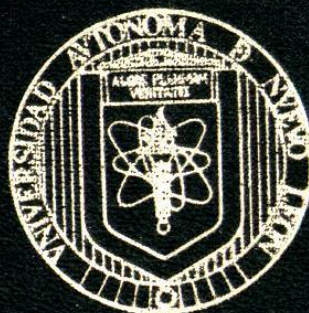


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EVALUACION GENETICA, REPRODUCTIVA Y
ECONOMICA DE LOS METODOS DE
APAREAMIENTO EN GANADO BOVINO
PRODUCTOR DE CARNE**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION
ANIMAL**

**PRESENTA:
VENANCIO OROZCO ROGERO**

MARIN, N. L.

FEBRERO, 1996

TM

SF105.5

07

c.1

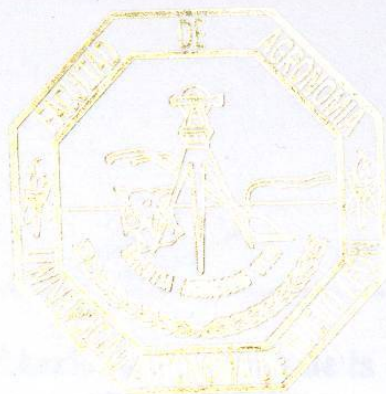


1080062168

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EVALUACION GENETICA, REPRODUCTIVA Y
ECONOMICA DE LOS METODOS DE
APAREAMIENTO EN GANADO BOVINO
PRODUCTOR DE CARNE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION
ANIMAL

PRESENTA:

VENANCIO OROZCO ROJERO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FEBRERO, 1996

TM
SFLOS
05
07



045.636
FAJ
1996
C.5


Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. tesis


BU Raul Rangel Fisas
UANL
FONDO
TESIS MAESTRIA

**EVALUACION GENETICA, REPRODUCTIVA Y ECONOMICA
DE LOS METODOS DE APAREAMIENTO EN GANADO BOVINO
PRODUCTOR DE CARNE**

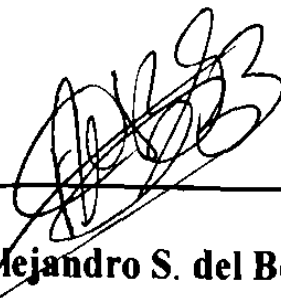
Aprobación de Tesis:



**D.Sc. Mario A. Ramírez de la Garza
PRESIDENTE**



**Ph.D Javier Colín Negrete
SECRETARIO**



**Ph.D Alejandro S. del Bosque González
VOCAL**

Marín, N.L.

Febrero, 1996

12450 E

DEDICATORIAS

Dedico la presente en memoria a **Mi Padre, Sr. Venancio Orozco Miramontes**, que sin conocerlo físicamente dio cuanto pudo para integrar mi existencia. Y a su ejemplar esposa (**Mi Madre**), **Sra. María Refugio Rogero Vda. de Orozco**, para quien tengo un reconocimiento infinito, por su cariño y amor, por su gran valor al enfrentar la vida, salir adelante dignificar el hogar y la familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al **Ser Divino (Dios)**, la oportunidad que me ha brindado de estar en esta vida, esperando que mis actos sean, en beneficio de las personas que me rodean y compartir honestamente lo que les puedo brindar sin esperar a cambio nada mas que amistad, y comprensión si no soy lo que ustedes esperan.

A mis hermanos **Raúl Orozco Rogero y Esteban Orozco Rogero**, por el apoyo moral al estar fuera de casa, que sin ser afines en los principios de unidad familiar todos participamos en ella y que su ejemplo se refleja en ser mejor cada día.

A la Universidad Autónoma de Nayarit, RECTOR (C.P **Francisco Alberto Rivera Domínguez**), C.P. **Ricardo Gómez Jiménez**, Ing. **Marcial Arroyo Avena**, Lic. **Raúl Pérez González**, Ing. **Idelfonso López Castillo**, M.V.Z. **Margarete Moeller Porraz**, M.V.Z. **Mario Jauregui Medina**). Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootécnia), personal docente y administrativo, por haber brindado las facilidades para que un servidor realizara estudios de Maestría en Producción Animal.

Al M.V.Z. **Zirahuén Carriles Díaz**, M.V.Z-M.C. **Humberto Macias Coronel**, M.V.Z **J. Antonio Hernandez Ballesteros** y M.V.Z. **Luis A. Moreno Flores**, por su gran apoyo profesional, moral y gestor durante la realización de la Maestría.

A la **Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Subdirección de Estudios de Postgrado)**, Especialmente al Ph.D. Javier García Cantú, por haber sido un pilar básico en mi formación profesional, ya que su campo de acción es la **Reproducción Animal Aplicada** y por inculcar a sus alumnos los principios universitarios con gran profesionalismo como son, la Docencia, Investigación y Extensión de la cultura.

A mis compañeros de generación, M.C. **Alejandro A. Gómez Danés**, M.C. **Javier Reyna Carrera** y M.C. **Esteban Gallegos García**, por los deseos de superación permanentes, apoyo mutuo y convivencias, mi reconocimiento y amistad. A mis compañeros de la Maestría en Producción Agrícola, M.C. **María del Carmen Ojeda Zacarias**, M.C. **Arturo Luna Valles** y M.C. **Juan Martínez Medina**, por la demostración de amistad, apoyo moral y convivencia.

A todos los **Doctores** que conformaron la planta de catedráticos y que con gran profesionalismo participaron en mi formación profesional: Ph.D. **Javier García Cantú**, Ph.D. **Javier Colín Negrete**, D.Sc. **Mario A. Ramírez de la Garza**, Ph.D. **Alejandro S. Del Bosque González**, Ph.D. **Erasmus Gutiérrez Ornelas**, Ph.D. **Rigoberto González González**, Ph.D. **Emilio Olivares Saenz**, Ph.D. **Humberto Ibarra Gil** y Ph.D. **José Luis de la Garza**.

Al Dr. **Juan Francisco Villarreal Arredondo**, Ph.D. **Rigoberto González González**, Ing. Ma. **Elena Contreras Martínez**, Srias. **Korina López Cruz**, **Juana E. Pineda Velázquez** y Sria. resp. de publ. periódicas y de base de datos (CAB-ABSTRACT) **Rosa Ma. Rodríguez Gutiérrez**; por sus enseñanzas, servicios y buen trato durante mi estancia en la S.E.D.P-F.A.U.A.N.L.

Al Dr. **Alberto Gutiérrez** y D.V.M. **Joseph M. Wriqth** por su valiosa información aportada para la presente investigación.

Al **Centro de Producción Agropecuaria “Unidad Linares”** de la U.A.N.L. (Ing. **Edgardo D. Acosta Canales**, Dr. **Saúl E. Tijerina Wolf**, Dr. **Víctor Hugo García Gómez** y T.L.Q. **Enedelia Beraza Cardona**), personal administrativo y de campo, por la confianza en el uso de la información, por las facilidades y experiencias brindadas en la realización de la presente investigación.

A mi Honorable Jurado:

D.Sc. Mario A. Ramírez de la Garza.

Ph.D. Javier Colín Negrete.

Ph.D. Alejandro S. del Bosque González.

Por su gran apoyo profesional en la revisión de la presente investigación.

Muy especialmente a todos los **Mexicanos**, representados en una institución de apoyo económico-educativo (**CONACYT**), que gracias a sus recursos hacen posible los estudios de muchos profesionistas dentro y fuera del país, por ello mi mejor gratitud, siempre será devengar con trabajo lo que estemos en condiciones de realizar, **unidos** en beneficio del pueblo de México.

| |
|---------------------------|
| TABLA DE CONTENIDO |
|---------------------------|

| Capítulo | Página |
|--|---------------|
| APROBACION | ii |
| DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS | iii |
| TABLA DE CONTENIDO | v |
| LISTA DE TABLAS Y FIGURAS | viii |
| RESUMEN | x |
| SUMMARY | xiii |
| | |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| | |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 6 |
| 2.1 GENERALIDADES DE ASPECTOS REPRODUCTIVOS EN LA OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES | 6 |
| 2.2 GENERALIDADES DE LA OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (MOET) | 8 |
| 2.3 MANEJO Y SELECCION DE DONADORAS | 9 |
| 2.3.1 SELECCION | 9 |
| 2.3.2 SANIDAD | 11 |
| 2.3.3 ALIMENTACION DE RECEPTORAS Y DONADORAS | 11 |
| 2.3.4 RECONOCIMIENTO DE LOS CICLOS ESTRALES DE DONANTES Y RECEPTORAS | 12 |
| 2.3.5 SELECCION DE RECEPTORAS | 13 |
| 2.3.6 MANEJO DE RECEPTORAS | 14 |
| 2.3.7 SINCRONIZACION DEL ESTRO EN DONADORAS Y RECEPTORAS | 15 |
| 2.3.8 SUPEROVULACION | 16 |
| 2.3.9 INSEMINACION | 21 |
| 2.4 ASPECTOS HISTORICO-GENETICOS DEL METODO REPRODUCTIVO POR TRANSFERENCIA DE EMBRION | 22 |
| 2.4.1 VENTAJAS | 29 |
| 2.4.2 DESVENTAJAS | 30 |
| 2.4.3 GENERALIDADES DEL MEJORAMIENTO GENETICO | 30 |
| 2.4.4 MEJORAMIENTO GENETICO EN NUCLEOS | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 ASPECTOS ECONOMICOS DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES | 36 |
| 2.5.1 COEFICIENTES DE EXITO | 38 |
| 2.5.2 CONCLUSIONES | 40 |
| 3. OBJETIVOS | 43 |
| 3.1 OBJETIVOS GENERALES | 43 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 44 |
| 4. HIPOTESIS | 45 |
| 5. MATERIALES Y METODOS | 45 |
| 5.1 LOCALIZACION | 45 |
| 5.2 PREDICCION DEL MEJORAMIENTO GENETICO | 47 |
| 5.3 ESQUEMA DE REPRODUCCION CONVENCIONAL | 48 |
| 5.4 ESQUEMA DE REPRODUCCION POR EL METODO MOET | 49 |
| 5.4.1 TIPOS DE SELECCION | 50 |
| 5.4.2 ESTIMACION DE LA ENDOGAMIA | 53 |
| 5.4.3 DIVISION DE EMBRIONES | 53 |
| 5.5 MODELO DE EVALUACION ECONOMICA | 55 |
| 6. RESULTADOS | 58 |
| 6.1 EVALUACION GENETICA | 58 |
| 6.1.1 RESPUESTA ANUAL A LA SELECCION | 58 |
| 6.1.2 REPRODUCCION CONVENCIONAL | 58 |
| 6.1.3 RESPUESTA ANUAL A LA SELECCION | 64 |
| 6.1.4 REPRODUCCION CON OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (MOET) | 64 |
| 6.1.5 TASA ANUAL DE ENDOGAMIA | 70 |
| 6.1.6 DIVISIONES POR EMBRION | 74 |
| 6.2 EVALUACION REPRODUCTIVA | 76 |
| 6.2.1 EFICIENCIA REPRODUCTIVA | 76 |
| 6.3 TRANSFERENCIAS DE EMBRIONES EN RECEPTORAS Y SUPEROVULACION EN DONADORAS EXTERNAS DEL C.P.A. | 80 |
| 6.3.1 TRANSFERENCIAS DE EMBRIONES | 80 |
| 6.4 RESULTADOS DE SUPEROVULACION | 81 |
| 6.5 RESULTADOS CON EMBRIONES FRESCOS | 83 |
| 6.5.1 EN LA PRIMERA EVALUACION | 83 |
| 6.5.2 SEGUNDA EVALUACION | 85 |

| | |
|--|------------|
| 6.6 EMBRIONES CONGELADOS | 85 |
| 6.6.1 PRIMERA EVALUACION | 85 |
| 6.6.2 SEGUNDA EVALUACION | 87 |
| 6.7 TASAS DE REPRODUCCION SEGUN TIPO DE SERVICIO UTILIZADO, FACILIDAD DE PARTO Y SOBREVIVENCIA DE CRIAS EN EL C.P.A. DE 1985-1995 | 88 |
| 6.8 EVALUACION ECONOMICA DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES FRESCOS Y CONGELADOS EN EL C.P.A. "UNIDAD LINARES" | 94 |
| 6.9 COSTO DE UNA CRIA POR MEDIO DE INSEMINACION ARTIFICIAL EN EL C.P.A. | 96 |
| 6.10 COSTOS DE UN BECERRO POR MONTA DIRECTA EN EL C.P.A. | 98 |
| 6.10.1 EVALUACION ECONOMICA EN BASE AL VALOR NETO ACTUAL (NPV) | 99 |
| 7. DISCUSION | 101 |
| 7.1.1 EVALUACION GENETICA | 101 |
| 7.1.2 EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y ECONOMICA | 103 |
| 7.1.3 EVALUACION ECONOMICA | 107 |
| 8. CONCLUSIONES | 109 |
| 9. BIBLIOGRAFIA | 113 |
| 10. APENDICES | 120 |
| 10.1 APENDICE "A" | 120 |
| 10.2 APENDICE "B" | 123 |

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

| Tabla | Página |
|---|---------------|
| 1. Variables y símbolos usados para la evaluación de los métodos de reproducción convencional y por MOET.----- | 47 |
| 2. Respuesta anual pronosticada para la reproducción convencional a tres proporciones de heredabilidad y cuatro alternativas de reemplazo de vacas por edades.----- | 59 |
| 3. Respuesta anual pronosticada para el método de reproducción por MOET bajo tres heredabilidades y cuatro tasas de transferencias de embriones.----- | 65 |
| 4. Tasa de endogamia anual pronosticada para el método de reproducción convencional.----- | 71 |
| 5. Tasa de endogamia anual pronosticada para el método de reproducción por MOET.----- | 71 |
| 6. Porcentajes de incremento en la precisión de la selección cuando la información de la división de embriones es incluida en los índices de selección por MOET.----- | 75 |
| 7. Datos generales de embriones frescos-congelables obtenidos de 275 donadoras.----- | 77 |
| 8. Resumen general de la transferencia de embriones frescos y congelados-descongelados en receptoras externas del C.P.A. de 1989 a 1992.----- | 81 |
| 9. Resumen general de superovulaciones en donadoras externas (1989-1992) y donadoras del C.P.A. (1994-1995).----- | 83 |
| 10. Embriones frescos colectados de 100 donadoras en ranchos particulares de 1990-1992.----- | 84 |
| 11. Resumen de las transferencias de embriones frescos en receptoras externas al C.P.A.----- | 85 |
| 12. Embriones congelables colectados de 175 donadoras en ranchos particulares de 1990-1992.----- | 86 |
| 13. Resumen de la transferencia de embriones congelados-descongelados en receptoras externas al C.P.A. de 1990-1992.----- | 87 |
| 14. Tasas de reproducción de los principales métodos reproductivos usados en el C.P.A. de 1985-1995.----- | 93 |
| 15. Resultados del costo de producción de un embrión congelado en el C.P.A. en 1995.----- | 95 |
| 16. Resultados del costo de producción de un embrión fresco en el C.P.A. en 1995.----- | 95 |

17. Análisis del costo de la inseminación artificial en el C.P.A. en 1995 97
18. Análisis del costo por el servicio de monta directa en el C.P.A. en 1995 99

| Gráfica | Página |
|---|---------------|
| 1. Numero de embriones recuperados frescos y congelados-descongelados (275 donadoras) de ranchos particulares durante 1990-1992.----- | 78 |
| 2. Numero de embriones frescos transferibles o congelables por donadora (275 donadoras) de ranchos particulares durante 1990-1992.----- | 79 |
| 3. Tasas de reproducción (Partos de 1985 a 1995) de los métodos reproductivos usados en el C.P.A.----- | 92 |

| Figura | Página |
|---|---------------|
| 1. Calidad del ganado y actividad zootécnica de los vientres en el Estado de Nuevo León.----- | 24 |
| 2. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción convencional con relación de apareamiento 1:10.----- | 60 |
| 3. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción convencional con relación de apareamiento 1:20.----- | 61 |
| 4. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción convencional con relación de apareamiento 1:50.----- | 62 |
| 5. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción convencional con relación de apareamiento 1:100.----- | 63 |
| 6. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción por MOET con relación de apareamiento 1:2.----- | 66 |
| 7. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción por MOET con relación de apareamiento 1:4.----- | 67 |
| 8. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción por MOET con relación de apareamiento 1:6.----- | 68 |
| 9. Respuesta anual a la selección con el método de reproducción por MOET con relación de apareamiento 1:8.----- | 69 |
| 10. Tasa anual de endogamia por el método de reproducción convencional.----- | 72 |
| 11. Tasa anual de endogamia por el método de reproducción por MOET.----- | 73 |

RESUMEN

El presente trabajo fué realizado en el Centro de Producción Agropecuaria, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en Linares, N.L. en el Km. 145 de la carretera Monterrey -Ciudad Victoria.

El objetivo de la presente investigación fué hacer una evaluación genética, reproductiva y económica del uso de los diferentes métodos de apareamiento en ganado bovino productor de carne.

Las tasas de respuesta genética anual a la selección en ganado bovino productor de carne, fueron comparados para los métodos de reproducción convencional y Ovulación Múltiple y Transferencia de Embriones (MOET). Se consideraron diferentes sistemas de combinación para producir reemplazos, relación de apareamientos y tipos de selección para ambas combinaciones, con niveles de baja, media y alta heredabilidad. Para el método MOET, se utilizaron 4 niveles de transferencia de embriones por donadora representando niveles de bajo a moderado.

Los resultados indicaron que la tasa de respuesta genética anual a la selección fueron de hasta 1.3, 1.6 y 1.8 veces mayor para MOET en relación a la forma convencional de reproducción para características de baja, media y alta heredabilidad respectivamente; sin embargo, las tasas anuales de endogamia también fueron altas en MOET.

La división de embriones o clonación, mostró un incremento en la precisión de la selección de 8 a 35 % a través de la producción de genotipos idénticos.

El empleo del método MOET en combinación con la división de embriones en Unidades Núcleo élite (NU) o altamente seleccionados incrementa proporcionalmente el mejoramiento genético para ciertas características que tengan un porcentaje de baja, media y alta heredabilidad entre la población de ganado bovino productor de carne a mejorar.

En los aspectos reproductivos se realizaron dos evaluaciones, una en ranchos particulares con servicio técnico importado y nacional durante 1990-1992 y otra en el Centro de Producción Agropecuaria y diferentes ranchos particulares asesorados con servicio técnico nacional durante 1989-1995. El ganado bovino utilizado fué de diferentes razas, partos y edades. El requisito de los ranchos fué que se realizaran transferencia de embriones.

Respecto a la respuesta superovulatoria en la primera evaluación fué en promedio de 7.0 embriones frescos recuperados, 6.65 embriones congelables y 6.12 embriones transferibles por donadora. En la segunda evaluación los promedios fueron 8.75 embriones recuperados, 3.24 congelables, 4.36 transferibles, 1.51 infértiles y 1.88 embriones degenerados por donadora.

Los resultados encontrados en términos de eficiencia reproductiva global, fueron evaluados por la tasa de preñez, la que en la primera evaluación fué de un 30.45 % (511/1678) para embriones frescos y congelados, para embriones frescos fué de 24.45 % (124/507) y para embriones congelados fué de 32.90 %

(387/1176). En la segunda evaluación, para los mismos conceptos en receptoras externas e internas, las tasas de preñez fueron las siguientes: de 46.85 %, (499/1065), de 47.59 % (395/830) y de 44.25 % (104/235) respectivamente.

La evaluación reproductiva durante 1985-1995 y económica 1995 por el uso de la transferencia de embriones, inseminación artificial y monta directa solo fué evaluada en el C.P.A. En términos generales el uso de los principales métodos reproductivos es de aproximadamente 70 % para I.A., 20 % para M.D. y 10 % para T.E. Teniendo un costo aproximado por servicio de \$36.25, \$31.60 y \$114.56 dls. respectivamente.

Los Valores Netos Actuales (NPV) de los diferentes métodos reproductivos antes mencionados fueron positivos para (I.A., M.D y MOET.) obteniendo un beneficio de \$163.75, \$153.09 y \$403.52, dls. por cría anual respectivamente, lo que indica que son económicamente viables de aplicar considerando solamente los costos involucrados en los eventos genético-reproductivos; los beneficios genéticos productivos y por otros aspectos no fueron considerados.

La actividad reproductiva por concepto de transferencia de embriones, debe ser una herramienta alternativa en los programas de reproducción para no afectar drásticamente la eficiencia reproductiva de los hatos, ya que todavía es costosa y las tasas de preñez se ven afectadas por factores propios y ajenos a la receptora.

SUMMARY

This thesis work was conducted in the Agricultural and Livestock Production Center, of the University of Nuevo Leon, which is located in Linares, N.L., in the Kilometer 145 of the road Monterrey-Ciudad Victoria.

The objective of this study was to evaluate the genetic, reproductive and economic aspects of different mating systems with beef cattle.

The annual rates of genetic response to selection were compared for the conventional reproduction methods (artificial insemination (I.A.) and direct mating (M.D.)) and for multiple ovulation and embryo transfer (MOET) method.

Different combination systems were considered for replacements, mating relations and types of selection for traits with low, medium and high levels of heritability. For the MOET method, four levels of embryo transfer were used per donor, representing low to moderate levels.

The results indicated that the annual rate of genetic response to selection were 1.3, 1.6 y 1.8 times greater for MOET, when compared to the traditional reproduction forms for traits with low, medium and high heritability, respectively; however, the annual rates of inbreeding were also high in the MOET method.

Embryo division or cloning showed an increase of 8 to 35 % in the accuracy of selection through the production of identical genotypes.

The use of the MOET method in combination with the embryos division in elite nuclei units (NU) or totally selected, increased proportionally the genetic improvement for traits with low, medium and high heritability within the population of livestock beef under study.

In the reproduction aspects, two evaluation were performed: the first in private farms with imported technical and national service during 1989-1992; the second in the Agriculture and Livestock Production Center of the U.A.N.L. and in different farms supervised with national technical service during 1989-1995. The livestock used were of different breeds, calvings and ages. The requeriment of the farms to participate in this study was to belong to an embryo transfer program.

The superovulation response for the first evaluation were in average 7.0 fresh embryo recovered, 6.65 embryos with the capacity to be freezed and 6.12 embryos transferible by the donator. In the second evaluation the average were 8.75 fresh embryos recovered, 3.24 embryos with the capacity to be frozen, 4.36 transferible embryos, 1.51 sterile and 1.88 degenerated embryos per donador

The results of the total efficient reproductive were evaluated using the rate of pregnancy as an index. In the first evaluation it was 30.45 % (511/1678) for fresh and frozen embryos; for fresh embryos it was 24.45 % (124/507) and for frozen embryo it was 32.90 % (387/1176). In the second evaluation these of pregnancy were as follows: 46.85 % (499/1065), 47.59 % (395/830) and 44.25 % (104/235), respectively.

The Present Net Values (NPV) of the different reproductive methods above mentioned were positive for (I.A., M.D y MOET), having an benefit of \$163.75, 153.05 and \$403.52, dls. per annual calf, respectively, which indicate that they are economically viable to apply considering the cost involved in the genetical reproductive events only; the beneficial production due to genetics and other aspects were not considered.

Embryo transfer should be used as an alternative tool in reproduction programs, so that the herd reproductive efficiency would not be affected dramatically, since it is expensive and the rate of pregnancy is affected by internal and external factors to the receptor.

1. INTRODUCCION

La vida sobre la tierra ha progresado, desde las formas más simples de vida hasta las formas actuales complejas y diversas a través del proceso evolutivo. Desde que el hombre apareció en la tierra, el mayor problema al que se ha enfrentado ha sido asegurarse de alimentos en cantidad y calidad para satisfacer sus necesidades nutricionales. Los animales, como un componente importante de la cadena alimenticia, contribuyen fuertemente a cubrir esas necesidades del hombre entre muchas otras tales como, transporte, trabajo, abrigo, compañía, recreación y combustible (heces).

