). *Alianzas para la Innovación Agroalimentaria en Bolivia Lecciones para la Formulación de Políticas*. Bolivia: IFPRI Documento de Discusión 00773SP.

Herrera, B.F., (2005) *Anexo Estadístico del 1er informe de gobierno 2005; desarrollo agropecuario. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Xalapa, Ver. México*.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2007).. *La contribución del IICA al desarrollo de la agricultura y las comunidades rurales en México Informe Anual*. México: Autor

Iruegas, E.L. (2010). *Escala mínima de ganadería bovina sostenible en la Huasteca potosina*. México: FIRA. Boletín Informativo Nueva Época. Número 12.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2003). *Programa Nacional de Recursos Pecuarios*. México: Autor

Miller, R. L., y Meiners, E. (1990). *Microeconomía*. México: Ed. McGraw-Hill

Muñoz, R., M. y Altamirano, J.R. (2008). *Modelos de innovación en el sector agroalimentario Mexicano. Agric., Sociedad y Desarrollo*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Orozco, C., S. B. Ramírez, R. Ariza, L. Jimenez, N. Estrella, V. B. Peña, A. Ramos y M. Morales., (2009). Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México. En *Revista Interciencia*: 34: 551-555

Solís D., Bravo U.E.B. y Quiroga E.R: (2009). Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programmes in Central America. En *Journal of Agricultural Economics*: 60 (1): 202-219.

Suárez, D. y López, Q. (1997). *La ganadería bovina productora de carne en México. Situación actual*. Ed. Departamento de Zootecnia. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Trejo, E.(2013, Mayo 13) . Métodos, Oportunidades y Hechos en la Ganadería del Norte de Veracruz. En *El Economista* , Pág Seccion 21

Universidad Nacional Autónoma de México. (2015). *Atmosfera Resumen Ejecutivo, Estudio de Caso Veracruz: sector ganadero*. Méxioc: Autor

Ward, E., C, M. Vestal, D. Doye y D. Lalman. (2008). Factors affecting adoption of cow-calf production practices in Oklahoma. En *Journal of Agricultural and Applied Economics*: 40: 851-863