La reproducción de los mamíferos como un evento biológico ha permitido a las especies multiplicarse a través de los siglos, logrando sobrevivir solo los mejor adaptados a las condiciones del medio, regidas por la selección natural en los diferentes ecosistemas. Con la domesticación de los animales, el hombre ha ejercido intuitivamente el mejoramiento genético por la selección de los animales mas dóciles, aptos y productivos (Gibson, 1993).

Las primeras evidencias de la reproducción fueron realizadas por Leeuwenhoek en 1670, con la identificación de las células espermáticas.

Poco a poco fué progresando el conocimiento de la citología y los mecanismos de la reproducción. Años después Regnier de Graaf en 1672, hizo la identificación de las células precursoras de los gametos femeninos (óvulos), alojados por los "Folículos de Graaf". A partir de aquí, las investigaciones se dirigieron en el estudio de los procesos reproductivos (Hafez, 1992).

El primer método de reproducción conocido por el hombre fué el realizado en forma natural, llamado copula o coito que consiste en el deposito de espermatozoides en la vagina o útero de la hembra a través del pene del macho. Este método, en el aspecto puro de la reproducción tiene excelentes resultados, con tasas de concepción de 75-85 %, comparado con I.A. 65-75 % y T.E 40-50 % (ABS, 1983).

El crecimiento constante de la población, crea la necesidad de obtener mayor y mejor producción de los animales domésticos, por lo que la competencia constante del hombre por ser mejor cada día tiene bases históricas. Se menciona que en el siglo XIV tribus Arabes enemigas poseían equinos ejemplares de calidad y un día que realizaron una monta natural en una yegua, un intruso de otra tribu colectó semen del que escurría por la vaina del macho y lo depositó en la vagina de una hembra de su propiedad y logró gestarla. A partir de entonces la intervención de la mano del hombre en los procesos reproductivos fueron

fortaleciendo lo que hoy conocemos como Inseminación Artificial (I.A), que consiste en el depósito de semen en la vagina, cervix o útero de la hembra por medio de equipo artificial (ABS, 1983).

Gracias al avance obtenido en el área de reproducción y mejoramiento genético, en 1950 se hizo más eficiente el uso de la inseminación artificial, abriendo grandes oportunidades en la selección aplicada a los machos en empresas donde realizan pruebas de progenie, para su posterior uso en programas de inseminación artificial (Mondragón y Ulloa 1990). En 1970 se obtuvieron crías bovinas con embriones frescos transferidos por métodos quirúrgicos, pero 5 años después se realizaron cambios notables en la transferencia de embriones tales, como la colección y transferencia no quirúrgica, división de embriones, protocolos de congelación y descongelación más prácticos (de 4 pasos a 1 solo paso) que pueden realizarse en la explotación (West, 1982).

Hasta antes del desarrollo de las técnicas de ovulación múltiple y transferencia de embriones por sus siglas en inglés (MOET), la tasa de reproducción de las hembras y su largo período de gestación, han sido la principal limitante para lograr un incremento mayor en las tasas de ganancia genética. El empleo de la técnica MOET en hembras madres de toros que serán futuros reproductores, ha recibido mayor atención por su participación en el

incremento de la tasa de ganancia genética con el uso de pocas vacas receptoras, fertilización *in-vitro*, división de embriones y con la transferencia de embriones del sexo deseado con una seguridad del 95 % (Willett, *et al.*, 1994).

En el sentido moderno de la productividad animal, han surgido grandes avances en investigación en torno al desarrollo tecnológico que han tenido diferentes disciplinas involucradas en la producción animal, como son nutrición, reproducción, genética, sanidad, manejo, etc., siendo las mas fuertemente ligadas las de reproducción y genética, por que es la única forma de reproducirse funcionalmente, y producir más en cantidad y calidad y con objetivos específicos, ya que los animales transmiten sus características automáticamente al reproducirse (Greer, 1980), citado por Dennis, (1982).

Los países tales como Australia y Nueva Zelanda; (Shepherd 1960`s), citados por Del Bosque, (1989); fueron los primeros en hacer mejoramiento genético en hatos de bovinos altamente seleccionados o élites, debido a su nivel de organización dentro de su explotación y entre productores. Primeramente el mejoramiento se dirigía a un solo hato y después entre hatos, lo que les confería una característica funcional como cooperativas, asociaciones o empresas. De esta forma surgió el concepto universal de "Mejoramiento Genético en Núcleos" siendo aplicable a todas las especies explotadas por el hombre.

Si bien es cierto que los actuales métodos de reproducción (MOET) pueden traer grandes beneficios genéticos y económicos, éstos deberán ser evaluados en términos de eficiencia contemplando su costo de implantación y predecir el posible beneficio que el cambio representa para la explotación (Navarro y Evertsz 1985). Así también lleva implícito ética y responsabilidad del hombre el cual tomará decisiones para transferir el material genético en los animales. De no haber hecho la mejor elección pueden transferirse características indeseables a la población animal y con altos costos reflejándose en el sistema de producción (Willett, *et al.*, 1994).

Además, es necesario que los costos de producción sean menores, lo cual es posible si la producción unitaria aumenta, hasta el grado, que el costo por unidad de producto o servicio sea menor y puedan venderse a precios más accesibles para el productor, pero conservando un margen de ganancias que sea un estímulo para el vendedor del bien o servicio (Colunga y Saldierna, 1994).

El objetivo del presente estudio fué evaluar genética, reproductiva y económicamente la situación actual del uso de los métodos de apareamiento, en ganado bovino productor de carne en el área de influencia de la Facultad de Agronomía y Centro de Producción Agropecuaria; ubicados en la región centro y sur del Estado de Nuevo León respectivamente.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DE ASPECTOS REPRODUCTIVOS EN LA OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

La transferencia de embriones se inició como una técnica de laboratorio usada para estudiar los procesos de reproducción. Las investigaciones fueron encaminadas al descubrimiento de la fisiología normal de los eventos que ocurren durante la fecundación y el inicio del desarrollo embrionario. Los trabajos iniciales de Graaf en (1672), citados por Hafez (1992), versaron, sobre la reproducción en eventos *in-vitro* y el empleo de medios de conservación de embriones de conejos. Cualquiera que haya sido, todos los medios, excepto las soluciones amortiguadoras de fosfato modificadas, son bicarbonatos amortiguadores estabilizadores del medio. Posteriormente, Graaf en (1672), citado por Lobus (1980), interesado en continuar los trabajos de biología de la reproducción, experimentando en laboratorio *in-vivo* en conejos trató de obtener el mejor éxito con la mejor técnica quirúrgica a su alcance, encontrando dificultad para su aplicación práctica. No existían métodos confiables de superovulación ni equipo adecuado reflejándose en una baja recuperación de embriones.

Hammond *et al.* (1927), en Inglaterra citado por West, (1982), fueron los primeros en agrupar calores en vacas usando la palpación vía rectal de los cuerpos lúteos y mediante observación de celos. Esta técnica no es muy precisa y solo permite apreciar aproximadamente el 5-10 % de las vacas en celo durante una sola observación al día. Años posteriores, Willett, (1951), en la Universidad de Wisconsin; sincronizó con progestágenos una donadora y una receptora produciendo un becerro, y en los años de 1960 a 1970 lo hicieron repetidas veces con el uso de prostaglandinas.

La técnica reproductiva relativamente más reciente, la Transferencia de Embriones que implica la Ovulación Múltiple (MOET), presenta el problema de la evaluación de la eficiencia reproductiva del hato en que se aplique, debido a que existen muchos factores propios del animal y otros ajenos a él que afectan su eficiencia (Navarro y Evertsz, 1985).

La evaluación de la eficiencia reproductiva, en éste como en cualquier otro caso, debe contemplar todos los aspectos relevantes del sistema, mismos que deberán acumularse en un solo valor numérico (número índice). Este permitirá la comparación objetiva de 2 o más métodos reproductivos que se presenten como opción para un programa de reproducción específico (Mudgett, (1978) citado por Navarro y Evertsz (1985)).

2.2 GENERALIDADES DE LA OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (MOET)

Lobus (1980), menciona que la monta natural dirigida, la inseminación artificial y transferencia de embriones son métodos de manipulación genética. La principal ventaja de la transferencia de embriones en el aspecto reproductivo es la de incrementar la capacidad reproductiva de una vaca o ternera púber de alto valor genético. Aunque no es una técnica de mejoramiento genético tan poderosa como la I.A., la T.E. reduce el intervalo de generación, especialmente cuando se trabaja con donantes jóvenes.

La técnica de transferencia de embriones (MOET) consiste básicamente en un tratamiento hormonal a las hembras donadoras para estimular la maduración y ovulación de mayor número de óvulos (superovulación). Estos óvulos después de ser fertilizados, son colectados de las hembras donadoras y transferidos a vacas nodrizas o receptoras quienes conducirán la preñez hasta su término.

2.3 MANEJO Y SELECCION DE DONADORAS

2.3.1 SELECCION

Hasta hace pocos años, la T.E. era factible de realizar solo en un 5 a 10 % de animales de mucho valor genético, debido a que no existían numerosos hatos élite (Unidades Núcleo) altamente seleccionados; se pretendía controlar mejor los efectos indeseables de la endogamia, por ser poblaciones pequeñas, pero con los recientes avances tecnológicos la población de machos y hembras altamente seleccionados se ha incrementado.

Actualmente del 10 al 20 % de los mejores animales del hato élite (altamente seleccionado) de ganado puro, pueden económicamente ser usados como donantes en un programa de superovulación, colección y transferencia de embriones en países desarrollados (Elsden y Seidel, 1986).

El valor de las donantes puede ser definido de diferentes formas, sin ninguna influencia del mercado pues el ganado vale intrínsecamente por lo que produce en carne, leche o subproductos. En el pasado especialmente y actualmente hasta cierto grado, la escasez y la producción han influido más en los

precios que el propio valor genético. La habilidad del ganado para transmitir características deseables (bioeconómicas) deberá ser la consideración más importante a largo plazo (Mondragón y Ulloa, 1990).

La selección de donadoras debe ser basada en 3 criterios: 1) superioridad genética, 2) habilidad reproductiva y 3) valor de mercado en la prole. Cuando se seleccionan las vacas productoras de carne genéticamente superiores, como donadoras, características como habilidad materna, facilidad de parto, peso al nacimiento, peso al destete, edad al primer servicio, diámetro pélvico y algunas características de pigmentación ocular (predisponentes de cáncer de ojos), necesitan ser considerados porque pueden tener repercusión económica en los reproductores. El objetivo de tomar estas medidas resultará en un mayor índice de incremento pre y post-destete y más kilogramos de carne por hato (Elsden y Seidel, 1986).

Las buenas candidatas para donadoras son aquellas vacas probadas como buenos vientres que ciclan normalmente (17 ciclos por año) entre 3 y 8 años de edad. A medida que avanza la edad (después de 10 años) la fertilidad del óvulo declina 40-50 % o bien se degenera. Las vaquillas pueden ser valiosas como donantes, pero generalmente el porcentaje de éxito de embriones transferibles es bajo 10-20 % (Herman, 1987).

2.3.2 SANIDAD

Las donadoras potenciales deberán estar en condiciones excelentes de salud. Todas deberán cuarentenarse y someterse al programa de medicina preventiva operante en el área de influencia (Curtis, 1991).

Las vacas con pobres condiciones de salud no responden o disminuyen la respuesta al tratamiento de superovulación porque el sistema reproductivo es muy sensible a los desequilibrios de otras alteraciones fisiológicas corporales. Si padecen enfermedades contagiosas del tracto reproductor no diagnosticadas se convierten en portadoras y diseminadoras de enfermedad sin fronteras (Dennis y Sprott, 1992).

2.3.3 ALIMENTACION DE RECEPTORAS Y DONADORAS

Tanto la obesidad como el enflaquecimiento pueden reducir la fertilidad. Las donantes y receptoras deberán ser alimentadas para ganar o perder peso hasta conseguir su mejor condición corporal (Dennis y Sprott 1992). Una mala nutrición puede tener grandes efectos negativos en el comportamiento productivo del hato en general.

Si la condición corporal se evalúa en una escala del 1-10 la tasa de preñez esperada es de (54 %) para el 3, (76 %) para el 4, (89 %) para el 5 y (94 %) para el 6. La higiene de comederos y bebederos, abundante agua fresca, sal común y suplementos minerales deberán ser suministrados diariamente durante todo el año (Sprott, 1992).

2.3.4 RECONOCIMIENTO DE LOS CICLOS ESTRALES DE DONANTES Y RECEPTORAS

La precisión en la detección del estro es la clave fundamental del éxito en la I.A. y T.E. (Barr, 1974., Foote, 1974., Elmore, 1988 y Weier, 1994). El ciclo estral, de donantes y receptoras deberá ser controlado con la mayor precisión posible, pues el éxito depende de su sincronía, desde que el tratamiento de superovulación se hace en base al tiempo con relación al próximo y anticipado celo. Es importante que los ciclos estrales en promedio sean normales en tiempo (21 días promedio) y duración (12 hrs), de ocurrir variación el tratamiento puede fallar; las drogas que superovulan pueden producir asincronía con los perfiles hormonales del animal (Zarco, 1990).

El transporte, cambios en el plan nutricional y manejo zootécnico causante de estrés de las donadoras pueden alterar las características del ciclo estral temporalmente; así que, los controles previos de estrós de las donadoras, aunque muy útiles, no deben ser utilizadas para recibir el tratamiento de superovulación. Elsdén y Seidel, (1986), superovularon donantes residentes contra no residentes; obteniendo en promedio, 5.6 embriones transferibles y 2.95 preñeces contra 2.68 embriones transferibles y 1.30 preñeces respectivamente.

2.3.5 SELECCION DE RECEPTORAS

La selección de receptoras se deberá realizar teniendo en cuenta condiciones de calidad, flexibilidad económica y disponibilidad. Broadbent, *et al.*, (1991), la receptora ideal es una vaca joven, libre de enfermedades, fértil y con buena habilidad materna. Suponiendo que el ternero a desarrollar es relativamente grande, la receptora deberá también ser de buen tamaño y tener una historia de partos normales (facilidad de partos). La raza parece no tener consideración significativa, aunque los animales cruzados generalmente son más fértiles. En general el ganado cebú comparado con el europeo tiene menos respuesta en la tasa de preñez, principalmente por su temperamento y sus condiciones de explotación (Elsden y Seidel, (1986), Córdova y Fraga, (1991)).

2.3.6 MANEJO DE RECEPTORAS

El método más eficiente para detectar el estro en las hembras es el macho con pene desviado y con buena conducta sexual (libido); el segundo es revisándolas individualmente durante 10-15 minutos o más, durante 2 o más veces al día; pero es impráctico cuando la población es grande. La tercera opción son las ayudas en la detección del estro (desde los accesorios más simples colocados en la hembra (kamar), tiras reactivas comerciales (Kits) para diagnóstico rápido de progesterona en leche, sangre y orina, hasta las cámaras de vídeo), son útiles siempre y cuando no interfieran con la detección visual ya que el observador junto con el inseminador dan el reporte si es o no apta para ser servida. Para programas de T.E., la utilización de toros celadores no es muy recomendable por no garantizar el no contacto genital, ni emplear hembras androgenizadas ya que pueden lesionar la receptora por las repetidas montas. Una persona debidamente entrenada y con esa única actividad laboral es el método más indicado (Elmore, 1988 y Weier, 1994).

2.3.7 SINCRONIZACION DEL ESTRO EN DONADORAS Y RECEPTORAS

Existen diferentes metodologías para la sincronización según la confiabilidad en el empleo de los diferentes fármacos (Wenkoff, 1987).

Para la sincronización del estro en donadoras y receptoras los productos más comúnmente empleados son los progestágenos y las prostaglandinas o sus análogos. Si las receptoras han sido palpadas para detectar un cuerpo lúteo (C.L) al momento de la transferencia, la incidencia de preñez teóricamente será igual a aquellas receptoras que lo desarrollaron exhibiendo un calor natural; pero la realidad es que la tasa de fertilización después de la inseminación de vacas no superovuladas es de un rango de 85-95 %, en contraste en las superovuladas solo de 60-80 % (Seidel y Elsdén, 1989).

El mayor éxito se espera si la receptora está en celo más o menos a 18 hrs. de la donadora. La sincronización de más o menos 12 hrs. es aún mejor (61, 55 y 30 % de preñeces para la calidad de embriones 1, 2 y 3 respectivamente). Los porcentajes de preñez con sincronía exacta son de (60, 52 y 43 %; con una

calidad del embrión de 1, 2 y 3 respectivamente), (Nelson y Fraga citados por UTESA (1982) y Otter, (1994)).

Un animal no deberá utilizarse como receptor sin haber estado sincronizado o al menos que haya estado en calor 18-21 días antes de la transferencia y que sus ciclos sean normales. En general, una donadora que cicla normalmente antes del tratamiento y es superovulada por primera vez, produce en promedio 7 embriones transferibles; por consiguiente se deben preparar de 7-8 receptoras por donadora (Elsden y Seidel, 1986).

2.3.8 SUPEROVULACION

Elsden y Seidel (1986), estimaron que cerca de un 85 % de las donadoras responderán al estímulo de las gonadotropinas al primer tratamiento. Los coeficientes de éxito son representados estadísticamente. Ello resume los resultados de muchas vacas que han sido tratadas pero no pueden predecir la respuesta de un solo individuo; debido a que existen factores que producen gran variación en el número de embriones que resultan de un tratamiento.

Andrew *et al.* (1993), menciona que existen evidencias que la respuesta puede ser debida en parte al desarrollo de los folículos presentes en los ovarios cuando el tratamiento con FSH es iniciado. El éxito también puede ser medido en término del futuro comportamiento reproductivo de la donadora.

Al nacimiento, las terneras tienen 1000 veces más ovocitos de los que maduran y ovulan. A través de la vida reproductiva de la hembra los folículos con sus ovocitos son constantemente degenerados (Lobus, 1980). La superovulación estimula y obtiene ventaja del potencial presentado por los folículos que de otra forma nunca ovularían. El mecanismo de acción de las hormonas con efecto superovulatorio (dominancia folicular) es muy complejo, logrando así que algunos folículos pueden ser rescatados de la degeneración fisiológica (Andrew, *et al.*, 1993).

Para provocar la maduración de gran número de folículos en determinado período, se inyectan hormonas gonadotrópicas durante la fase lútea del ciclo estral (entre el día 9-14); es decir, el tratamiento se debe iniciar antes del descenso de los niveles de progesterona (Andrew y Sherrill, 1993).

Los tratamientos para superovular al ganado bovino han sido a base de Gonadotropina de suero de yegua preñada (PMSG, 1500-3000 U.I. en una sola

aplicación, en el día 9 y el 4 del ciclo y 2-3 días después la prostaglandina); pero debido a su prolongada actividad biológica (50 a 160 hrs.), se luteinizan muchos folículos desarrollados los cuales no ovularan, produciendo un incremento de esteroides al momento de la ovulación, reduciendo la tasa de fertilización y el número de embriones transferibles (UTESA, 1982 y Córdova y fraga, 1991).

Otra alternativa y hasta la fecha la más utilizada es la Hormona Folículo Estimulante (FSH, 28-38 mg. en 4-5 aplicaciones AM y PM del día 9 al 14 del ciclo estral, más 2 aplicaciones de prostaglandinas al día 3 ó 4 de iniciado el tratamiento de FSH) en dosis y estrategias de acuerdo a resultados de cada investigador (Curtis 1991).

Por muchos años, el suero de yegua preñada (PMSG), fué la hormona protéica más utilizada en la superovulación, sin embargo el empleo de la Hormona Folículo Estimulante (FSH, por su corta actividad biológica 2-5 hrs.), produce mayor número de cuerpos lúteos y embriones transferibles. También, se ha observado gran variación de respuesta en vacas que han recibido la misma dosis, debido quizás a que ésta no depende del peso, edad, raza, etc. y alguna posible reacción inmunológica (UTESA, 1982).

Lindsell *et al.* (1986) citado por Donaldson (1990), atribuyeron la falta de respuesta del animal en parte a su capacidad de respuesta más que a la concentración de LH encontradas en los frascos que contenían FSH pero si encontraron diferencias en la concentración de FSH por frascos en diferentes lotes. Una dosis de LH exógena no es necesaria para inducir ovulación en vacas que se están superovulando si ciclan normalmente.

Elsden y Seidel (1986), mencionan que hasta no encontrar las causas de esta gran variabilidad, las respuestas de la hembra continuará siendo un factor impredecible e incontrolable.

Donaldson (1990), comparó el efecto de 2 productos comerciales (conteniendo FSH) en la superovulación; encontrando un incremento en el porcentaje de embriones transferibles en SUPER-OV^{®i} de 59.7 % contra 35.5 % para FSH-P^{®ii}.

Del Campo *et al.*, (1990), hicieron un trabajo similar con 3 productos comerciales a base de FSH, obteniendo los siguientes porcentaje de embriones transferibles, Folltropin-V^{®iii} 45 %, FSH-P 38 % y Filitropina^{®iv} 36 %.

ⁱ SUPER-OV[®] AUSA INTERNATIONAL INC. TYLER TX.

ⁱⁱ FSH-P[®] SHERING CORP. N.Y.

ⁱⁱⁱ FOLLTROPIN-V[®] VETERFARM INC. CANADA

^{iv} FILITROPINA[®] LAB. ELEA ARGENTINA

Tanto la FSH y PMSG son de origen proteico por lo tanto se consideran reactivas anafiláticas. Esta antigenicidad, puede ser producto de tratamientos repetidos y estimula la producción de antionadotropinas, haciéndose refractarias temporalmente, disminuyendo la respuesta y otras sobreestimulando el tamaño del ovario, el problema se controla con el uso de sueros anti-PMSG; la antigenicidad local de los espermatozoides de algunos machos dentro de su propia raza se controla al aparearlo con una raza cebuina (Calderón, *et al.*, 1980).

La posibilidad de patología endocrina, puede ser reducida en las donantes si se les permite una preñez a término, después de 2-4 tratamientos de superovulación. Respuestas produciendo de 20-30 folículos ovulatorios en un ovario son espectaculares, pero raramente exitosas en embriones transferibles.

Una respuesta ideal sería la asociación de ovarios de tamaño aproximado de 3 cm. de diámetro y cada uno produciendo de 5-10 ovulaciones. La FSH estimula el crecimiento y maduración de los folículos, teniendo una vida media de 2-5 hrs. en el torrente sanguíneo por lo que se atribuye baja antigenicidad (Elsden y Seidel, 1986).

2.3.9 INSEMINACION

Después de realizar el tratamiento de superovulación en una donadora, esta deberá ser observada cuidadosamente en la manifestación de los signos de estro. Las vacas superovuladas muchas veces no muestran signos de estro muy claros (calor silencioso) (cerca de un 5-10 %), cualquier ayuda en la detección será muy eficaz (Elsden y Seidel, (1986); Curtis, (1991)).

El primer momento cuando la donante manifiesta el estro verdadero, es el punto de referencia para el servicio de Inseminación Artificial. Debido a que los folículos ovulatorios liberan el óvulo en un período de tiempo y que el transporte del espermatozoide y el óvulo es alterado por la superovulación; siendo aconsejable servir con más frecuencia (8-12 hrs. después de detectado el celo y 12 hrs. después de la primera inseminada) y utilizar mayor cantidad de semen (50 millones de espermatozoides normales), 12 hrs. después de observado el celo y otra dosis similar 12 hrs después de la primera (Elsden y Seidel, (1986); Zarco, (1990)).

Es preferible el semen fresco por tener más viabilidad que el congelado, permaneciendo más tiempo activo en el aparato reproductor de la hembra. Además, la alteración de los niveles hormonales hacen el tracto reproductivo de una donante superovulada un ambiente más adverso que el de una no tratada; por consiguiente, el semen debe ser de alta calidad (motilidad > al 75 % y con anormalidades totales < al 25 %) pues de lo contrario el resultado puede ser colección de óvulos sin fertilizar o embriones degenerados (Elsden y Seidel, 1986; Zarco, 1990).

2.4 ASPECTOS HISTORICO-GENETICOS DEL METODO REPRODUCTIVO POR TRANSFERENCIA DE EMBRION

Los trabajos realizados en transferencia de embriones a través de los años reportados por West en (1982), son los siguientes:

Graaf (1672) en la Universidad de Cambridge, en conejos y en ovejas en (1840), en perros en (1845) y en venados (1854). Las primeras transferencias de embriones exitosas fueron realizadas por Heape en (1890), en Cambridge utilizando ya un tratamiento de superovulación (PMSG) en conejos; Warwick y Berry (1949), en ovejas y cabras en Texas, A & M; Kvansnickii (1951), en Rusia

en cerdos; Willett, *et al.*, (1951), en la Universidad de Wisconsin, en ganado bovino por transferencia quirúrgica de embriones colectados en un rastro. En Alberta Canadá, se fundó la primera Asociación de Transferencia de Embriones en América Latina en (1970), en coordinación con Estados Unidos, Japón e Inglaterra. Wilmut y Rowson (1973), lo hicieron en bovinos con semen congelado; Steptoe y Edwards (1978), en humanos; aunque la primera identificación de blastocitos humanos fue hecha por Donaldson en 1928. En México se inició en ganado bovino productor de leche en 1980 en Ajuchitlán, Qro. En Nuevo León los primeros trabajos publicados sobre transferencia de embriones fueron realizadas en ganado caprino por (García, 1992).

La estructura actual de la población animal para producción de carne en México, la constituye en un amplio porcentaje el ganado comercial, 20 %, de criollos 50 %, y de un 20 % de razas puras. Proveen de un amplio porcentaje de machos que son utilizados en ganado comercial y criollos ya sea para inseminación artificial o apareamiento natural y con 10 % de semen importado para inseminación artificial (Holmann, *et al.*, 1990). En el Estado de Nuevo León, en estadísticas del INEGI (1994), se contaba con 694,319 cabezas de ganado bovino. La calidad del mismo es: 42.2 % cruzado, el 40.8 % son razas puras y el 17 % son criollos. La actividad zootécnica de vientres reportadas es de 77.8 % para producción de carne, 14.0 % para doble propósito y solo 8.2 % para

producción de leche (Fig. 1). El total de sementales fué de 26,098 y 338,945 vientres, obteniendo una relación de alrededor de 13 vientres por semental. El resto de los animales de la población total, 329.276 cabezas, se reparte entre animales no destinados para reproducción y animales en edad no reproductiva.

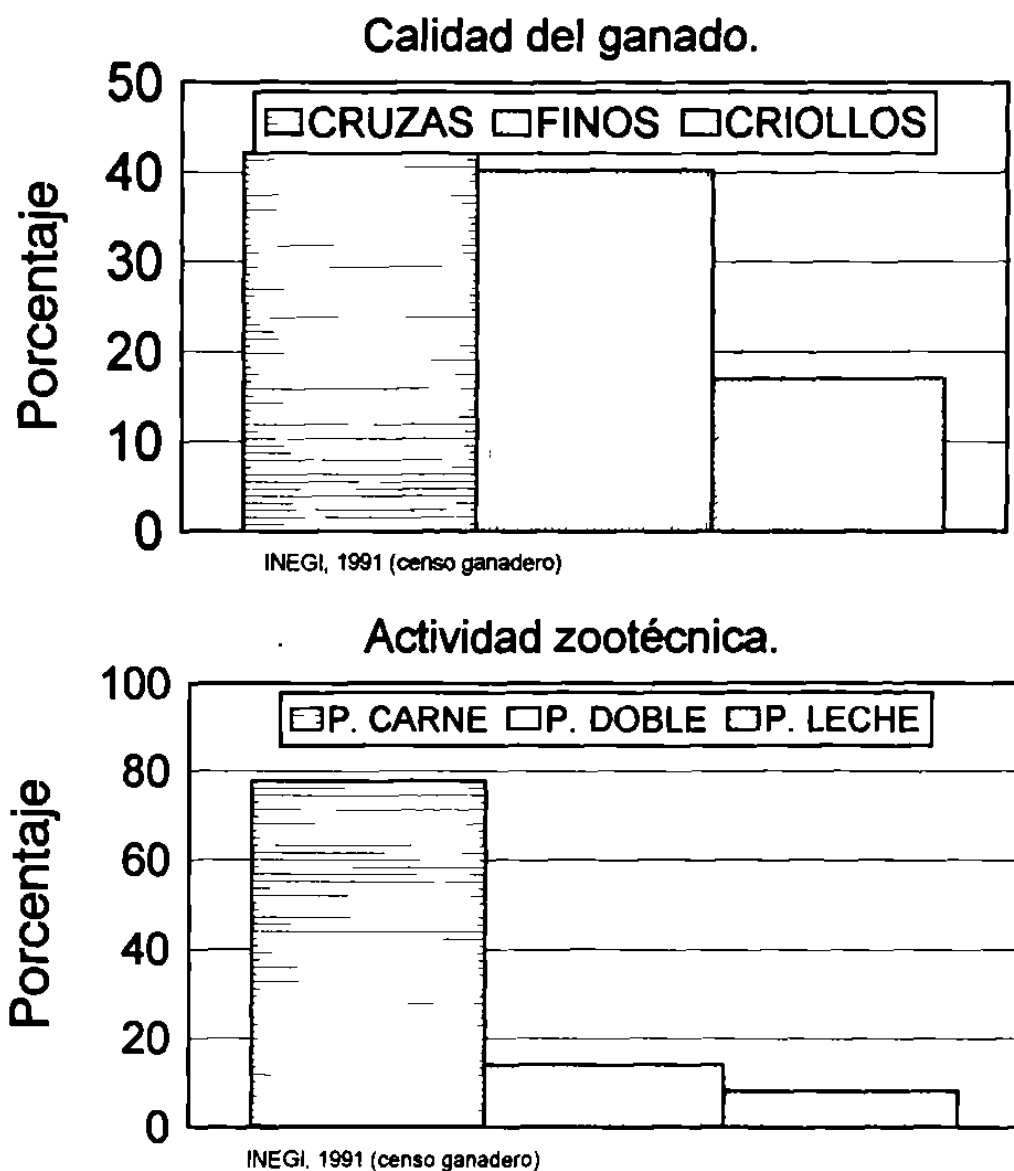


Figura 1. Calidad del ganado y actividad zootécnica de los vientres en el Estado de Nuevo León.

Aunque desde 1672 se vislumbró el valor que podía tener la ovulación múltiple y transferencia de embriones en el incremento de las tasas de cambio genético, no fué sino hasta 1960 con el descubrimiento de las prostaglandinas que se logró un verdadero avance. Sin estas sustancias no hubiera la eficiencia en lo que hoy conocemos como transferencia de embriones y 10 años después con la transferencia de embriones no quirúrgica y la implementación de las técnica de congelación de embriones. Citados por Smith, (1986), Land y Hill (1975), reportan trabajos en ganado de carne que pueden lograr tasas de cambio genético de 15-30 % adicional a un programa de reproducción convencional. Nicholas y Smith, (1983), en ganado lechero reportan una tasa de mejoramiento de 30 % adicional a un programa de reproducción convencional.

Alrededor del año 1980, en países en desarrollo hubo un ligero descenso en la utilización de esta técnica por que se trataban de imponer esquemas reproductivos en diversos tipos de ambientes, los productos pecuarios depreciados, los costos del servicio técnico elevado por el poco personal especializado y los esquemas eran adoptados de países desarrollados. Las condiciones ambientales ocasionaron bajas tasas reproductivas y económicas para los productores los cuales renunciaron a esta actividad (Holmann, *et al.*, 1990).

Cuando se inició la comercialización con razas europeas de doble propósito y razas productoras de carne en Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Canadá en (1970), inmediatamente se difundió la tecnología de Transferencia de Embriones, pero su peculiar sistema de explotación, manejo y comportamiento influyeron para que los resultados no fueran muy atractivos. Sin embargo, para 1980 y en la actualidad se ha logrado gran avance al respecto, por el reto que representa la producción de carne bovina para la población. Todo lo anterior hizo que los gobiernos y productores brindaran apoyos económicos para el personal involucrado en esta actividad dentro de la producción animal (West, 1982). Fue así como la tecnología de transferencia de embriones en ganado productor de carne se desarrolló y cobró fuerza.

La demanda sobrepasó la sofisticación y madurez de la tecnología; el mérito genético de las crías no se dudó (debido a que sus progenitores poseían pruebas de progenie), mostrando cualidad para transmitir características productivas en la población animal a mejorar (West, 1982).

El desarrollo en técnicas de sincronización, superovulación, división y transferencia de embriones, maduración y fertilización de oocitos *in-vitro*, y sexado de embriones, han mostrado un incremento potencial de intercambio genético, reflejándose éste en las poblaciones animales e incrementando el

ingreso económico de los criadores de ganado bovino destinado a la reproducción. Estas técnicas son usadas para proyectar y maximizar el desarrollo genético y la recuperación económica por año (Slanger y Anbil, 1987).

Lo más reciente de los efectos de la ovulación múltiple y transferencia de embriones en ganado de carne para reproducción, es la formación de núcleos o rebaños élite, que representa gran ventaja en el incremento genético (Gearheart, *et al.*, 1990).

En la práctica la tasa de respuesta genética anual a la selección en ganado de carne, utilizando el método reproductivo MOET comparado con la reproducción convencional, es muy variable dependiendo de factores tales como: nutrición y manejo, habilidad técnica en la sincronización de calores, colección, manipulación y transferencia de embriones, calidad del semen y embriones utilizados. Ocasionalmente los intentos repetidos de superovular, recuperar y transferir embriones pueden fracasar por completo, habiendo menor producción de crías que con la reproducción convencional o inseminación artificial (Elsden y Seidel, 1986).

Teóricamente la transferencia de embriones en ganado bovino ha mostrado un incremento en la presión de selección, de 8 a 28 %, en la producción

idéntica de genotipos por medio de la división de embriones por el método MOET en comparación con la forma de reproducción convencional (Gearheart, *et al.*, 1989). Smith (1986), reporta que, para ovejas con tasas moderadas de transferencia de embriones de 5 por donadora, puede ser obtenida mayor respuesta genética de un 50 a 70 %.

La transferencia de embriones, respecto al mejoramiento genético produce un ahorro de tiempo permitiendo reducir el intervalo entre generaciones, en las diferentes especies animales, lo que llevaría muchos años en programas de crianza convencional (Smith, 1986). Además permite, de acuerdo a los resultados, aumentar la intensidad de selección por el lado materno. A la fecha la mayor actividad comercial de la transferencia de embriones se ha realizado en ganado bovino productor de carne y leche, y en ovinos y caprinos. Sin embargo, los alcances de las técnicas también han captado el interés de los criadores de otras especies y de las comisiones protectoras de animales preocupadas por la reproducción de algunas especies en peligro de extinción.

Existen índices que permiten evaluar la eficiencia reproductiva del trasplante de embriones. El valor incluye el grado de éxito alcanzado en la reproducción de la hembra donadora y la fertilidad lograda en las nodrizas que reciben los embriones. El índice propuesto puede compararse en forma directa con

la tasa de gestación en los animales uníparos y con el número de crías paridas por hembra expuesta al macho en las especies múltiparas, y de este modo lograr una comparación de la eficiencia reproductiva del trasplante de embriones con la alcanzada por otro método (Navarro y Evertsz, 1985).

Algunas ventajas y desventajas del esquema de reproducción con transferencia de embriones en ganado bovino productor de carne son:

2.4.1 VENTAJAS

1. Tasas más rápidas de cambio genético.
2. Evaluación en pruebas de progenie de hembras y machos candidatos a futuros progenitores.
3. Inducción de gestaciones dobles (fines comerciales y de investigación).
4. Obtención de óvulos, maduración, fertilización y sexado *in-vitro* para producción de embriones y para probar la fertilidad de sementales.
5. Fácil importación y exportación de valioso material genético.
6. Obtención de embriones de becerras prepúberes.
7. Clonación y producción de quimeras.
8. Facilita la formación de razas sintéticas.

2.4.2 DESVENTAJAS

1. En la actualidad todavía es caro el servicio de transferencia de embriones.
2. El mercado de las crías y embriones es impredecible.
3. Bajas tasas reproductivas o no obtener preñez y alto riesgo por la posible pérdida de animales valiosos.
4. Riesgos de introducir enfermedades o características indeseables en hatos libres.
5. Posible interacción genotipo ambiente en la producción comercial.
6. Aumenta la endogamia.

2.4.3 GENERALIDADES DEL MEJORAMIENTO GENETICO

Las diferentes metodologías del mejoramiento genético son técnicamente importantes en los planes y programas para incrementar la productividad de la ganadería. En términos conservadores puede afirmarse que la genética aplicada con este propósito participa en un 20-30 % para lograr mayor eficiencia en la actividad pecuaria; el 70-80 % restante lo aportan áreas de igual importancia como la nutrición, salud, reproducción, manejo zootécnico y aspectos de administración (Mondragón y Ulloa, 1990).

Para obtener mayor éxito en los programas de mejoramiento genético, es importante conocer dos aspectos fundamentales: 1) el estado actual de la población animal a seleccionar y 2) Definir los objetivos de selección; las características seleccionadas deben ser heredables (mayores a 0.1), de medición objetiva, debe tener variabilidad, elegir un número de características prioritarias que definirán el progreso genético total anual y que la característica tenga un valor económico en el mercado (Hoyt, 1994).

En cualquier programa de mejoramiento, la captura de los datos de las características a seleccionar son la base para la evaluación de los padres de las próximas generaciones. Mientras más precisa y numerosa sea la captación de información, mayores serán las posibilidades de progreso genético (Mondragón y Ulloa, 1990).

Actualmente el único programa de control de producción organizado es el de la Asociación Holstein de México A.C., sin embargo capta un número limitado de animales. Por lo tanto es necesario apoyar y eficientizar dicho programa para lograr implementar un "sistema nacional de prueba de toros".

La mayoría de los esquemas de selección en las poblaciones de ganado lechero, se basan en la selección de toros activos en Inseminación Artificial, a

través de sus pruebas de progenie. Con la llegada de la biotecnología, otros esquemas de selección pueden ser desarrollados eficientemente para la evaluación de toros (Hoyt, 1994).

El éxito del Mejoramiento Genético en la segunda mitad del siglo XX, ha sido gracias al desarrollo de nueva tecnología en el área de reproducción. Primero con el uso del semen fresco y luego el congelado, obligó al desarrollo de nuevos métodos de evaluación de sementales, pasando de los métodos de comparación madre-hija, hasta la actual tecnología del modelo animal por el método BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) propuesto por Henderson en 1975 (Van Vlek y Domínguez, 1992).

En México, las pruebas de progenie eran realizadas por el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), que se reportaba una vez al año desde 1976-1982. A partir de aquí estos mismos análisis los realizan compañías privadas mexicanas.

Con el desarrollo de la biotecnología en los últimos años, se presentan oportunidades reales para lograr mayor ganancia genética incrementando la Intensidad de selección, la Precisión de las evaluaciones genéticas, la Variación genética de la característica a seleccionar y disminuyendo el Intervalo entre

Generaciones. Tal es el caso del trabajo original presentado por Nicholas y Smith en 1983. Algunos investigadores han llamado a este programa TEAM (Total Evaluation of Animals with MOET: Multiple Ovulation and Embryo Transfer). Estos investigadores han propuesto el uso de la T.E. con el objeto de obtener mayores tasas de mejoramiento genético. Este tipo de programas se esta llevando a cabo comercialmente en Inglaterra y Canadá. En México, Maldonado en 1989 realizó un trabajo de simulación con TEAM, obteniendo las mejores tasas de mejoramiento bajo este esquema (Mondragón y Ulloa, 1990).

El concepto TEAM es la evaluación genética de los machos y hembras provenientes de una misma familia a través de T.E. (hermanos completos), de tal forma que el valor genético de los toros puede ser evaluado a través del comportamiento de sus hermanas, siendo la evaluación para un grupo de hermanos.

2.4.4 MEJORAMIENTO GENETICO EN NUCLEOS

En el esquema de mejoramiento por TEAM deberá iniciarse con la selección cuidadosa de las vacas que serán las madres de los grupos y deberá ser del mejor 1 % de la población para la característica a seleccionar, por lo cual una

vez más, un programa de control de producción adecuado es la base para detectar la población élite (Mondragón y Ulloa, 1990).

Los toros padres de los embriones deberán provenir también del mejor 1 % de las evaluaciones más recientes, para las características deseadas. Los embriones resultantes serán transferidos en fresco o congelados-descongelados a vacas receptoras de hatos también seleccionados para entrar a un programa de este tipo. El objetivo de los programas de transferencia de embriones deberá ser el obtener como mínimo 30-50 % preñeces, para que sea económicamente viable, lo cual indica que los embriones se podrán congelar, dividir o transferir directamente (Mondragón y Ulloa, 1990).

De las crías nacidas, se seleccionan 5 machos, que serán comprados por Centros de I.A. para su posterior disseminación con semen congelado y entrar a un programa nacional de prueba de progenie. Las hembras serán propiedad del dueño del rancho. Se espera tener al menos 7 hembras de cada grupo. Las restricciones para poseer estas hembras serán mantenerlas durante toda su primer lactancia, calificarlas por tipo y tenerlas bajo control de producción.

Cuando el grupo de hermanos completos cumpla 3 años, las hermanas habrán terminado su primera lactancia y por lo tanto se podrá hacer la primera

evaluación genética de los toros del grupo TEAM. Cuando los toros cumplan 5 años se podrá hacer su segunda evaluación genética por su prueba de progenie, por lo tanto habrá dos oportunidades de selección.

Bajo este sistema de evaluación de toros, se logra acelerar el progreso genético anual, debido a que básicamente se mejora la condición de los aspectos primordiales de la ecuación para ganancia genética. Se aumenta la Intensidad de Selección debido a que la selección se hará en dos etapas: a los 3 años por la producción de las hermanas y a los 5 años por su propia prueba de progenie.

En lo referente a la parte del impacto genético de la hembra también TEAM favorece un progreso genético más acelerado. Esto es la Precisión de la evaluación de la hembra aumenta porque varias hermanas completas están produciendo en una misma época, principalmente en la primera lactancia. Estas vacas jóvenes tendrán la oportunidad de entrar a programas de T.E., aumentando su Intensidad de Selección y disminuyendo el Intervalo de Generación por el lado de la población de hembras. Por lo tanto las vacas superiores de la población, bajo el sistema TEAM tendrán mucho mayor impacto que el que tienen actualmente (Mondragón y Ulloa, 1990).

La tasa de progreso genético se podrá aumentar más, si se utilizan en la selección características "Indicadoras" o sea parámetros fisiológicos relacionados con la producción, así como la inclusión de hembras púberes en programas MOET.

2.5 ASPECTOS ECONOMICOS DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

En los países desarrollados, los programas de mejoramiento reproductivo han estado operando por décadas, resultando en ganancias genéticas muy amplias en la producción de ganado bovino. En contraste, la producción es baja en la mayoría de los países en desarrollo debido a las malas condiciones ambientales que influyen en la expresión de mérito genético del ganado para producción. Por ello la mayoría de estos países se convierten en importadores de productos básicos de origen animal. Los eficientes métodos de mejoramiento no son aplicados ampliamente en la mayoría de los países en desarrollo. Una de las principales razones para la baja aceptación es el costo de tales métodos. La necesidad de evaluaciones genéticas y económicas basadas en datos reales han sido largamente demandadas en proyectos de países en desarrollo (Mpofu *et al.*, 1993).

Uno de los problemas más comunes al plantear el uso de nuevos sistemas reproductivos o métodos en la cría de los animales domésticos es el análisis de la eficiencia del nuevo sistema. Este análisis conduce, al estudiarlo junto con el costo de implantación del nuevo método, al conocimiento del posible beneficio que el cambio proporcionaría a la empresa pecuaria en caso de realizarse, lo cual es indispensable para planificar o analizar la economía de la empresa (Kaldman, 1978, citado por Navarro y Evertsz, 1985).

Los costos y ganancias de mejoramiento genético se acumulan sobre el tiempo y son realizados sobre diferentes períodos. Las dos clases de análisis de costos-beneficio son el económico y el financiero. Según Mporfu, *et al.*, (1993), en los países desarrollados el análisis financiero es la valoración de la viabilidad de un proyecto desde el punto de vista de individuos u organizaciones. En países en desarrollo, el análisis económico, se basa en el bienestar de la Nación debiendo ser tomado en cuenta como un todo.

2.5.1 COEFICIENTES DE EXITO

Tratándose de una evaluación comparativa más realista en el aspecto económico, es importante considerar la eficiencia con respecto al tiempo. Al dividir el éxito logrado por cualquier método reproductivo entre el tiempo medio que tardan las hembras en poder usarse de nuevo, se obtendrá la eficiencia por unidad de tiempo. El Índice de la Eficiencia Reproductiva Anual (IERA) puede usarse como base para hacer una evaluación de los destinos financieros que probablemente ocurran al emplear el transplante de embriones como técnica reproductiva, con lo cual resulta viable estimar si puede o no obtenerse beneficio de su uso y el monto de este cambio (Navarro, 1985)^y.

Hay muchos costos para el propietario de una vaca donadora involucrada en un programa de T.E., además de los costos básicos por preñez (servicio de mano de obra especializada); los costos generalmente están definidos según el sistema de explotación (intensiva o extensiva), ya que es conocido que los gastos en la alimentación afectan fuertemente los costos de producción (Amir y Knipscheer, 1989). Hay muchas formas para interpretar el éxito y diferentes

^y Al emplear el índice propuesto, debe tenerse en cuenta que éste evalúa en forma global la eficiencia con que se usan los recursos reproductivos disponibles, a consecuencia de la transferencia de embriones sin considerar las ventajas obtenidas por otros aspectos zootécnicos, como la genética y sanidad.

factores que influyen en él. Entre los aspectos más importantes a considerar están el costo, calidad y disponibilidad de semen y embriones.

Los sementales producen una cantidad cuantificable de semen; por eso, habrá una cantidad de los mismos que son los más populares para el uso en un hato o en individuos determinados. El valor genético más alto y la cantidad limitada dictan un precio más alto por unidad de semen. En la mayoría de los casos puede haber poca diferencia de valor genético entre un reproductor cuyo semen está disponible a precio moderado y otro cuyo semen es de precio más alto (Hoyt, 1994).

Con el uso de la actual tecnología, cada ternero adquiere valor dependiendo de la raza, sexo, valor genético y la relación oferta-demanda. Si el costo de una ternera puede valer el doble, entonces sí se puede equilibrar un costo promedio si se tiene en cuenta que la probabilidad en los sexos es 50 % cada uno. Con los procedimientos de manipulación de embriones (división y sexado) el ingreso se duplica con igual costo de producción por unidad.

Para una empresa o unidad de T.E., la medida más obvia de éxito es el beneficio económico y genético. La T.E. es una técnica que involucra costos iniciales de funcionamiento muy altos. Sin embargo, se puede realizar un

programa económico sin que se afecte el éxito del proceso productivo. Para que una unidad de T.E. sea rentable, debe operar de tiempo completo (Elsden y Seidel, 1986). Los ingresos deben ser suficientes para cubrir los Costos de Calidad, que son los gastos generados para asegurar que los productos, servicios, procesos y los sistemas cumplan con los requerimientos que satisfagan las necesidades del cliente. Optimizan los esfuerzos de la empresa en pro de lograr mejores niveles de calidad, costos y/o servicios, que incrementen la competitividad de la empresa, afirmando la permanencia de la misma en el mercado (Colunga y Saldierna, 1994).

Desde luego este balance se puede conseguir siempre y cuando la empresa pueda garantizar altos índices de preñez, buen futuro comportamiento reproductivo de donadoras y buen desempeño productivo de la progenie.

2.5.2 CONCLUSIONES

Es manifiesta la necesidad de hacer estudios un poco más localizados para conocer, evaluar y entender la problemática de la producción animal.

Las tasas de mejoramiento genético en ganado bovino productor de carne son teóricamente espectaculares, desafortunadamente en la práctica solo se logra

aproximadamente el 25 al 50 % del progreso genético esperado y esto a través de las técnicas de reproducción comparadas con la convencional este incremento; debido principalmente a las características reproductivas de los bovinos, factores ambientales, de cultura ganadera y económicos.

La transferencia de embriones, la inseminación artificial y la monta dirigida; como métodos de apareamiento ofrecen muchas ventajas sobre el sistema de reproducción convencional, tales como el incremento genético y bajas tasas de endogamia cuando el esquema de reproducción es abierto.

Todavía persiste la gran variabilidad intrínseca y extrínseca a la hembra donadora y receptora; la baja recuperación de embriones transferibles o congelables, acompañado de las bajas tasas de gestaciones repercutiendo fuertemente en la economía del productor.

Ante la actual competencia de libre mercado, se requiere de mayor cantidad y calidad de carne bovina y ello solo es posible a través del mejoramiento genético apoyado fuertemente con la reproducción y las no menos importantes áreas de la zootécnia.

No es justificable económicamente, no aplicar mejoramiento genético a los animales. Es necesario que la iniciativa privada y el gobierno financien proyectos de investigación aplicada, relacionados con la producción animal; a través de Instituciones responsables de educación superior, donde se enseñe, investigue y transfiera los beneficios de la ciencia y la tecnología al productor.

La opinión general del uso eficiente de los recursos genético-reproductivos, esta en función de la disponibilidad económica del ganadero, cantidad y calidad genética del ganado bovino a mejorar y en base a la productividad obtenida bajo condiciones de explotación local a través del tiempo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

1. Realizar un análisis general de la situación actual de los métodos reproductivos (T.E., I.A. y M.D) en la ganadería de la región centro y sur del Estado de Nuevo León, desde 1985 a 1995.
2. Evaluar los resultados obtenidos actualmente en la transferencia de embriones en ganado de carne en la región centro y sur del Estado de Nuevo León.
3. Estimar el avance genético esperado de acuerdo a los valores obtenidos en el punto 2 y compararlos con los métodos convencionales de reproducción.
4. Realizar en forma práctica una estimación económica de los eventos reproductivos tales como ovulación múltiple, transferencia de embriones, inseminación artificial y monta natural.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar la tasa anual de reproducción (T.E., I.A. y M.D).
2. Estimar la respuesta anual a la selección.
3. Calcular el incremento genético anual esperado.
4. Estimar el costo aproximado de los eventos reproductivos hasta su diagnóstico de gestación.

4. HIPOTESIS

La ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET), tiene ventajas genéticas, reproductivas y económicas, comparada con los métodos tradicionales de reproducción.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 LOCALIZACION

El presente estudio se realizó en el Centro de Producción Agropecuaria C.P.A “Unidad Linares” de la Universidad Autónoma de Nuevo León y ranchos particulares de la zona, ubicado en el km. 145 de la carretera Monterrey-Cd. Victoria, dentro del municipio de Linares, N.L., el cual se encuentra ubicado en el subtrópico del noreste de México, a 24° 52’ de latitud norte y 99° 34’ de longitud oeste. La altitud es de 360 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 32.5 °C y con una precipitación pluvial de 812.6 mm. (García, 1973).

Se utilizaron los datos de registros obtenidos de 1985-1995, de vacas y vaquillas ciclando naturalmente, otras con calores inducidos y/o sincronizados, de diferentes partos y edades con una condición corporal promedio de 5, explotadas en pastoreo intensivo rotacional con cerco eléctrico. Los potreros constaban de pastos establecidos de Bermuda cruzada I (*Cynodon dactylon*), Pretoria 90 (*Dichanthium annulatum*), Ryegrass (*Lolium multiflorum*), Klein (*Panicum coloratum*) y Buffel (*Cenchrus ciliaris*). Algunos pastos con riego y otros de temporal y según condición de la pasta y del animal, se suplementó con

concentrado, silo de maíz o sorgo forrajero y pacas de zacate. Las sales minerales y el agua se proporcionaron a libre acceso.

Para el caso de los animales de los ranchos particulares solo se evaluó la información disponible, desconociéndose cuales fueron sus condiciones de explotación.

5.2 PREDICCIÓN DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO

En la Tabla 1 se presentan las variables para evaluar los métodos de reproducción convencional y MOET.

TABLA 1. PARAMETROS Y SIMBOLOS USADOS PARA LOS ESQUEMAS DE REPRODUCCION CONVENCIONAL Y OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (MOET), ASUMIENDO UN HATO DE 200 VACAS (N).

| PARAMETROS | SIMBOLO | CONVENCIONAL | MOET |
|--------------------------------------|----------------|--|-----------------------------|
| Embr. Tbles./donadora | k | 0 | 2, 4, 8, 12, 16 |
| Sobrev. de Emb. a la Selec. | s | 0.8 | 0.5 |
| Intervalo de Generación ^a | L | Lm = 2.5, 4.5 Lf = 2.9, 3.4, 3.8, 4.2 | Lm = 2, 4 Lf = 2 |
| Heredabilidad | h ² | 0.1, 0.3, 0.5 | 0.1, 0.3, 0.5 |
| Endogamia por año ^b | F | $F = [(1/Nm) + (1/Nf)] \times 1/(8 \times L)$ | |
| Relación de apareamientos | x | 10, 20, 50 | 2, 4, 6, 8 |
| No. de descendientes | C | 160 | ks |
| Donadoras por año | D | | D = C/ks |
| Proporción seleccionada ^c | P | Pm = 1/(sx) Pf = 2/s (1 + Σ 0.9 ^y) | Pm = 2/(ksx) Pf = 2/(ks) |
| Intensidad de selección | i | | |
| Divisiones por embrión | v | | 2, 3 o 4 |

^a Las letras m y f se refiere a machos y hembras, respectivamente.

^b N se refiere al número de animales.

^c Esta suscripción se refiere al número de años que una hembras es mantenidas en el hato y 0.9^y es la proporción de hembras sobrevivientes por año.

Nota: los símbolos y letras contenidas en el cuadro son propuestos por Falconer, (1986).

5.3 ESQUEMA DE REPRODUCCION CONVENCIONAL

En este esquema se contempla la reproducción del ganado productor de carne por medio del apareamiento natural sin el empleo de la técnica del método MOET. Fuera de esta limitante, las combinaciones clásicas trazadas aquí, pueden ser generalizaciones de cualquier número de ganado reproductor en México. Se asumió una restricción en el número de descendientes que pueden ser criados por año y se fijó una constante de 200 hembras por año. Al mismo tiempo se determinó la probabilidad de sobrevivencia de los descendientes determinada como 0.8, dando como resultado la ecuación de $200 \times .8 = 160$ descendientes por año (c) disponibles para selección. La probabilidad de sobrevivencia (d) de becerras (hembras en el siguiente año) fue de 0.9. Las hembras utilizadas en las pruebas fueron sometidas a reproducción de 2 a 4, 2 a 5, 2 a 6, 2 a 7, años; y a una relación de apareamientos, macho:hembra (x) de 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100.

Los machos tendrán un intervalo de generación de 2.5 y 4.5 años y se probaron un promedio de 20 descendientes por macho (n), según lo recomendado por (Gearheart, *et al.*, (1989).

5.4 ESQUEMA DE REPRODUCCION POR EL METODO MOET

Para este método se redujo la proporción de apareamientos macho:hembra a 1:2, 1:6, y 1:8 para reducir los índices de endogamia se consideraran cuatro tasas de transferencia de embriones por donante (k) (4, 8, 12 y 16). La probabilidad de sobrevivencia (s) para la procreación por este método se estableció en 0.5, correspondiendo el resto a la transferencia del embrión sin éxito. La proporción de machos (P_m) y de hembras (P_f) seleccionada para reproducción por año fue $2/ks_x$ y $2/ks$, respectivamente. Para tener un hato de tamaño similar para efectos de comparación con respecto al método convencional, el número de donantes por año (D) fue de C/ks .

Los machos fueron de 2 o 4 años de edad como sus padres y las hembras de 2 años como sus madres. Para esta prueba de descendencia por el método MOET el resultado de (n) será nuevamente 20 (Gearheart, *et al.*, (1989).

5.4.1 TIPOS DE SELECCION

Los tipos de selección considerados para comparar las respuestas genéticas anuales para los esquemas por el método convencional y por el método MOET fueron según el registro individual (I), índices de familia (II) e índice de familia seguido de pruebas de descendencia (III). El índice de familia contiene información sobre un individuo y sus contemporáneos; consanguinidad paterna media por el sistema convencional y total consanguinidad paterna media para el sistema MOET. Los machos jóvenes fueron seleccionados en un principio con base en registros de comportamiento familiar (selección de tipo (II)), su descendencia fue analizada y los machos descendientes serán seleccionados y utilizados para apareamiento. En todos los casos se partió del supuesto que las características a seleccionar se presentaran en ambos sexos con igual probabilidad de heredabilidad y que la expresión de correlación genética entre sexos será igual a la unidad.

Para la selección del tipo I y II, la respuesta anual a la selección R se estimó por medio de la formula siguiente: ver apéndice "A"

$$R = [((i_m + i_f) \times r_{IG} \times h) / (L_m + L_f)] \times \sigma \quad (1) \text{ Falconer, (1986).}$$

en donde: i_m e i_f son la intensidad de selección del macho y de la hembra L_m y L_f son los intervalos de generación del macho y la hembra, rIG es la precisión en la selección y σ es la desviación estandar del valor genético. Con la selección tipo III, se tomó en cuenta cierta tolerancia para la selección continua aplicada a los machos.

El mérito genético de las hembras seleccionadas (G_f) es $i_f \times rIG \times \sigma$, sin embargo la cualidad genética de los machos seleccionados en las pruebas de descendencia (G_m) puede estimarse de la siguiente forma:

$$G_m = rIG \times h \times [i_{m1} + i_{m2} \times q] \times \sigma \quad (2) \text{ Falconer, (1986).}$$

en donde:

$$q = \sqrt{[1 - k_1 + \{n(\epsilon)^2 / (4(1 + .25 h^2) + nh^2(\epsilon) - h^4(1 - k_2))\}]} \quad (3)$$

$$k_1 = 1 - i_{m1}(i_{m1} - x_{m1}) \quad (4)$$

$$k_2 = 1 - i_f(i_f - x_f) \quad (5)$$

En los incisos del (2) al (5) anteriormente citados, las variables se representaran como sigue, ϵ es $1 - h^2$, rIG es la precisión de la selección del tipo II, (n) se refiere al numero de descendientes probados por macho, (x) es el punto en

el que se hace la primera selección, i_{m1} y i_{m2} son las intensidades de selección del macho en la primera y segunda selección, y por último i_f es la intensidad de selección de la hembra. La respuesta anual a la selección del tipo III puede entonces ser estimada como: ver apéndice "A"

$$R = [(G_m + G_f)/(L_m + L_f)] \quad (6) \text{ Falconer, (1986).}$$

Se consideraron tres niveles de heredabilidad para fines comparativos del esquema reproductivo por el método convencional y por MOET, 0.1, 0.3 y 0.5 . Para todos los esquemas en las pruebas de descendencia para la selección tipo III, se asumió que ocurren fuera del hato para eliminar cualquier restricción que al estar en el mismo hato pudieran presentarse. Se asumió también que se aplican pruebas de selección en las hembras utilizadas para las pruebas de descendencia para los machos (Gearheart, *et al.*, 1989).

5.4.2 ESTIMACION DE LA ENDOGAMIA

Las tasas de endogamia anual (ΔF) fueron calculadas para todos los esquemas de la forma siguiente:

$$\Delta F = [(1/N_m) + (1/N_f)/(8 \times L)] \quad (7) \text{ Falconer, (1986).}$$

en donde:

N_m y N_f son el número de crías hembras y machos en el hato por año, y L significa el intervalo de generación. Para el esquema por el método MOET, $N_m = D/x$ y $N_f = D$. La fórmula (7) probablemente subestima la ΔF debido a la tendencia a seleccionar más miembros de los mejores grupos consanguíneos (Hill, 1976; Woolliams y Smith, 1988); citados por (Gearheart, *et al.*, 1989).

5.4.3 DIVISION DE EMBRIONES

Para determinar los beneficios de la selección obtenidos por medio de la división del embrión o clonación, se medirá el incremento en la exactitud en la selección del tipo II cuando se incluían en las pruebas de descendencia la

información de 2 o 4 divisiones por embrión y se comparará con índices que tengan información sobre embriones sencillos para el esquema de combinaciones por el método MOET. Se utilizarán niveles de heredabilidad de 0.1, 0.3 y 0.5 con una correlación entre las clases (ICC), o en este caso la correlación entre divisiones igual a doble heredabilidad (Gearheart, *et al.*, (1989)).

El Incremento Genético Anual se estimó por medio de la fórmula (1) simplificada por (Falconer, 1986). Ver apéndice “A”

$$\Delta G = \frac{i r_A \hat{\sigma}_A}{L}$$

donde:

G = Incremento genético anual

i = Intensidad de selección

$r_{A\hat{A}}$ = Correlación entre el valor genético real y el valor genético estimado

σ_A = Desviación estándar del valor genético

L = Intervalo entre generación.

5.5 MODELO DE EVALUACION ECONOMICA

Los análisis de costo-beneficio serán empleados para evaluar los diferentes esquemas reproductivos. El criterio de evaluación económica será el Valor Actual Neto (NPV) propuesto por Marañon, *et al.*, (1993) y Mpofu, *et al.*, (1993), La relación costo-beneficio y la proporción interna de ganancia también fueron tomados en cuenta.

El NPV nos da el ingreso incrementado generado por la inversión; es decir, en cualquier economía en la que el capital tenga valor, un dólar actual vale más que un dolar que se va ha recibir dentro de un año, 2 años o 3 años. Es por ello que se necesita un medio para estandarizar las diferencias en la oportunidad de los flujos de efectivo de modo que se pueda reconocer en forma apropiada el valor del dinero a través del tiempo (Van Horne, 1988). Si el NPV es negativo, el valor actual del flujo de efectivo es insuficiente para recuperar los costos. Los esquemas económicamente viables cuando su NPV es positivo serán también utilizados para su posterior clasificación.

Los beneficios reproductivos totales anuales fueron calculados con la formula de mejoramiento genético (B_w) y sin mejoramiento genético (B_n). Los beneficios del mejoramiento genético (BG) son $B_w - B_n$. Los costos totales anuales (CG) fueron, de forma similar, los costos involucrados en aspectos reproductivos.

El NPV fue dado entonces por la ecuación siguiente:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \left[\frac{Bg(t) - Cg(t)}{(1 + d)^t} \right] \quad \text{Mpofu, et al., (1993).}$$

en donde T es el período de evaluación de 1985-1995 (año 0 a 11) y d es la proporción de descuento. El valor relativo del tipo de cambio actual y el precio del semen comercial también se tomaron en cuenta según lo recomendado por (Mpofu, et al., 1993).

Los costos y beneficios se expresaran en dólares Estadounidenses utilizando precios vigentes en 1995. Solamente se tomó en cuenta los costos debidos a eventos reproductivos en los diferentes métodos de reproducción, sin considerar los beneficios económicos secundarios a los antes mencionados Mpofu, *et al.*, (1993).

Respecto a los costos de producción, se hizo la estimación de los mismos; (de solo los eventos reproductivos) y apoyados con valores de la literatura previamente reportados por otros autores y compañías privadas; solo se hicieron ajustes originados por los diferentes métodos reproductivos y en base al tipo de cambio actual.

6. RESULTADOS

6.1 EVALUACION GENETICA

6.1.1 RESPUESTA ANUAL A LA SELECCION

6.1.2 REPRODUCCION CONVENCIONAL

En la tabla 2 se muestran las tasas de respuesta anual para el método de reproducción convencional; por selección individual (I), selección familiar (II) y selección familiar seguida por una prueba de descendencia (III).

Para la selección del tipo I y II se espera que el progreso anual sea mayor en el nivel más alto de apareamientos que sería de 1:100, con hembras de 2-5 o 2-6 años. Para estos casos las respuestas esperadas para la selección del tipo I fueron de 0.052, 0.154 y 0.257 unidades de desviaciones estandar (SD) por año para una heredabilidad de 0.1, 0.3 y 0.5 respectivamente (Fig. 5). Las respuestas a la selección para el tipo II fueron de 0.82, 0.182 y 0.272 unidades de SD por año para una heredabilidad de 0.1, 0.3 y 0.5 respectivamente (Fig. 5). El nivel de respuesta más alto para la selección del tipo III, ocurrió en la relación de apareamientos de 1:100, con vacas cuyas edades eran de 2-3 años; las respuestas

fueron de 0.112, 0.211 y 0.280 unidades de SD por año para una heredabilidad de 0.1, 0.3 y 0.5 respectivamente (Fig. 5).

Al aumentar la edad en las vacas, la respuesta anual a la selección del tipo III disminuía debido al aumento en los intervalos de generación y para la selección tipo I y II las tasas de ganancia genética se mantienen casi constantes (Fig. 2, 3, 4 y 5).

TABLA 2. RESPUESTA ANUAL PRONOSTICADA^a PARA LA REPRODUCCION CONVENCIONAL A 3 PROPORCIONES DE HEREDABILIDAD Y 4 METODOS DE REEMPLAZO DE VACAS (EDAD)

| | | Relación de apareamientos y tipos de selección ^b | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Edad | h ² | 10 | | | 20 | | | 50 | | | 100 | | |
| | | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| 2-4 | .1 | 34 | 40 | 50 | 40 | 51 | 68 | 47 | 68 | 93 | 51 | 80 | 112 |
| | .3 | 100 | 109 | 111 | 118 | 133 | 148 | 139 | 162 | 178 | 151 | 179 | 211 |
| | .5 | 166 | 171 | 153 | 197 | 205 | 202 | 232 | 245 | 251 | 252 | 266 | 280 |
| 2-5 | .1 | 37 | 44 | 48 | 42 | 55 | 64 | 49 | 71 | 88 | 52 | 82 | 105 |
| | .3 | 109 | 109 | 105 | 124 | 140 | 139 | 145 | 169 | 176 | 154 | 182 | 199 |
| | .5 | 181 | 186 | 145 | 207 | 215 | 191 | 242 | 256 | 237 | 257 | 272 | 264 |
| 2-6 | .1 | 37 | 44 | 45 | 42 | 54 | 61 | 48 | 69 | 84 | 52 | 82 | 100 |
| | .3 | 109 | 119 | 100 | 124 | 140 | 132 | 142 | 165 | 168 | 154 | 182 | 189 |
| | .5 | 181 | 187 | 138 | 207 | 154 | 181 | 137 | 250 | 225 | 257 | 272 | 251 |
| 2-7 | .1 | 37 | 44 | 43 | 42 | 54 | 60 | 47 | 68 | 80 | 51 | 80 | 95 |
| | .3 | 109 | 119 | 95 | 124 | 140 | 126 | 139 | 162 | 160 | 151 | 179 | 180 |
| | .5 | 181 | 186 | 131 | 207 | 215 | 173 | 232 | 245 | 215 | 252 | 266 | 239 |

^a Unidades de Desviaciones Estándar Fenotípicas x 10³

^b Selección del tipo I, II y III, referente al índice individual, índice familiar de consanguinidad media y II seguido por pruebas de descendencia respectivamente, el intervalo de generación en los machos fue de 2.5 años para los tipos de selección I y II y 4.5 años para el tipo III.

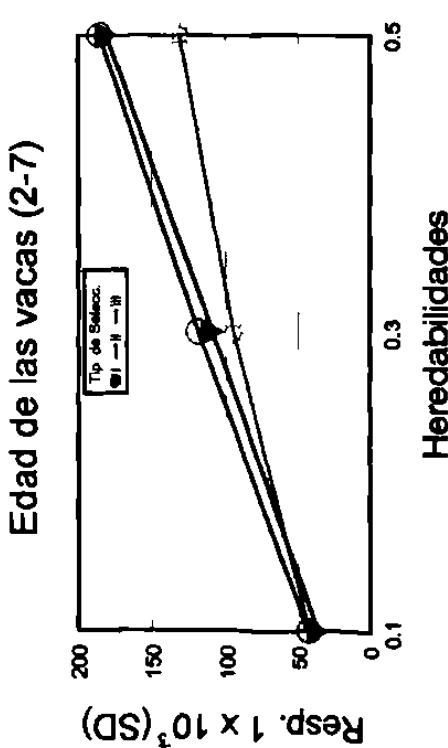
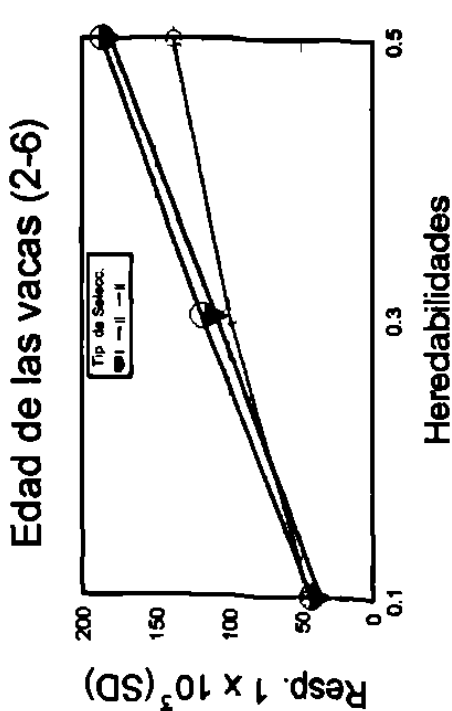
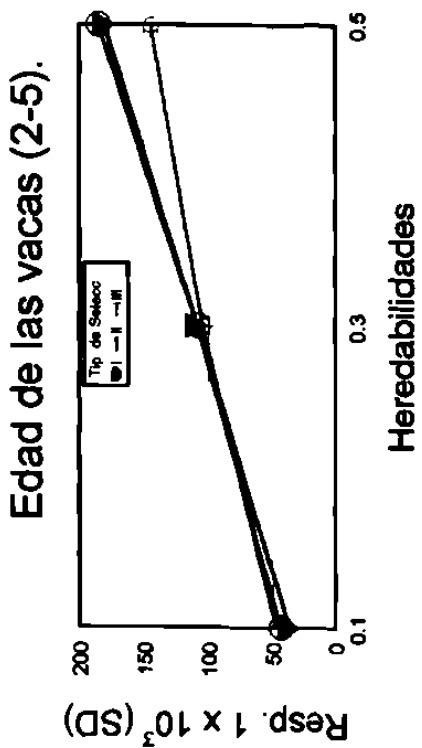
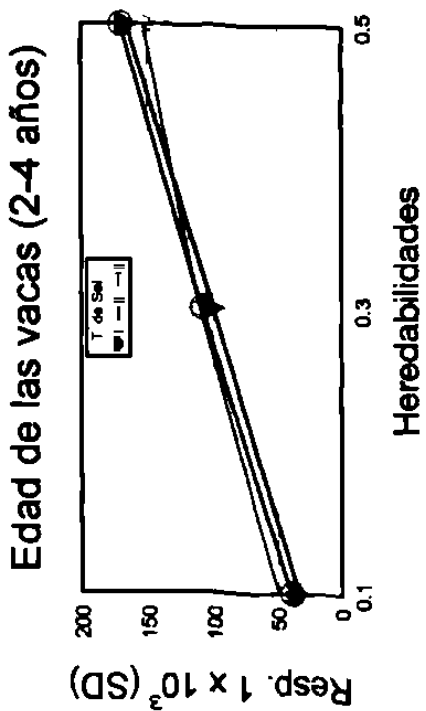


Figura 2. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de 1:10, para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 edades de las vacas.

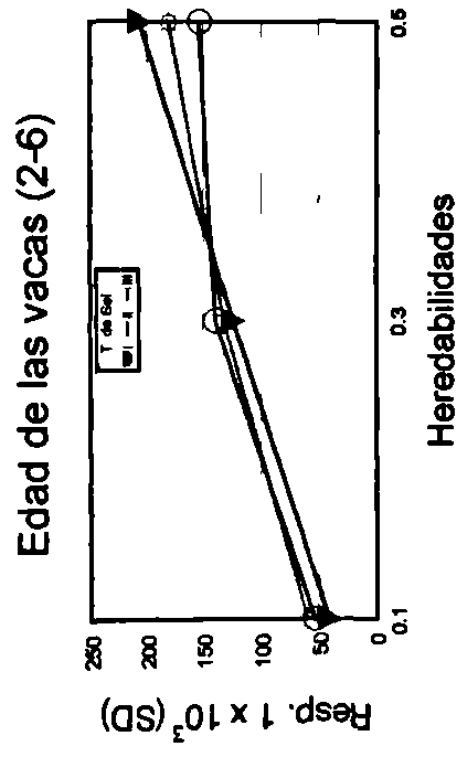
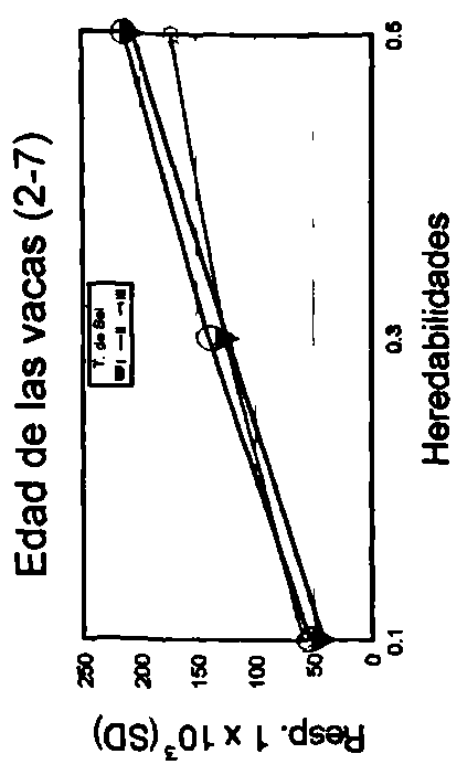
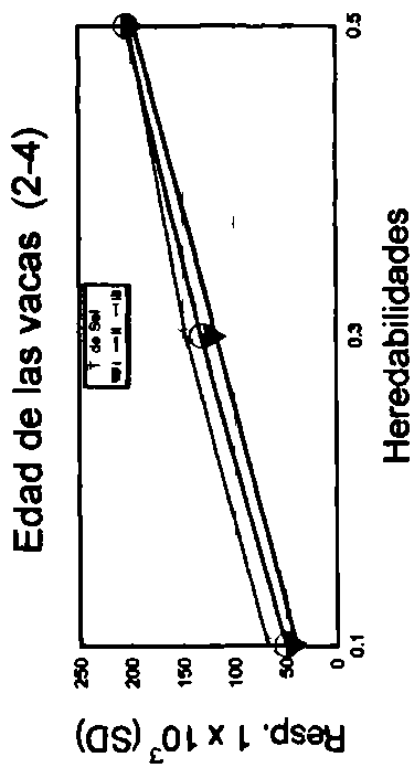
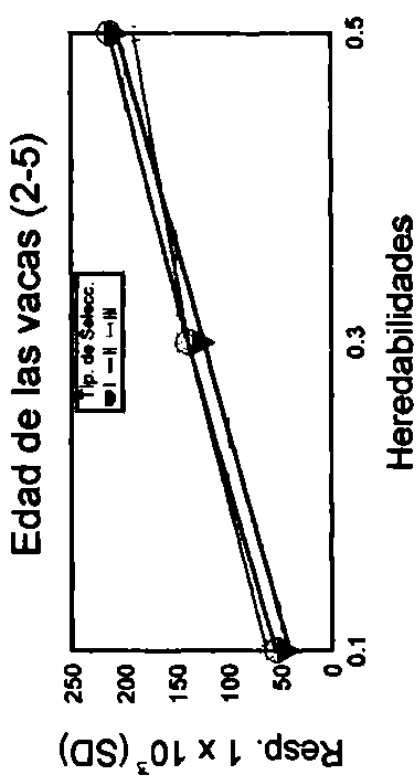


Figura 3. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de 1:20; para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 edades de las vacas.

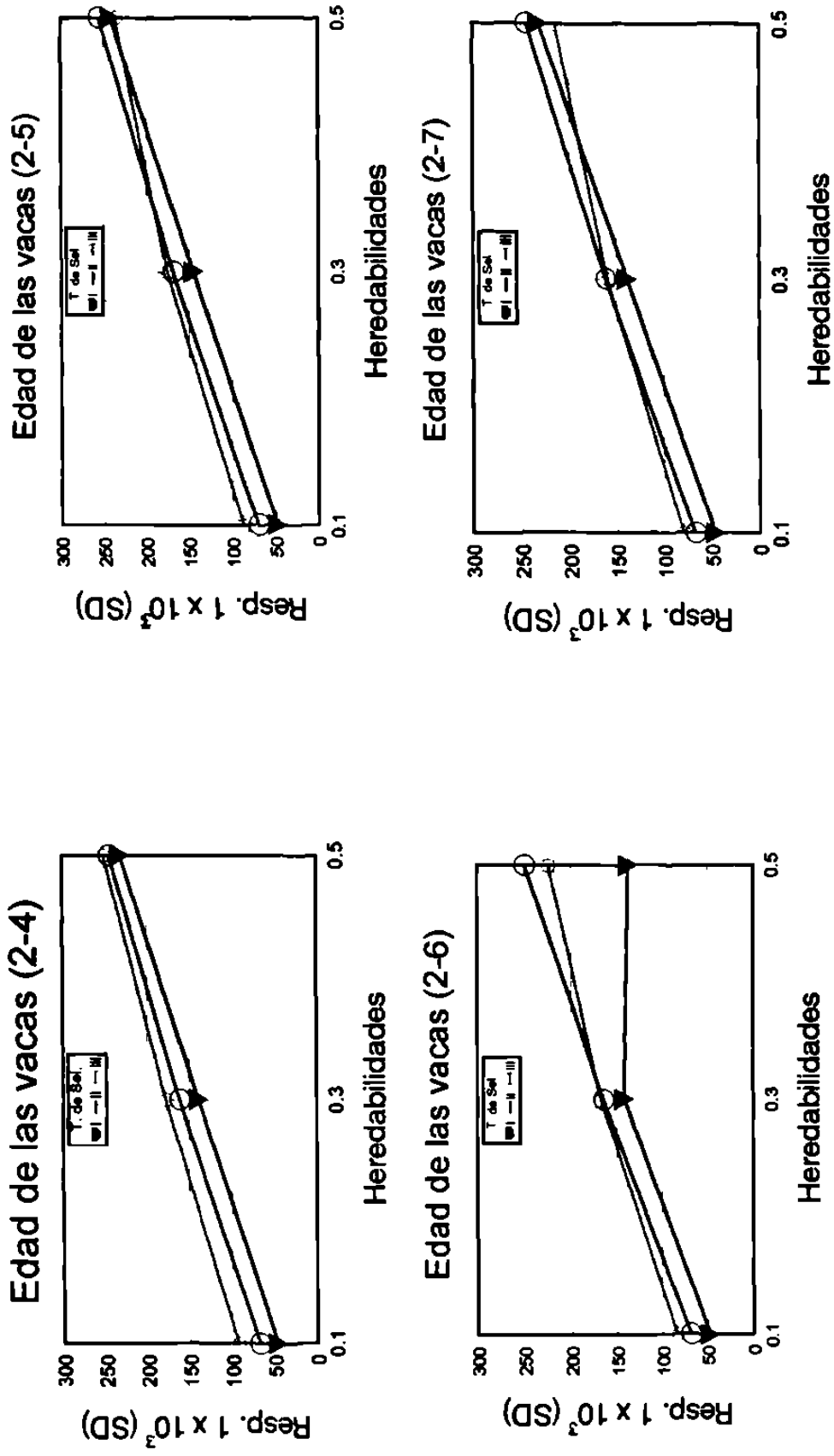


Figura 4. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamientos de 1:50 para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 edades de las vacas.

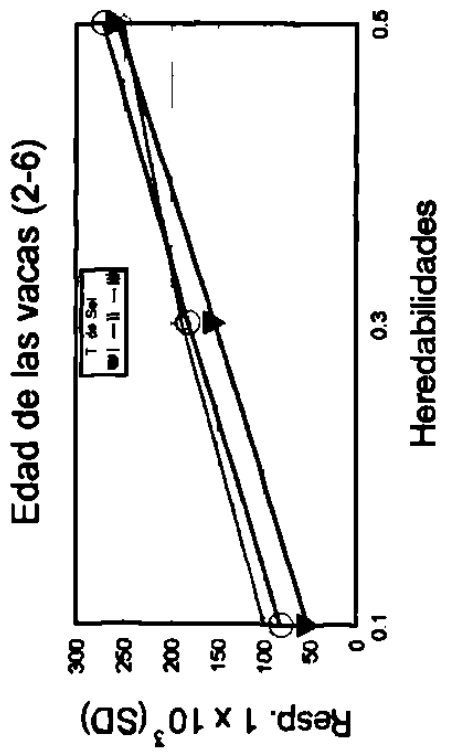
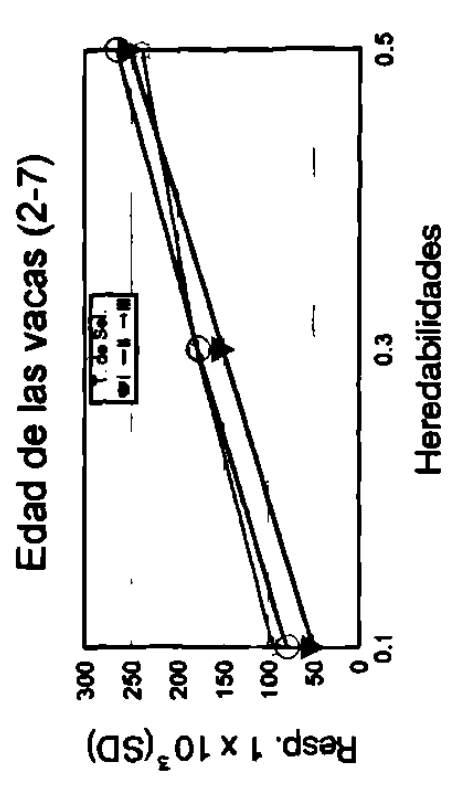
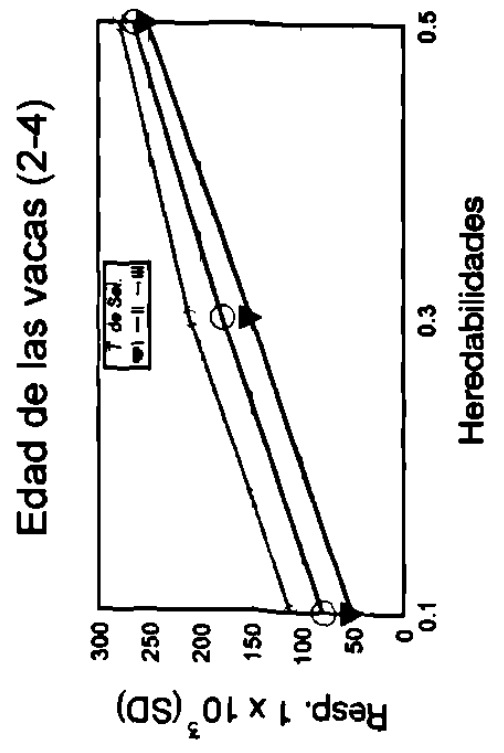
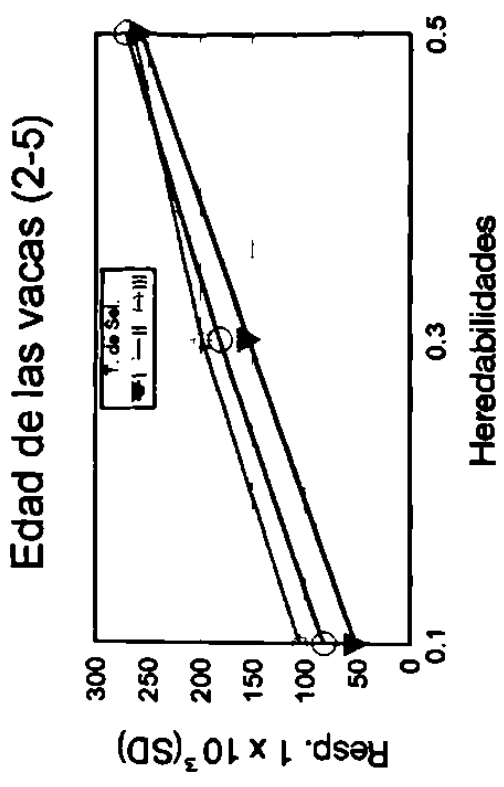


Figura 5. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de 1:100 para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 edades de las vacas.

6.1.3 RESPUESTA ANUAL A LA SELECCION

6.1.4 REPRODUCCION CON OVULACION MULTIPLE Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (MOET)

En la tabla 3 se muestra la predicción de la respuesta genética anual por MOET, empleando los tipos de selección anteriormente descritos.

La respuesta anual a la selección para cada tipo de selección fue mayor incluso con proporciones moderadas de MOET ($k_s = 4$) con una relación de apareamientos de 1:8. La mejor posible proporción de apareamiento convencional en todos los niveles de heredabilidad fue menos eficiente (Fig. 9).

Como se esperaba los niveles de respuesta más altos mostrados por el método MOET estuvieron a niveles de medición extremos, $k_s = 8$ y con una relación de apareamientos de 1:8, en donde las respuestas para MOET fueron 1.2 a 1.8 veces mayor en relación a las obtenidas por el método convencional (Fig.9).

La ganancia genética anual en la selección del tipo I y II se mantienen casi constantes, pero la selección del tipo III se incrementa a medida que incrementa la relación de apareamientos, tasa de transferencia embrionaria y proporciones de heredabilidad (Fig. 6, 7, 8 y 9).

TABLA 3. RESPUESTA ANUAL PRONOSTICADA^a PARA EL METODO DE REPRODUCCION POR MOET BAJO 3 HEREDABILIDADES Y 4 TASAS DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES^b

| | | Relación de apareamientos y tipos de selección ^c | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ks | h ² | 2 | | | 4 | | | 6 | | | 8 | | |
| | | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| 2 | .1 | 20 | 20 | 28 | 33 | 44 | 51 | 38 | 54 | 65 | 43 | 66 | 79 |
| | .3 | 61 | 67 | 63 | 97 | 114 | 108 | 112 | 136 | 133 | 127 | 157 | 148 |
| | .5 | 100 | 106 | 88 | 161 | 175 | 144 | 186 | 205 | 173 | 212 | 232 | 189 |
| 4 | .1 | 53 | 67 | 61 | 63 | 89 | 84 | 68 | 101 | 96 | 72 | 114 | 109 |
| | .3 | 157 | 177 | 143 | 187 | 225 | 183 | 200 | 247 | 202 | 211 | 266 | 218 |
| | .5 | 262 | 277 | 207 | 312 | 339 | 253 | 333 | 366 | 274 | 353 | 388 | 292 |
| 6 | .1 | 67 | 87 | 77 | 76 | 114 | 101 | 79 | 123 | 112 | 83 | 135 | 125 |
| | .3 | 197 | 225 | 176 | 224 | 269 | 212 | 233 | 288 | 231 | 245 | 307 | 251 |
| | .5 | 328 | 351 | 256 | 373 | 405 | 296 | 388 | 426 | 317 | 408 | 454 | 342 |
| 8 | .1 | 75 | 100 | 89 | 83 | 130 | 115 | 88 | 140 | 126 | 90 | 149 | 130 |
| | .3 | 221 | 257 | 202 | 245 | 298 | 237 | 260 | 322 | 257 | 266 | 334 | 260 |
| | .5 | 368 | 394 | 291 | 408 | 443 | 329 | 434 | 476 | 354 | 444 | 494 | 357 |

^a Unidades Estándar x 10³

^b Numero de embriones transferibles por donadora (k) y probabilidad de sobrevivencia al tiempo de selección (s).

^c Selección del tipo I, II y III referente al índice individual, índice familiar y II seguido por las pruebas de progenie respectivamente. El intervalo de generación fue de 2 años para los machos para el tipo I y II y de 4 años para machos de tipo III. Todos los intervalos de generación de las hembras fueron de 2 años.

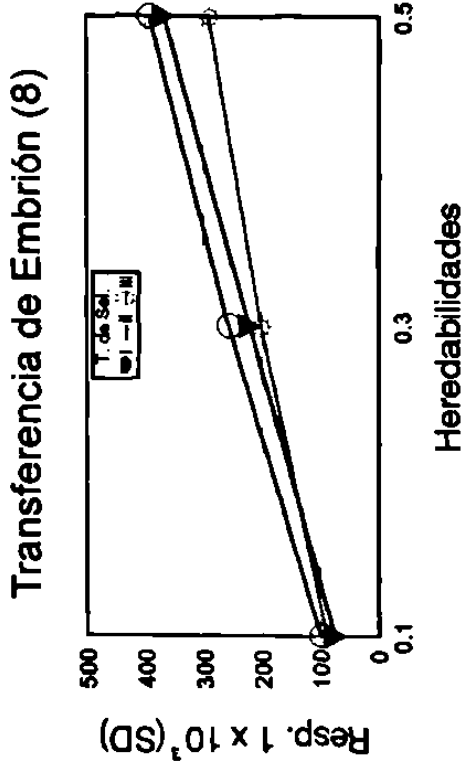
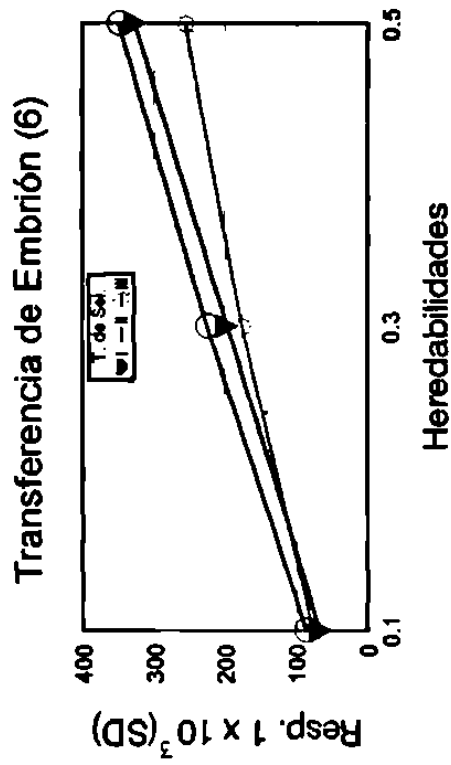
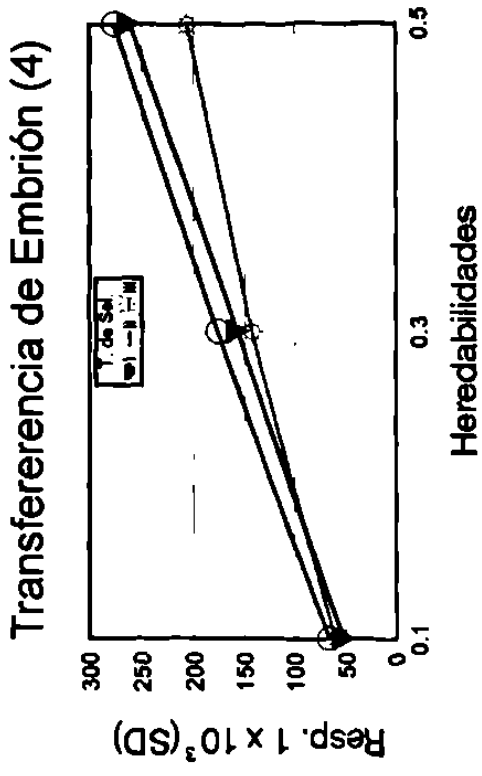
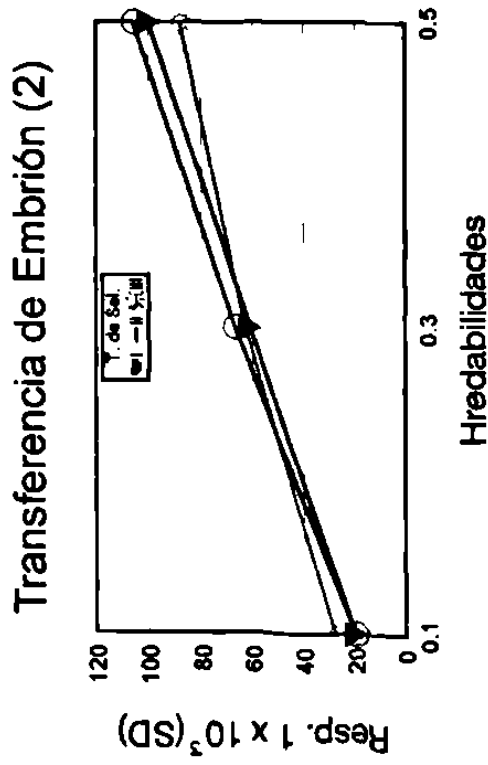


Figura 6. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de (1:2) para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 tasa de transferencia de embriones.

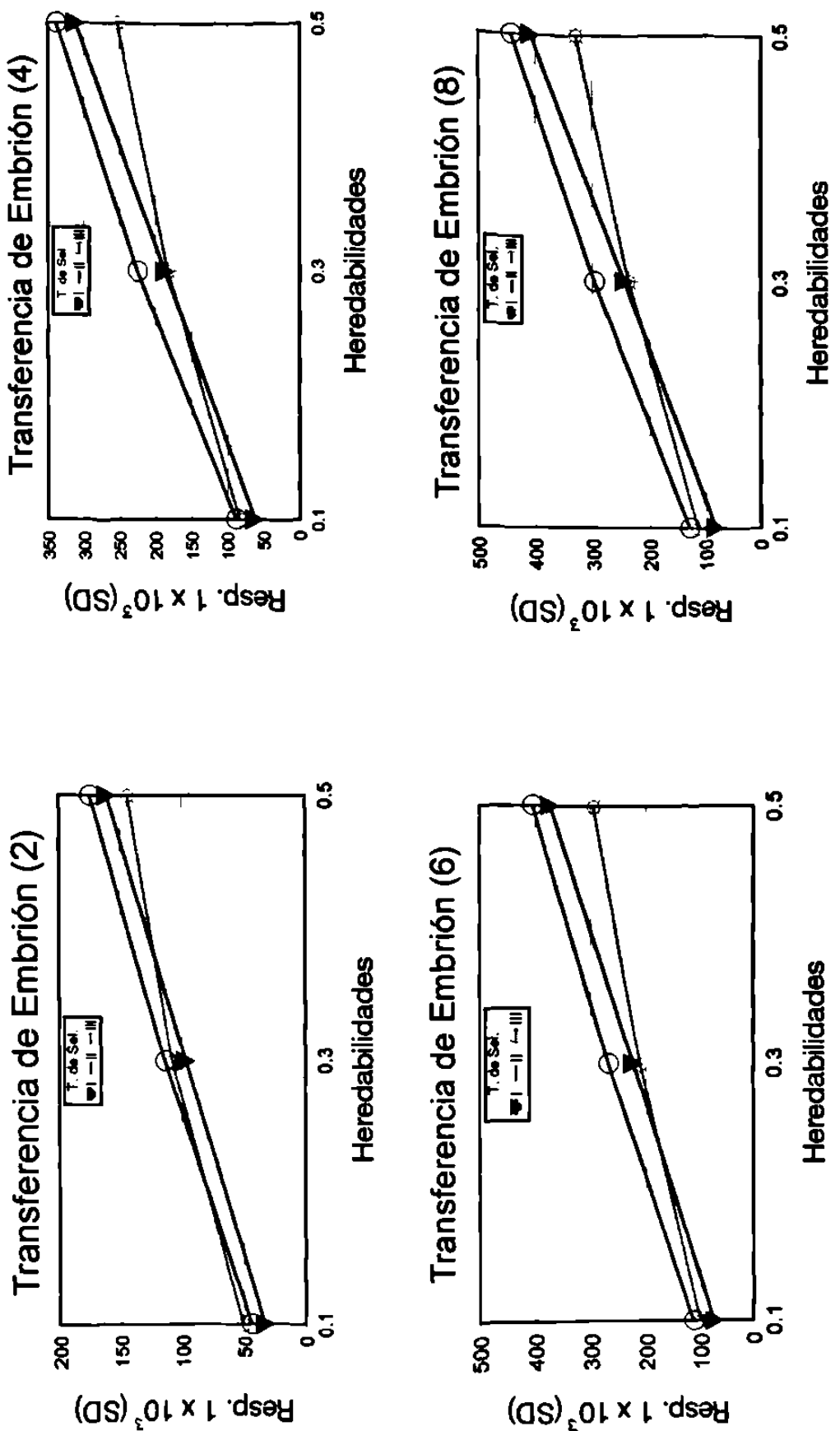


Figura 7. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de 1:4 para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 tasas de transferencia de embriones.

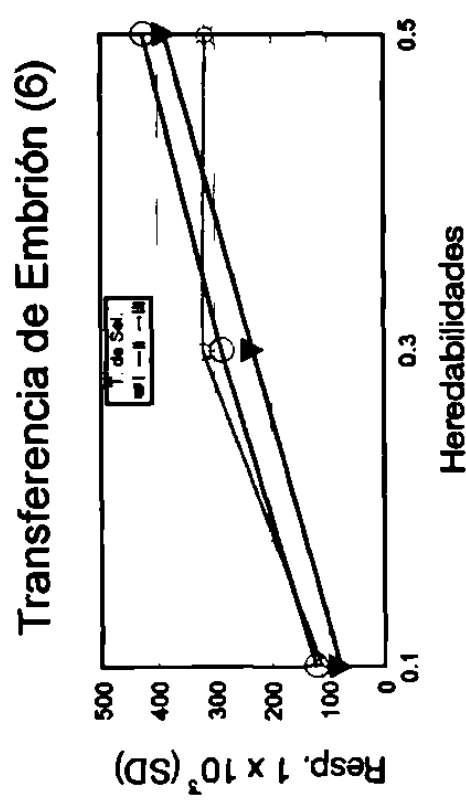
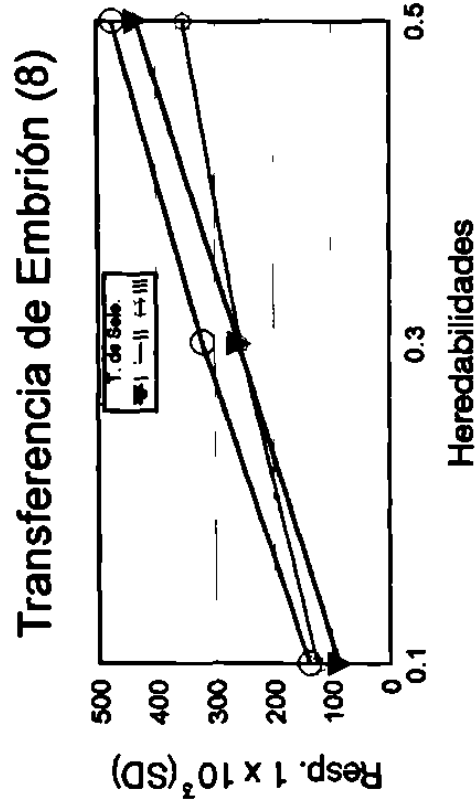
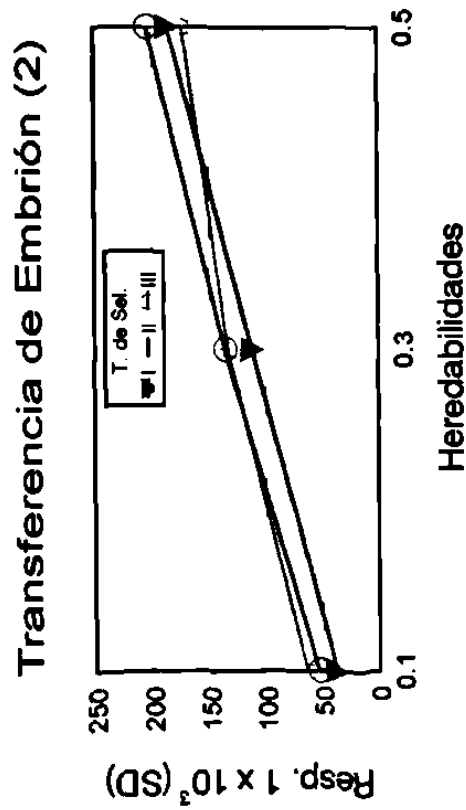
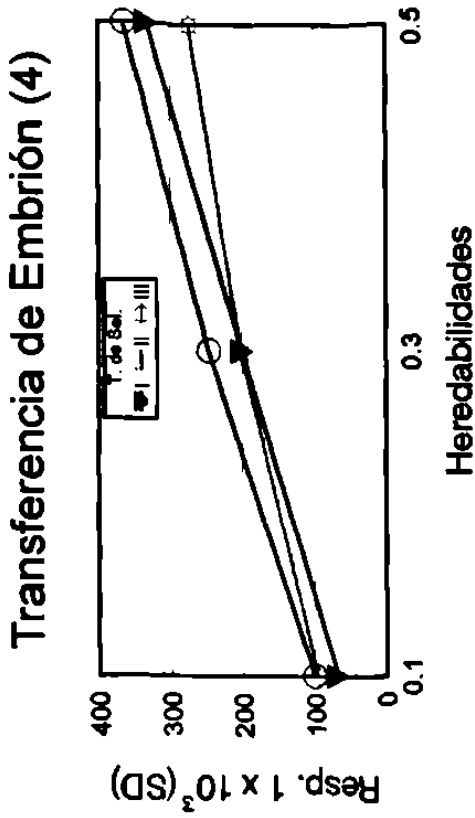


Figura 8. Respuesta anual a la selección con una relación de apareamiento de 1:6 para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 tasas de transferencia de embriones.

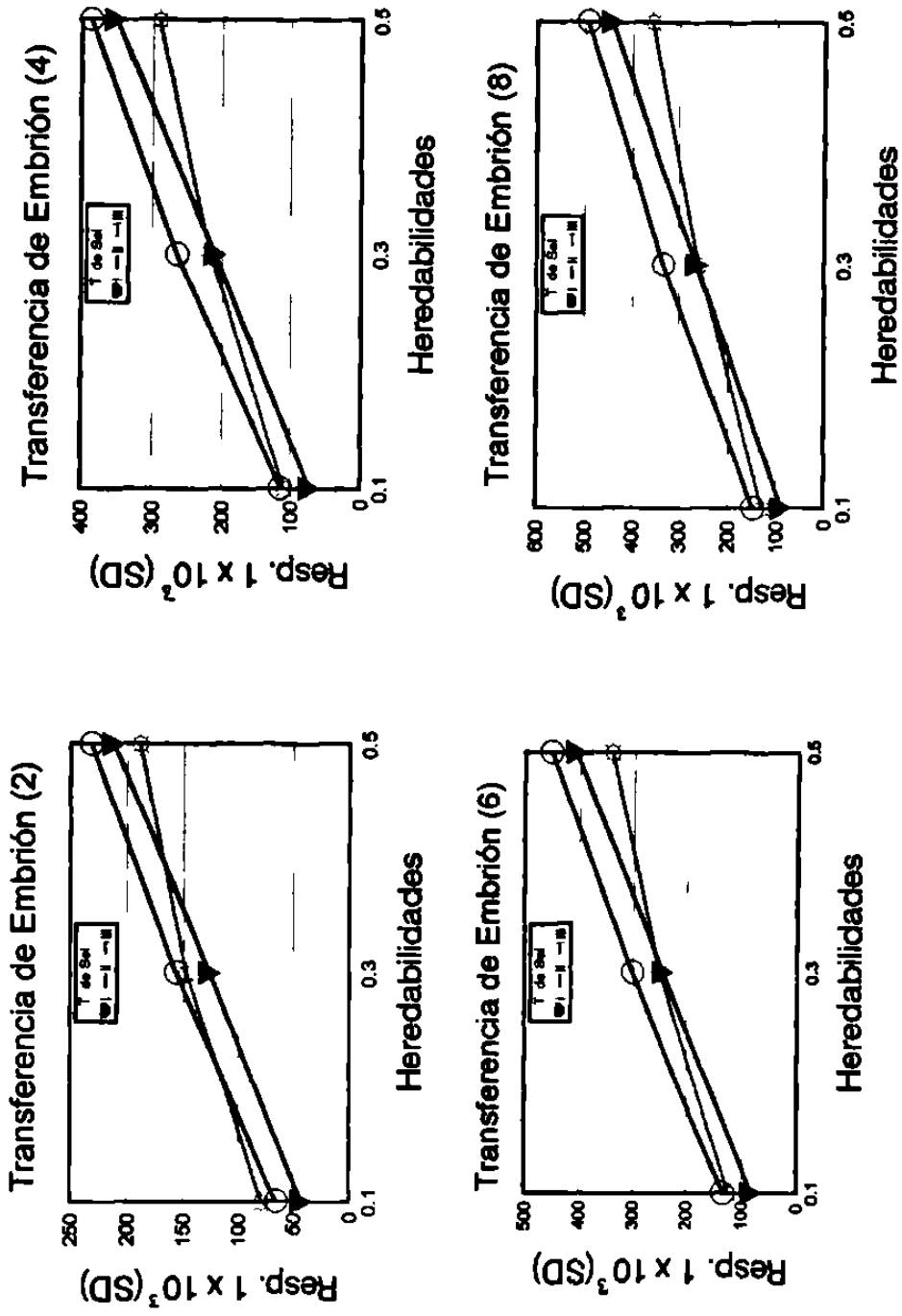


Figura . Respuesta a la selección con una relación de apareamiento de 1:8 para los 3 métodos de selección, 3 proporciones de heredabilidad y 4 tasas de transferencia de embriones.

6.1.5 TASA ANUAL DE ENDOGAMIA

En las tablas 4 y 5 se muestran los niveles estimados de endogamia para los métodos convencionales de reproducción y MOET respectivamente.

La tasa anual de endogamia inmediatamente se amplía para las combinaciones por el método MOET de tamaño pequeño.

Las tasas anual de endogamia, fueron analizadas en 160 becerros por año según el método convencional y por MOET respectivamente. Para la reproducción convencional utilizando una relación de apareamientos de 1:20, las tasas de endogamia fueron de 0.078 a 0.0095 para la selección del tipo I y II y de 0.0067 a 0.0080 para la selección del tipo III (Fig.11). Sin embargo a tasas bajas de T.E. y a una relación de apareamientos de 1:2 para MOET, la tasa de endogamia fué de 0.0059 y aumentaba rápidamente a 0.0199 para la selección del tipo I y II en tanto se aumentaba el número de T.E. de 4 a 16 (Fig. 11). En la proporción de T.E. más alta y con una relación de apareamientos de 1:8, la tasa de endogamia fué de 0.0598 para la selección del tipo I y II y 0.0398 para la selección del tipo III (Fig. 11).

TABLA 4. TASA DE ENDOGAMIA ANUAL PRONOSTICADA PARA EL METODO DE REPRODUCCION CONVENCIONAL^{ab}

| Edad vacas | Relación de apareamientos y tipos de selección ^c | | | | | | | |
|------------|---|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 10 | | 20 | | 50 | | 100 | |
| | I, II | III | I, II | III | I, II | III | I, II | III |
| 2-4 | 48 | 41 | 95 | 80 | 234 | 197 | 465 | 393 |
| 2-5 | 45 | 39 | 88 | 75 | 218 | 186 | 433 | 369 |
| 2-6 | 42 | 36 | 83 | 71 | 204 | 175 | 405 | 349 |
| 2-7 | 40 | 34 | 78 | 67 | 191 | 166 | 381 | 331 |

^a El intervalo de generación de los machos es 2.5 años; el número de hembras fue de 200.

^b Los valores son dados $\times 10^4$

^c La tasa anual de endogamia fué la misma para la selección del tipo I y II.

TABLA 5. TASA ANUAL DE ENDOGAMIA ANUAL PRONOSTICADA POR EL METODO DE PRODUCCION MOET^{ab}

| ks | Relación de apareamientos y tipos de selección | | | | | | | |
|----|--|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 2 | | 4 | | 6 | | 8 | |
| | I, II | III | I, II | III | I, II | III | I, II | III |
| 2 | 59 | 39 | 98 | 65 | 137 | 91 | 176 | 117 |
| 4 | 105 | 70 | 176 | 117 | 246 | 164 | 316 | 211 |
| 6 | 152 | 102 | 254 | 169 | 355 | 237 | 457 | 305 |
| 8 | 199 | 133 | 332 | 221 | 456 | 310 | 598 | 398 |

^a El intervalo de generación es de 2 años para los machos; número de donadoras (D) = C/ks , donde el k es el número de embriones transferibles por donadora y s es la probabilidad de sobrevivencia del embrión al tiempo de selección ($s = 0.5$).

^b Los valores dados son $\times 10^4$

^c La tasa anual de endogamia fué la misma para la selección del tipo I y II.

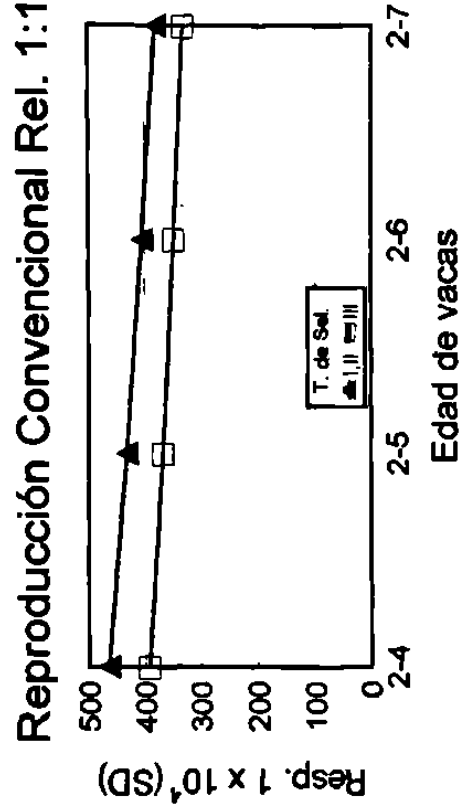
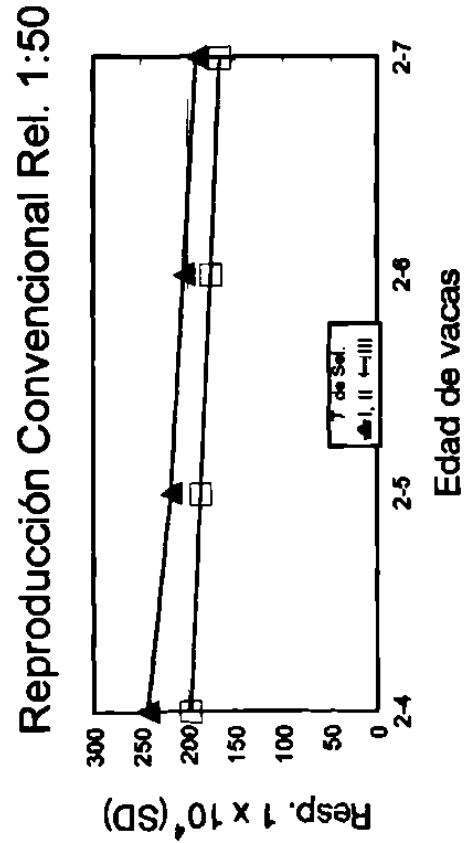
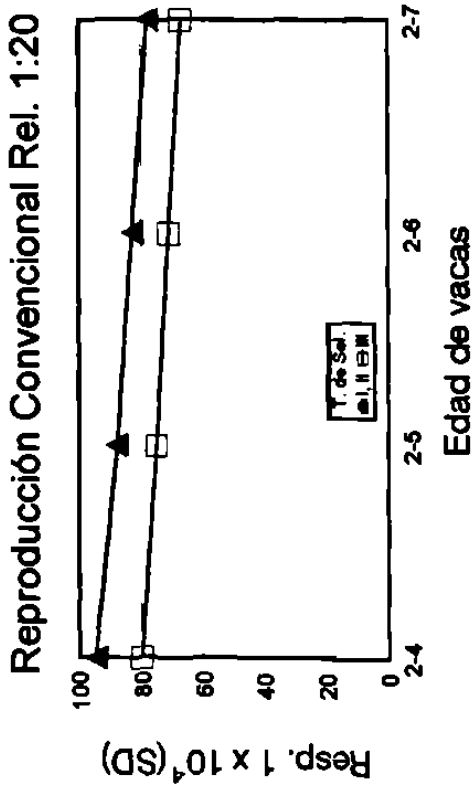
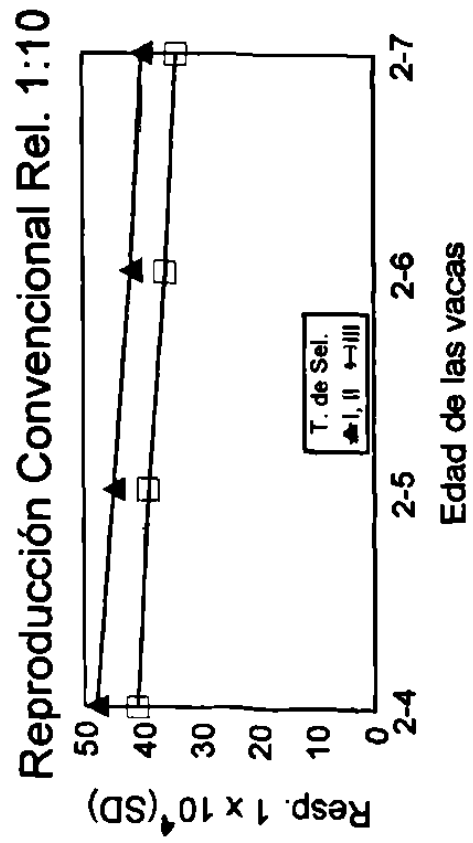


Figura 10. Tasa de endogamia anual pronosticada por reproducción convencional con 4 relaciones de apareamiento, 3 tipos de selección y 4 edades de las vacas.

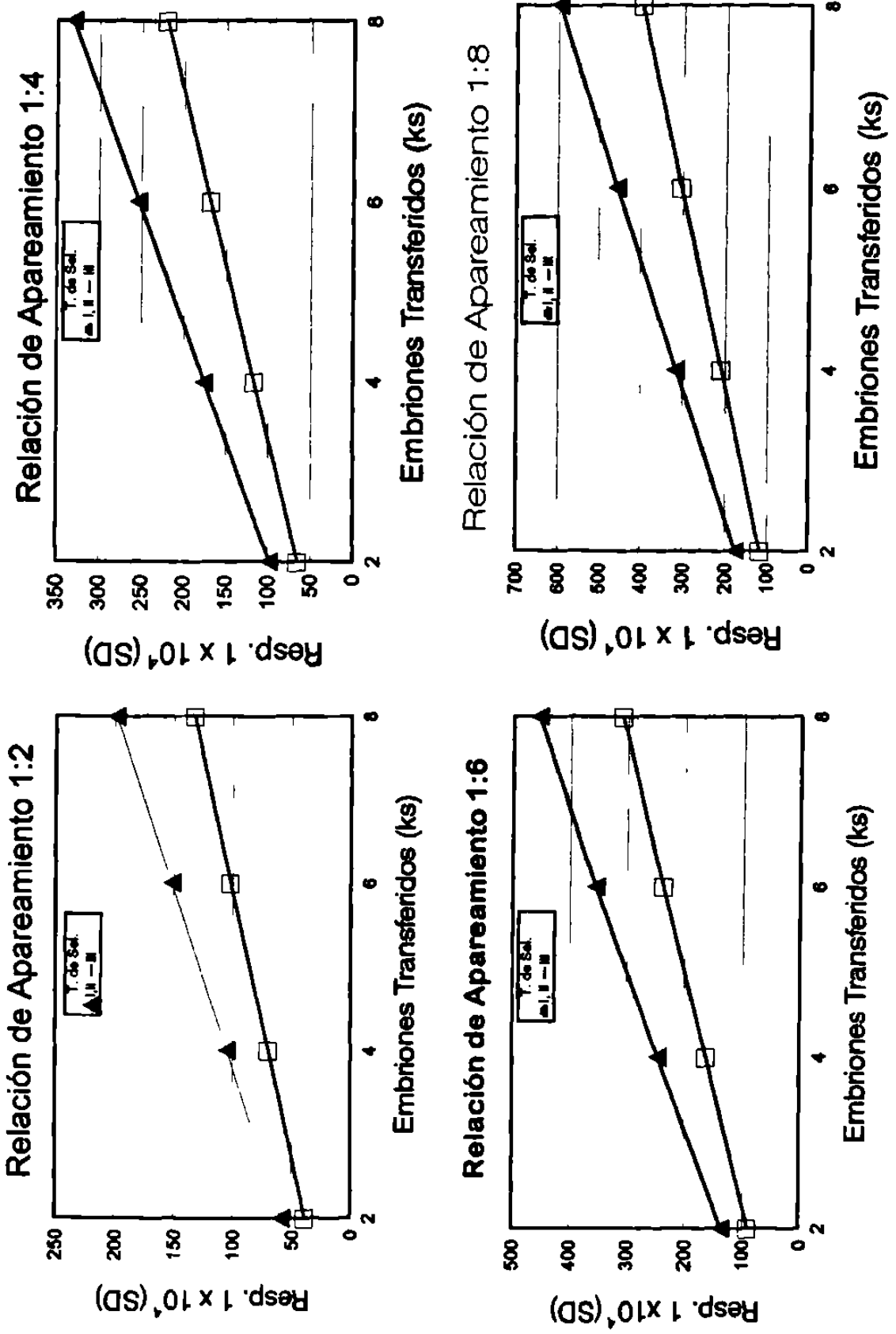


Figura 12. Tasa de endogamia anual pronosticada por MOET, con 4 relaciones de apareamiento, 3 tipos de selección y 4 tasas de transferencia de embrión.

6.1.6 DIVISIONES POR EMBRION

En la tabla 6 se muestran los incrementos proporcionales en la precisión de los índices de familia en la selección del tipo II.

Cuando la información de 2, 3 y 4 embriones es incluida. Para éste índice de selección por MOET, la información adicional que se tiene sobre las divisiones señalan un incremento mayor en el grado de precisión al más bajo índice de heredabilidad además del nivel de correlación entre clases.

La división de embriones en el ganado conducirá a elevar la precisión de la selección debido a la información que se tiene de sus hermanos completos con genotipos idénticos. Debido a que la heredabilidad establece los límites más bajos para el Índice de Correlación entre Clases (ICC), y el aumento mayor en el nivel de precisión deberá de esperarse cuando el $ICC = h^2$, con incrementos menores de precisión mientras más se aproxime el ICC a 1.

Para las proporciones aquí consideradas, teniendo 2 o 4 animales de cada genotipo aumenta la precisión en la selección de el indicador de familia tanto como 15 y 28 % con heredabilidad de 0.1 pero en solamente 8 a 15 % a una heredabilidad de 0.5.

TABLA 6. PORCENTAJE DE INCREMENTO EN LA PRECISION DE LA SELECCION CUANDO LA INFORMACION DE LA DIVISION DE EMBRIONES ES INCLUIDA EN LOS INDICES DE SELECCION POR MOET^a

| h ² | ICC | Animales de Idéntico Genotipo | Relación de apareamientos | | | | |
|----------------|-----|-------------------------------------|---------------------------|----|----|----|----|
| | | | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| .1 | .1 | 2 | 15 | 13 | 12 | 11 | |
| | | 3 | 23 | 31 | 19 | 18 | |
| | | 4 | 28 | 26 | 24 | 23 | |
| | .2 | 2 | 12 | 11 | 10 | 9 | |
| | | 3 | 19 | 17 | 16 | 15 | |
| | | 4 | 23 | 21 | 19 | 18 | |
| | .3 | .3 | 2 | 12 | 11 | 11 | 10 |
| | | | 3 | 17 | 16 | 16 | 16 |
| | | | 4 | 21 | 20 | 19 | 19 |
| .6 | | 2 | 6 | 5 | 5 | 5 | |
| | | 3 | 8 | 8 | 7 | 7 | |
| | | 4 | 9 | 9 | 8 | 8 | |
| .5 | .5 | 2 | 9 | 9 | 8 | 8 | |
| | | 3 | 13 | 12 | 12 | 12 | |
| | | 4 | 15 | 15 | 15 | 14 | |
| | 1.0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | | | | |

^a Los niveles de precisión son comparados para la selección tipo II a un $k_s = 4$; la correlación entre clases (ICC) fué también de h^2 o $2 \times h^2$ para facilidad de cálculos.

6.2 EVALUACION REPRODUCTIVA

6.2.1 EFICIENCIA REPRODUCTIVA

En esta investigación, correspondiente al primer trabajo; las tasas de preñez de embriones frescos y congelados transferidos durante 1990-1992 fueron las siguientes: Las donadoras y receptoras utilizadas eran de varias razas y partos, siendo para éstas últimas sincronizados sus celos con el de las donadoras para así estar en condiciones de recibir un embrión correspondiente al día de colección de las donadoras.

Los datos utilizados provienen de las transferencias realizadas por 2 técnicos especializados durante 1990-1992. Se destaca que se obtuvieron 1926 embriones de 275 donadoras, lo que representa un promedio de 7.0 por cada una. Embriones frescos transferibles o congelables, se obtuvieron 1829 representando un 94.96 % del total resultando 6.65 embriones por donadora.

Embriones frescos y/o descongelados transferidos fueron de 1678, representando un 87.12 % del total, y 6.12 embriones por donadora.

Con respecto al número total de preñeces obtenidas producto de estos años de trabajo, fueron 511, representando una tasa de preñez de 30.45 %. Por consiguiente esto indica que se requiere de un promedio de 3.28 embriones viables por receptora preñada. (Tabla 7).

TABLA 7. DATOS GENERALES. EMBRIONES FRESCOS Y CONGELADOS OBTENIDOS DE 275 DONADORAS

| Variables | Embriones | Porcentaje(%) | Promedio. |
|-------------------------|------------------------|----------------------|------------------|
| EFR/D ^a | 1926 | 100 | 7.0 |
| EFToC/D ^b | 1829 | 94.96 | 6.65 |
| EFToD/D ^c | 1678 | 87.12 | 6.12 |
| NTHP^d | 511^d | 30.45 | 3.28 |

Datos tomados de diferentes ranchos particulares 1990-1992

^a Embriones Frescos Recuperados por Donadora.

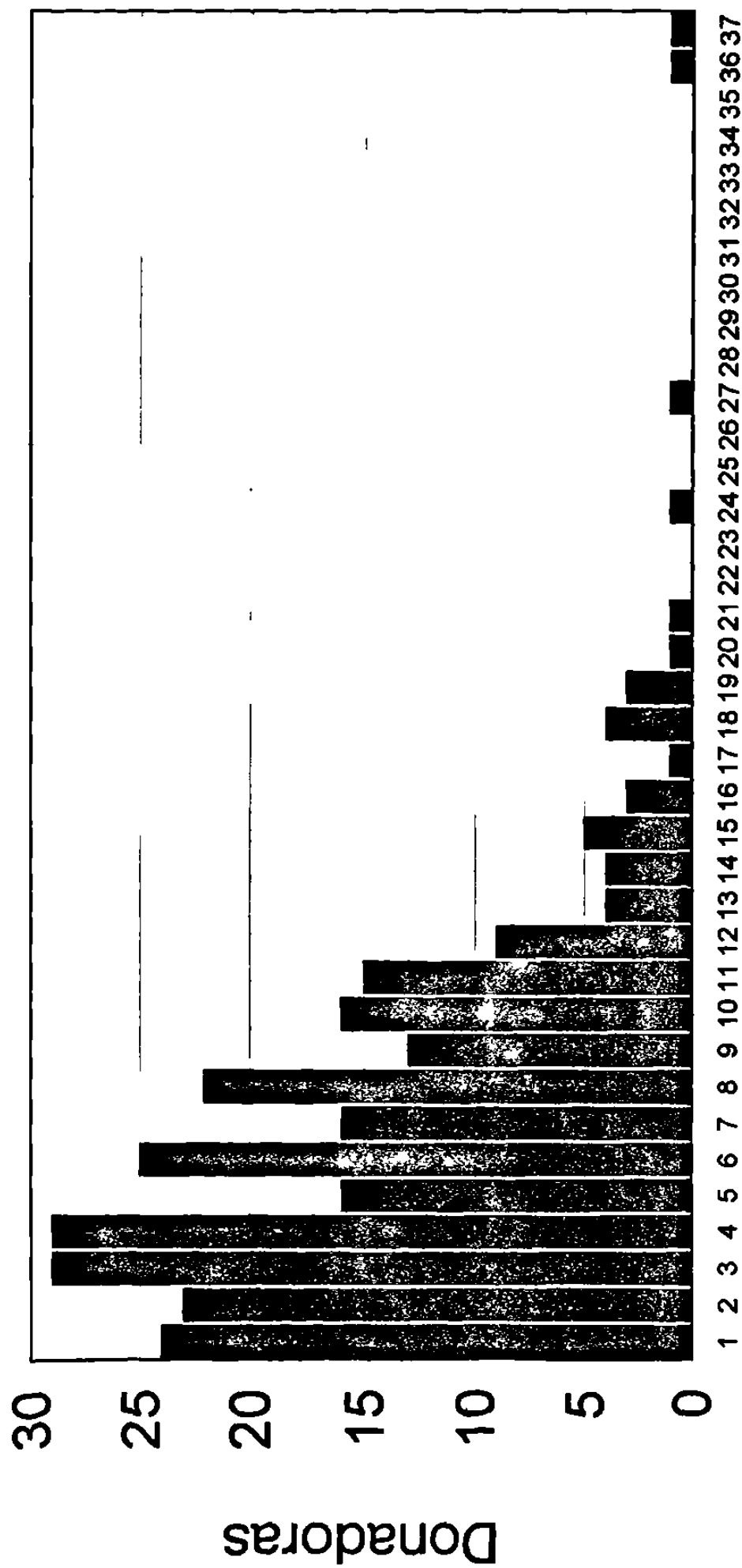
^b Embriones Frescos Transferibles o Congelables por Donadora.

^c Embriones Frescos Transferidos o Congelados-descongelables por Donadora.

^d Número Total de Hembras Preñadas.

Ver gráficas 1 y 2 ; histograma de frecuencias de las variables (a y b) antes mencionadas.

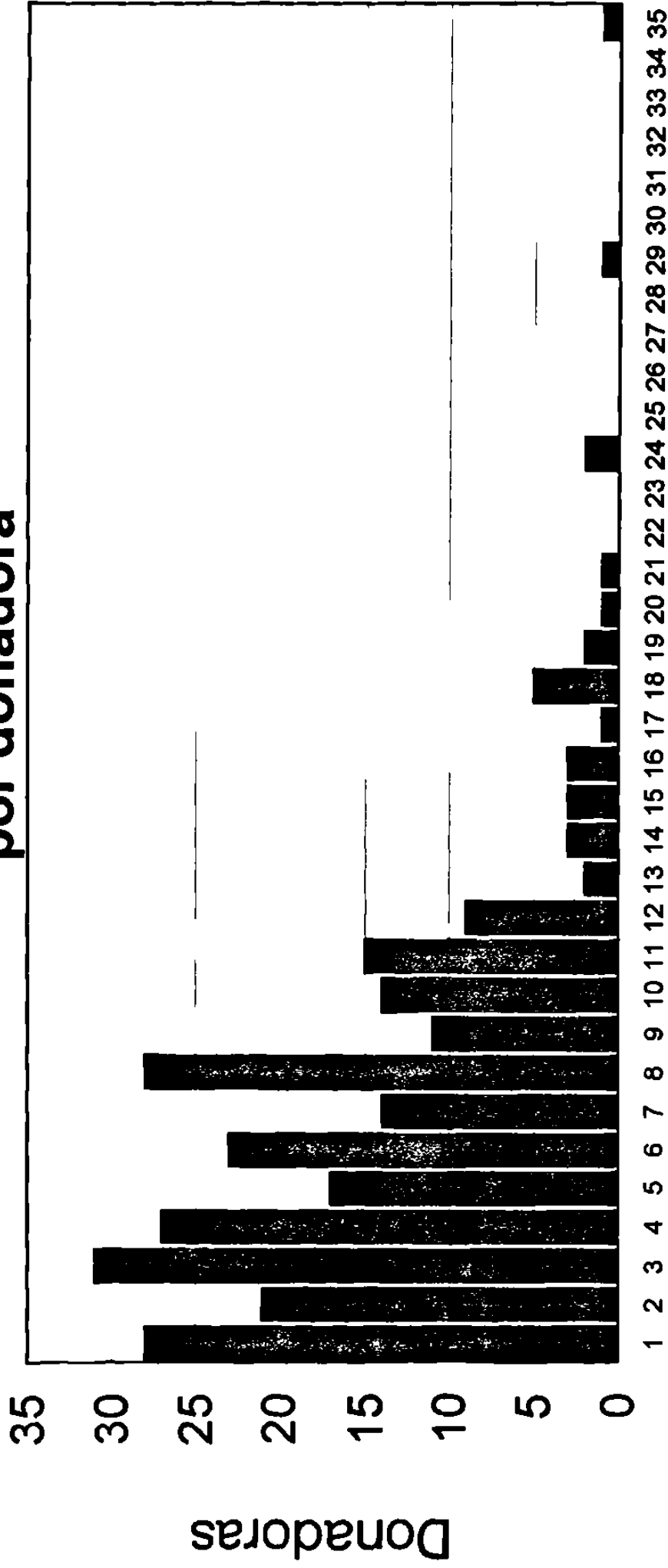
Gráfica 1. Embriones recuperados por donadora



No. de embriones

Datos de diferentes ranchos. n = 275 donadoras. 1990 - 1992

Gráfica 2. Embriones transferibles o congelables por donadora



Embriones transferibles o congelables

Datos de diferentes ranchos. n = 275 donadoras. 1990 - 1992.

6.3 TRANSFERENCIAS DE EMBRIONES EN RECEPTORAS Y SUPEROVULACION EN DONADORAS EXTERNAS DEL C.P.A.

6.3.1 TRANSFERENCIAS DE EMBRIONES

La tasa de preñez global con embriones transferidos en ésta segunda evaluación, realizada en el centro de producción agropecuaria (C.P.A) de la UANL en linares, N.L. durante 1989-1992, fué evaluada en base a las transferencias realizadas por 3 técnicos (tanto para embriones frescos y congelados-descongelados) en diferentes ranchos asesorados por el C.P.A.

Los resultados fueron basados en el diagnostico de preñez (por medio de palpación rectal y ultrasonido), en un rango de tiempo de 45 días a 3 meses después de la transferencia. Las donadoras y las receptoras fueron de varias razas y partos. Fueron sincronizados los celos de las receptoras con los de las donadoras, para estar en condiciones de recibir un embrión fresco entre los días 6 a 8 después de presentar un celo normal.

En general la transferencia de embriones frescos y congelados-descongelados en esta segunda evaluación, la eficiencia reproductiva en receptoras externas de 1989-1992, indica que de 1065 receptoras transferidas, con una condición física promedio de 5.0 se preñaron 499 representando una tasa de preñez de (46.85 %); (Tabla 8).

TABLA 8. RESUMEN GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES (T.E y F.E) EN RECEPTORAS EXTERNAS* DE 1989-1992.

| AÑOS | No. de Receptoras | Condic. Física | Gestantes (%) |
|--------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1989 | 270 | 5.5 | 119 (44.07) |
| 1990 | 374 | 5.2 | 175 (46.79) |
| 1991 | 360 | 5.0 | 168 (46.66) |
| 1992 | 61 | 4.9 | 37 (60.65) |
| TOTAL | 1065 | 5.1 | 499 (46.85 %) |

*Trabajos de asesorías externas del C.P.A.

6.4 RESULTADOS DE SUPEROVULACION

En la segunda evaluación, el resumen general de lavados en donadoras externas y del C.P.A. durante 1989-1995, se muestra en la Tabla 9, que de un total de 211 donadoras lavadas (método no quirúrgico) se recuperaron en total 1847 embriones, obteniendo un promedio de 8.75 embriones por donadora.

De un total de 723 embriones congelables representando el 39.14 % del total de embriones recuperados, un promedio de 3.42 embriones resultaron por donadora.

De un total de 922 embriones transferibles que representan el 49.91 %, resultaron un promedio de 4.36 embriones por donadora.

De un total de 320 embriones infértiles que representan el 17.32 %, del total recuperado resultó un promedio de 1.51 embriones por donadora.

De un total de 397 embriones degenerados que representan el 21.41 % del total recuperado, fué un promedio de 1.81 embriones por donadora.

Y dieron un total de 298 preñeces que representan un 32.3 %, con un promedio de 1.41 preñeces por donadora.

NOTA: Solo en muy pocos casos se especificó el tipo y calidad del embrión colectado, y no se relacionó con el reporte de preñez.

TABLA 9. RESUMEN GENERAL DE LAVADOS EN DONADORAS EXTERNAS* (1989-1992) Y DONADORAS DEL C.P.A (1994-1995).

| Año | No.Don | E. Rec. | E. Cbles | E. Tbles | E. Infer | E. Dege | Gest(%) |
|------------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1989 | 30 | 214 | 12 | 96 | 25 | 46 | 38 (39.5) |
| 1990 | 69 | 500 | 110 | 161 | 123 | 78 | 60 (37.2) |
| 1991 | 32 | 221 | 5 | 94 | 39 | 81 | 15 (15.9) |
| 1992 | 20 | 278 | 155 | 155 | 60 | 63 | 62 (40.0) |
| 1994 | 19 | 232 | 168 | 168 | 30 | 34 | 67 (39.8) |
| 1995 | 41 | 402 | 273 | 248 | 43 | 95 | 56 (22.5) |
| Total | 211 | 1847 | 723 | 922 | 320 | 397 | 298 |
| Porcent. (%) | | — | 39.14 | 49.91 | 17.32 | 21.49 | 32.3(%) |
| Promed. / donad | | 8.75 | 3.42 | 4.36 | 1.51 | 1.88 | 1.41 |

*Trabajos de asesorías externas del C.P.A.

En promedio, las donadoras en todos los programas de T.E. fueron superovuladas de 2 a 3 veces por año y 5 o más veces, hasta no obtener buena respuesta en donadoras con algún problema, las cuales se desecharon.

6.5 RESULTADOS CON EMBRIONES FRESCOS

6.5.1 EN LA PRIMERA EVALUACION

De un total de 100 donadoras, se colectaron por el método no quirúrgico 732 embriones, obteniendo un promedio de 7.32 por cada una. Embriones transferibles o congelables se obtuvieron 637, representando el 87.02 % y un promedio de 6.3 embriones por donadora.

Embriones transferidos por donadora, fueron 507, representando un 69.26 % del total inicial y un promedio de 5.0 embriones por donadora.

El numero de hembras preñadas obtenido de estas transferencias fue de 124, (24.45 %). Esto indica que se requirió un promedio de 4.0 embriones por receptora preñada. (Tabla 10).

TABLA 10. EMBRIONES FRESCOS COLECTADOS DE 100 DONADORAS

| Variables | No. Embriones | Porcentaje (%) | Promedio |
|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| EFR/D | 732 | 100 | 7.3 |
| EFTC/D | 637 | 87.02 | 6.3 |
| EFT/D | 507 | 69.26 | 5.0 |
| NTHP | 124 | 24.45 % | 4.0 |

Datos tomados de diferentes ranchos particulares, 1990 - 1992.

6.5.2 SEGUNDA EVALUACION

De 1989 a 1992, fueron transferidos un total de 830 embriones frescos a igual numero de receptoras, con una condición física promedio de 5.3 y obteniendo 395 preñeces lo que resulta en una tasa de preñez de 47.59 %. (Tabla 11).

TABLA 11. RESUMEN DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES FRESCOS (T.E) EN RECEPTORAS EXTERNAS* DE 1989-1992.

| Año | No. de Receptoras | Condición Física | Gestaciones (%) |
|--------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1989 | 270 | 5.57 | 119 (44.07) |
| 1990 | 326 | 5.32 | 151 (46.31) |
| 1991 | 184 | 5.14 | 91 (49.45) |
| 1992 | 50 | 5.33 | 34 (68.0) |
| Total | 830 | 5.3 | 395 (47.59 %) |

*Trabajos de asesorías externas C.P.A.

6.6 EMBRIONES CONGELADOS

6.6.1 PRIMERA EVALUACION

De un total de 175 donadoras, se colectaron 1194 embriones, los cuales resultaron en un promedio de 6.82 por cada una.

Las anteriores rindieron un total de 1192 embriones frescos transferibles o congelables que representan un 99.83 % y un promedio de 6.81 por donadora.

Del total anterior 1176 embriones fueron congelados-descongelados y transferidos a igual número de receptoras, que representan el 98.49 % con un promedio de 6.7 embriones por donadora.

El número total de hembras preñadas, fue de 387 las que representaron un 32.90 %, lo que representó un promedio de 3.0 embriones por preñez. (Tabla 12)

TABLA 12. EMBRIONES CONGELADOS COLECTADOS DE 175 DONADORAS

| Variables | No. Embriones | Porcentaje (%) | Promedio |
|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| EFR/D | 1194 | 100 | 6.8 |
| EFTC/D | 1192 | 99.83 | 6.8 |
| ETC-D/D | 1176 | 98.49 | 6.7 |
| NTHP | 387 | 32.9 | 3.0 |

Datos tomados de diferentes ranchos particulares, 1990 - 1992.

6.6.2 SEGUNDA EVALUACION

La tasa de preñez para un total de 235 receptoras con una condición física promedio de 4.8 a las que se les transfirieron igual número de embriones congelados-descongelados durante 1990-1992, fué de 44.25 % o sea 104 preñadas (Tabla 13).

Nota: En la mayoría de las transferencias no se especificó el grado de desarrollo y calidad de los embriones que produjeron las preñeces.

TABLA 13. RESUMEN DE TRANSFERENCIA DE EMBRIONES CONGELADOS (F.E) EN RECEPTORAS EXTERNAS* DE 1990-1992.

| Año | No. de Receptoras | Condición Física | Gestaciones (%) |
|--------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1990 | 48 | 5.0 | 24 (50.0) |
| 1991 | 176 | 4.9 | 77 (43.7) |
| 1992 | 11 | 4.6 | 3 (27.2) |
| Total | 235 | 4.8 | 104 (44.25 %) |

*Trabajos de asesorías externas del C.P.A.

6.7 TASAS DE REPRODUCCION SEGUN TIPO DE SERVICIO UTILIZADO, FACILIDAD DE PARTO Y SOBREVIVENCIA DE CRIAS EN EL C.P.A. DE 1985-1995

En 1985, de 107 partos (50 hembras (f) y 57 machos (m)) según el tipo de servicio se obtuvieron 102 partos (95.33 %) producto de I.A. y 5 (4.67 %) de M.D. Respecto a la facilidad de parto 31, (29.29 %) fueron no asistidos (normales), 55 (51.52 %) de tracción fácil y 21 (19.19 %) de tracción forzada.

En 1986, de 97 partos (crías 47 f y 50 m) según el tipo de servicio, 22 (22.68 %) fueron de M.D. y 75 (77.32 %) fueron producto de I.A. La facilidad de parto, 37 (37.50 %) partos no asistidos, 12 (12.5 %) de tracción fácil, 12 (12.5 %) de tracción forzada, 12 (12.5 %) de cesárea, 12 (12.5 %) de presentación anormal y 12 (12.5 %) de muerte al nacer.

En 1987, de 124 partos (crías 64 f y 60 m); según el tipo de servicio se obtuvieron: 107 (86.29 %) por I.A. y 17 (13.71 %) producto de M.D. La facilidad de parto, 47 (38.24 %) fueron no asistidos, 36 (29.41 %) de tracción fácil, 11 (8.82 %) de tracción forzada, 7 (5.88 %) de Cesárea, 7 (5.88 %) de muerte al nacer y 15 (11.76 %) de inducidos o prematuros.

En 1988, de 126 partos (crias 57 f y 69 m) según el tipo de servicio recibido, 103 (81.75 %) fueron de I.A. y 23 (18.25 %) de M.D. La facilidad de parto fue: 60 (47.83 %) no asistidos, 49 (39.13 %) de tracción fácil, 11 (8.70 %) de presentación anormal, 6 (4.30 %) de muertos al nacer.

En 1989, de 163 partos (crias 94 f y 69 m) 99 (60.74 %) fueron de I.A., 36 (22.09 %) de F.E.(embrión congelado), 21 (12.88 %) de M.D. y 7 (4.29 %) de T.E.(embrión fresco). La facilidad de parto, 110 (67.31 %) fueron no asistidos, 25 (15.38 %) de tracción fácil, 22 (13.46 %) de tracción forzada y 6 (3.85 %) de cesárea. La sobrevivencia fue de: 146 (89.57 %) crias vivas y 17 (10.43 %) crias muertas.

En 1990, de 112 partos, (crias 57 f y 55 m), 61 (54.46 %) fueron de I.A., 26 (23.21 %) de M.D., 11 (9.82 %) de E.T (fresco) y 14 (12.50 %) de F.E. (congelado). La facilidad de parto fue: 76 (85.12 %) fueron no asistidos, 15 (16.80 %) de tracción fácil, 8 (8.96 %) de tracción forzada, 7 (7.84 %) presentación anormal, 2 (2.24 %) de muertes al nacer y 4 (4.48 %) de inducidos o prematuros.

En 1991, de 103 partos, 70 (68.0 %) fueron producto de I.A., 15 (14.6 %) de M.D., 9 (8.7 %) de T.E. y 9 (8.7 %) de F.E. La facilidad de parto fue de 83 (80.58 %) para no asistidos y 20 (19.41 %) para partos asistidos. La viabilidad de las crías fué de 105 (100 %) y hubo 101 partos simples y 2 partos dobles.

En 1992, de 182 partos, 117 (64.28 %) fueron producto de I.A., 28 (15.30 %) de M.D., 23 (12.63 %) de T.E. y 14 (7.69 %) de F.E. La sobrevivencia fué de 169 (84.41 %) crías vivas y 20 (10.58 %) crías muertas; 175 partos dobles y 7 partos simples.

En 1993, de 175 partos, 119 (68.0 %) fueron producto de I.A., 52 (29.71 %) de M.D., 3 (5.25 %) de T.E. y 1 (1.57 %) de F.E. La sobrevivencia de 159 (87.84 %) crías vivas y 22 (12.15 %) crías muertas; 169 partos simples y 6 dobles.

En 1994, de 151 partos, 92 (60.92 %) fueron producto de I.A., 57 (37.74 %) de M.D. y 2 (1.32 %) de F.E. La sobrevivencia fue de 141 (90.38 %) crías vivas y 15 (9.61 %) crías muertas; 146 partos simples y 5 partos dobles.

En 1995, de 154 partos, 97 (62.98 %) fueron producto de I.A., 54 (35.06 %) de M.D. y 3 (1.94 %) de T.E. (frescos). La sobrevivencia fué de 160 (91.95 %) crías vivas y 14 (8.04 %) crías muertas.

En la tabla 14, se muestran las tasas de reproducción según los diferentes métodos reproductivos empleados en el C.P.A durante 1985-1995.

NOTA: ver gráfica No. 3 y Tabla 14

Gráfica No. 3 Partos de 1985 a 1995

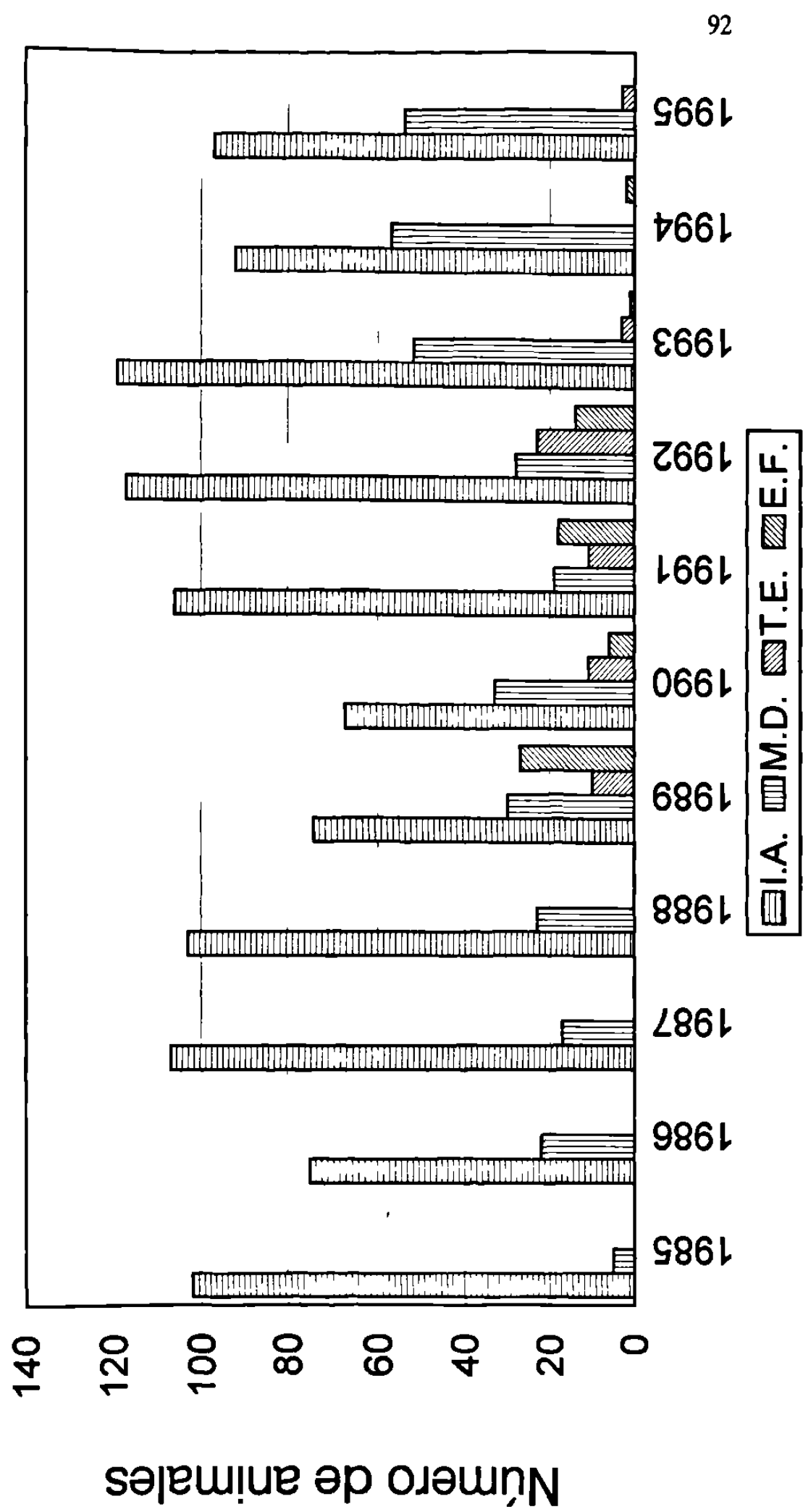


TABLA 14. TASA DE REPRODUCCION DE LOS PRINCIPALES METODOS REPRODUCTIVOS USADOS EN EL C.P.A. DE 1985-1995.

| Años | Partos | I.A. | % | M.D. | % | T.E. | % | F.E. | % |
|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1985 | 107 | 102 | 95.30 | 5 | 4.67 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1986 | 97 | 75 | 77.30 | 22 | 22.68 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1987 | 124 | 107 | 86.29 | 17 | 13.71 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1988 | 126 | 103 | 81.75 | 23 | 18.25 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1989 | 163 | 99 | 60.74 | 21 | 12.88 | 7 | 4.29 | 36 | 22.09 |
| 1990 | 112 | 61 | 54.46 | 26 | 23.21 | 11 | 9.82 | 14 | 12.50 |
| 1991 | 103 | 70 | 68.00 | 15 | 14.60 | 9 | 8.70 | 9 | 8.70 |
| 1992 | 182 | 117 | 64.28 | 28 | 15.30 | 23 | 12.63 | 14 | 7.69 |
| 1993 | 175 | 119 | 60.00 | 52 | 29.71 | 3 | 5.25 | 1 | 1.57 |
| 1994 | 151 | 92 | 60.92 | 57 | 37.74 | 0 | 0 | 2 | 1.32 |
| 1995 | 154 | 97 | 62.98 | 54 | 35.06 | 3 | 1.94 | 0 | 0 |
| Total | 1494 | 1042 | 69.74 | 320 | 21.41 | 56 | 3.74 | 76 | 5.08 |

T.E. = Transferencia de Embriones (frescos).

F.E. = Transferencia de Embriones (congelados-descongelados).

6.8 EVALUACION ECONOMICA DE LA TRANSFERENCIA DE EMBRIONES FRESCOS Y CONGELADOS EN EL C.P.A. "UNIDAD LINARES"

Los actuales avances tecnológicos en la transferencia de embriones tiene obvios beneficios genéticos y económicos, aunque involucran costos adicionales según la manipulación, division y sexado de embriones.

En la presente investigación solo se hizo el análisis económico para la transferencia de embriones sola.

El análisis involucró básicamente el costo del material utilizado y el servicio técnico, con la finalidad de conocer el costo aproximado de un embrión. Todas las cotizaciones son en dólares Estadounidenses.

Para la transferencia de **embriones congelados**, por concepto de los materiales fueron \$229.33 dls. y del servicio técnico \$343.50 dls. Los conceptos anteriores incluyen superovulación de donadoras, sincronización de receptoras, inseminación de donadoras, lavado de donadoras, preservación de embriones, congelación, descongelación y transferencia de embriones, resultando un costo de **\$572.83 dls.** entre 5 embriones promedio por donadora resultando en **\$114.56 dls.** por embrión hasta su transferencia (Tabla 15).

TABLA 15. EMBRIONES CONGELADOS

| CONCEPTO | DOLARES |
|--------------------------|------------------|
| COSTO DEL MATERIAL | \$ 229.33 |
| SERVICIO TECNICO | \$ 343.50 |
| COSTO POR DONADORA | \$ 572.83/5 |
| EMBRION CONGELADO | \$ 114.56 |

Para la transferencia de **embriones frescos**, por concepto de los materiales el costo fue de \$216.25 dls. y del servicio técnico \$320.00 dls. resultando en total **\$536.25 dls.** por donadora este se incluyen los mismos pasos que en el anterior; solo se anulan los costos por concepto de congelación-descongelación y el servicio técnico, (Tabla 16).

TABLA 16. EMBRIONES FRESCOS

| CONCEPTO | DOLARES |
|-----------------------|------------------|
| COSTO DEL MATERIAL | \$ 216.25 |
| SERVICIO TECNICO | \$ 320.00 |
| COSTO POR DONADORA | \$ 536.25 |
| EMBRION FRESCO | \$ 107.25 |

6.9 COSTO DE UNA CRIA POR MEDIO DE INSEMINACION ARTIFICIAL EN EL C.P.A.

El análisis de costos de una cría por medio de I.A. incluye tres puntos:

1).-El costo del semen, en el que se toma en cuenta el número de unidades utilizadas y el numero de servicios por concepción, el cual fue igual a 1, y el precio por unidad más el material empleado en el programa de I.A., para el que fue de \$20.45 dls.

2).-El costo del trabajo, principalmente en la detección de calores por 8 hrs., el cual se pagó a \$3.20 dls. por hora, resultando en un promedio por vaca de \$0.5 dls. (asumiendo 50 hembras por 1 empleado).

3).-Los costos adicionales, tales como las drogas para sincronizar calores, los costos del Nitrógeno líquido y el servicio técnico suman un total de \$15.3 dls.

La suma de los tres conceptos resulta en un costo de \$36.25 cada una de las crías producto de inseminación artificial (Tabla 17).

**TABLA 17. ANALISIS DE COSTOS DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL*
EN C.P.A "UNIDAD LINARES" UANL**

| COSTO DEL SEMEN | UNIDADES Y DOLARES |
|--|------------------------------|
| No. de unidades de semen | <u>1</u> |
| Precio por unidad + material | <u>20.45</u> |
| Subtotal | <u>20.45</u> |
| COSTOS DE TRABAJO | |
| No. de personas | <u>1</u> |
| Horas de detección de celos | <u>8</u> |
| Total de horas <u>8</u> | |
| @ \$ <u>3.20/hr.</u> = 25 dls. /50 hembras prom. | <u>0.5</u> |
| COSTOS ADICIONALES | |
| Nitrógeno líquido | <u>0.3</u> |
| Medicamentos para sincronizar celos | <u>10.00</u> |
| Servicio técnico (MO-IA, Sincronización.) | <u>5</u> |
| GRAN TOTAL | \$ 36.25 por servicio |

* El costo de este método reproductivo varía en tanto varíe el precio del semen utilizado.

6.10 COSTOS DE UN BECERRO POR MONTA DIRECTA EN EL C.P.A.

El costo por becerro producido con servicio natural (M.D) en el CPA se estimo incluyendo los siguientes conceptos:

Precio del toro promedio, \$1500.00 dls., menos el ingreso por el concepto de su venta, \$450.00 dls., lo que genera un costo neto del toro de \$1050.00 dls.

Además el concepto de mantenimiento del toro por tres años, \$720.00 dls., más los intereses del precio de compra (10 % por 3 años) \$450.00 dls., mas el concepto de riesgos un (10 %) \$150.00 dls. Sumando esta manera el costo real del toro es de \$2370.00 dls. Asumiendo una relación de macho:hembra de 1:25 por año y asumiendo un total del 100 % en preñeces (75 becerros por 3 años) el cual resulta en un costo por becerro de \$31.60 dls. (Tabla 18).

NOTA: El costo por becerro está en relación al precio de compra del toro y la tasa de interés aplicada al precio de compra.

TABLA 18. ANALISIS DEL COSTO POR BECERRO PRODUCIDO POR MONTA DIRECTA, EN EL C.P.A. "UNIDAD LINARES" UANL.

| CONCEPTOS | OPCION "A" | OPCION "B" |
|---|-------------------|-------------------|
| Precios de toros promedio | 1500 dls. | 2500 dls. |
| Rescate por venta | 450 | 450 |
| Costo neto del toro | 1050 | 2050 |
| Mantenim. del toro* (3 años) | 720 | 720 |
| Interes del precio de compra (10 % por 3 años) | 450 | 600 |
| Riesgos (10 %) | 150 | 250 |
| Costo real del toro | 2370 | 3620 |
| Costo por becerro | 31.60 dls. | 48.26 dls. |
| Rel. 1:25 (75 bec. en 3 años) | | |

*El mantenimiento es basado sobre el ingreso esperado de la producción de carne de 1.5 vacas que pueden ocupar el lugar de un toro.

6.10.1 EVALUACION ECONOMICA EN BASE AL VALOR NETO ACTUAL (NPV)

El valor neto actual de los métodos reproductivos con y sin mejoramiento genético para los eventos reproductivos fueron los siguientes:

Para el método MOET, el NPV fué de \$403.52 dls. por cría por año, con una tasa de retorno del 10 %. El cual es positivo, lo que demuestra que éste

método es económicamente viable es decir sus beneficios son mayores que sus costos en los aspectos reproductivos al nacimiento, sin considerar su producción.

En el método por I.A., el NPV fué de \$163.75 dls. por cría por año, con una tasa de retorno del 10 %, haciéndolo económicamente viable.

Por concepto de monta directa (M.D) el NPV fué \$153.09 dls. por cría anual con una tasa de retorno del 10 %, el cual también es económicamente viable.

Nota: ejemplos, ver apéndice B.

7. DISCUSION

7.1.1 EVALUACION GENETICA

La reproducción convencional muestra que la selección individual seguida de pruebas de descendencia (tipo III) tuvieron una respuesta anual de 54 % mejor que la selección individual (tipo I), en una relación de apareamientos de 1:100. Con una relación de apareamientos extrema de 1:100 la selección del tipo III fué 28 % mejor que la selección del tipo II.

Para una relación de apareamientos de 1:50 y una heredabilidad de 0.3, la selección del tipo III fué de un 22 % mejor que la del tipo I y II con solo un 9 %. Estos resultados son inferiores a los reportados por Morris, *et al.*, (1980) citados por (Gearherat, *et al.*, 1989), encontraron que un estándar de selección de machos es basada primero en su desempeño y después sobre pruebas de descendencia, mostrando así ser de 26 a 28 % mejor que aquellos por selección individual en términos de un progreso genético anual para una heredabilidad del 0.3 y con una prueba de descendencia fuera de su hato.

Aún cuando las tecnologías aquí discutidas, siguen siendo costosas, difíciles y poco difundidas, una tasa de ganancia genética anual en el ganado

bovino de carne puede ser lograda por medio del establecimiento de Unidades Núcleo (NU) élite o altamente seleccionadas en las que se trabajara bajo el método reproductivo MOET, igualmente seleccionando machos y hembras probados por su mérito individual, sus contemporáneos, su descendencia y su árbol genealógico. En la práctica la NU están abiertas a otros hatos de ganado élite.

El establecimiento de NU podría dar una ganancia genética de 3.4 años (un intervalo de generación) de respuesta anual. La respuesta dependerá de la intensidad de selección aplicada a los machos y hembras inicialmente escogidos y sobre la heredabilidad de las características seleccionadas; incluso a tasas moderadas de MOET en combinación de la división de embriones, resultarán en una mayor tasa de cambio genético (Nicholas y Smith, 1983).

La endogamia es uno de los problemas a que se enfrentan las poblaciones pequeñas por el método MOET. Por ejemplo la tasa anual de endogamia estimada para una NU a una tasa moderada de MOET $k_s = 4$ y una relación de apareamiento de 1:2, asumiendo que el número de hembras fué cerca de 0.004. Este nivel de endogamia puede ser tolerable, debido a que la respuesta anual para una heredabilidad de 0.3 sería cerca de 0.143 para la selección del tipo III. Si el

número de hembras fuera de 400, la tasa de endogamia se reduce a 0.002 o a solamente 0.06 después de 30 años de selección.

La división de embriones o clonación para obtener genotipos idénticos en el ganado bovino se han logrado con éxito. El incluir información sobre la división de embriones es de gran beneficio ya que permite un aumento en la precisión de la selección y con ello la respuesta genética es mayor. Sin embargo, en la práctica, las ventajas potenciales se reducen por la tasa de sobrevivencia de 50 % y de estos solo el 25 % resultan en preñez para ser evaluados (Nicholas y Smith, 1983). Además, con las técnicas de sexado de embriones con una precisión del 95 % puede ayudar incrementando la respuesta genética con el uso de pocas vacas receptoras (Willett, *et al.*, 1994).

7.1.2 EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y ECONOMICA

Los resultados obtenidos en la Primera evaluación 1990-1992 y en Segunda evaluación 1985-1995, muestran que la tasa global de preñez por transferencia de embriones frescos y congelados fué en promedio 30.45 y 32.30 % respectivamente.

El resultado de preñeces por embriones congelados en la primera y segunda evaluación fué de 32.90 y 44.25 % respectivamente, en las que no se especifica el método de congelación-descongelación y con un costo por embrión de aproximadamente \$150-250 dls., debido a que la mayoría fueron embriones de importación.

Respecto a la tasa de preñez por concepto de la Transferencia de Embriones frescos para la primera y segunda evaluación fué del 24.45 y 47.59 % respectivamente, ello debido posiblemente en una parte al número de embriones frescos recuperados aptos para ser transferidos y a que los destinados para esta actividad tienen un período corto de viabilidad de recolectados hasta el momento de ser transferidos.

Para la segunda evaluación en 1995 el costo por embrión es de \$107.25-114.56 dls. para frescos y congelados respectivamente, los cuales están mas bajos a lo reportado por Seidel y Elsdén, (1989) de \$839.0 dls., para ganado lechero. Según el reporte de Willett, *et al.*, (1994), es de \$1,971.49 dls. por embrión en ganado lechero.

Todos los resultados antes citados están dentro del promedio, comparados con los obtenidos en un laboratorio central de la Ciudad de México. (Embriones Frescos 30.4 % y Embriones congelados 17.7 %) y con un costo por embrión de \$ 35.00 dls. (Elsden, 1989), siendo este último diferente al estimado en este estudio porque fue un costo subsidiado por el gobierno.

Pero respecto a los citados por otros autores para estos años y bajo otras condiciones ambientales se reportan resultados en promedio de 60 y 75 % de preñeces para embriones congelados y frescos respectivamente y con un costo de \$ 250.00 dls. por embrión, para que sea económicamente viable (Elsden y Seidel, 1986).

Actualmente, varios investigadores y centros de transferencia de embriones han trabajado sobre los métodos de congelación-descongelación de embriones, el de 4 pasos con Glicerol y el de un solo paso o descongelado directo con Ethylen Glycol, obteniendo buenos resultados (54.47 % y 55.22 % de preñez respectivamente), (Aarts, *et al.*, 1994). En la presente investigación se congelaron la mayoría de los embriones con Glycerol al 10 % y descongelados en cuatro pasos y muy pocos congelados con Ethylene Glycol y descongelados en un solo paso o su transferencia directa.

Con respecto a la evaluación realizada en el Centro de Producción Agropecuaria de 1985-1995, De un total de 1494 partos, por diferentes métodos reproductivos, se obtuvieron de Inseminación Artificial (I.A) 1042 partos (69.74 %) y con promedio de 1.2-1.5 servicios por concepción. Con 75-85 % de preñeces totales y con 45-55 % de preñeces a primer servicio, es una de las actividades, más ampliamente desarrolladas por el C.P.A.

El costo por Inseminación Artificial, es variable dependiendo del costo del semen. Comercialmente el costo estimado fué de \$36.25 dls., el cual esta dentro del margen reportado de \$30-50 dls. (Seidel y Elsdén, 1989).

Respecto a los partos obtenidos por concepto de Monta Directa (M.D), de un total de 1494 se obtuvieron 320 con 1-2 servicios por concepción, lo que representó un 21.41 % de la participación de este método en la eficiencia reproductiva.

El costo por Monta Directa de un buen semental, es tan variable como sea el precio del mismo, encontrando un costo por esta actividad de \$31.60 dls., considerando un precio promedio por toro de \$1500 dls.

Para el método reproductivo, de la Transferencia de Embriones (frescos y congelados), se encontró que solo participó con 132 partos con 1 servicio por concepción, producto de esta actividad la cual contribuyó con el 8.82 % de la eficiencia reproductiva global.

7.1.3 EVALUACION ECONOMICA

Respecto al NPV, todos los métodos reproductivos mostraron ser positivos, lo que les hace económicamente viables respecto al costo-beneficio, considerando los costos más usuales a nivel comercial. Los NPV estimaron el beneficio por concepto del uso de los diferentes métodos reproductivos (MOET, I.A y M.D.) de \$403.52, \$163.75, y \$153.09 dls. por cría al año respectivamente. Estos resultados mostraron viabilidad decreciente lo que coincide con la mayoría de los más recientes reportes.

En la práctica la continua importación de semen para I.A., embriones congelados, machos y hembras reproductores es económicamente viable cuando el precio de los mismos sea bajo y para los últimos además se considerará la relación ambiental entre países, estados y regiones, para posteriormente usarse en

la producción de semen, embriones o reproductores para cruza con ganado local (selección local) (Mpofu, *et al.*, 1993).

Una tasa de descuento alta (10 %) se utilizó para la evaluación. Esta tasa es más alta que el 5 % recomendada para los programas de reproducción, con la finalidad de considerar los riesgos de fracaso del programa que comúnmente son forzados (Mpofu, *et al.*, 1993). Debido a esto en el presente estudio solo se consideraron los beneficios de la cría al nacimiento.

8. CONCLUSIONES

Para lograr tasas mayores de ganancia genética anual, es necesario aplicar la zootécnia moderna, combinada con los métodos reproductivos más avanzados, dirigiendo la selección de características bioeconómicas y estructurando el mérito genético y reproductivo de la población animal. Primero están las unidades núcleo (NU) siendo el soporte genético inicial, reproduciéndolo por ovulación múltiple y transferencia de embrión (MOET). En segundo lugar están los hatos de reproductores (BH) (pie de cría) reproduciéndolos con I.A. o T.E. provenientes de NU y en tercer lugar los hatos comerciales (CH) (criollos y cruzas) reproduciéndolos con M.D., I.A. y T.E. provenientes de NU y hatos de pie de cría.

Un aspecto importante a considerar en el establecimiento de las (NU), es la responsabilidad para establecer y mantener las unidades. En la medida en que las Instituciones educativas, empresas privadas, particulares y el gobierno participen en el establecimiento de NU y adiestramiento de personas interesadas en el conocimiento de las técnicas de manipulación de embriones, será en la medida que se logre mayor difusión y avance genético en la ganadería nacional.

Al haber mayor cantidad de embriones y servicio técnico en el mercado, esto hará que el costo sea mas accesible al productor comercial, ya que el trabajar con NU no solo genera beneficios genéticos, reproductivos y económicos, sino también reconocimiento y prestigio para la institución, empresa o particular que sobresalga ante la competencia.

El uso de los diferentes métodos reproductivos en el Centro de Producción Agropecuaria, esta estructurado de la forma siguiente: aproximadamente el 70 % de los partos son producto de I.A., 20 % son de M.D. y 10 % son de T.E.

El mejor método reproductivo que presenta alternativas viables para promover la mejora genética y económica del ganado bovino productor de carne en la región es la Inseminación Artificial, para producir machos y hembras de reemplazo.

La Transferencia de Embriones, debe ser un método alternativo en programas de mejoramiento genético, asesorado por Instituciones donde se soporten los fuertes costos que esta actividad genera, involucrando al productor solo con el manejo de sus receptoras.

Es de gran importancia que los productores en condiciones de costear un programa de transferencia de embriones e inseminación artificial, no abandonen los principios básicos de la monta directa porque es la forma natural y objetiva de mantener los porcentajes de preñez en un hato y además siempre hay vacas que requieren de este servicio.

Es muy importante hacer programas de empadre que contemplen el número de días abiertos para poder emplear vaquillas de segundo parto en adelante en programas de transferencia de embriones, inseminación artificial y monta directa, como primero, segundo y tercer servicio respectivamente .

La baja tasa de preñez con la T.E., es uno de los muchos factores que hacen que la eficiencia reproductiva no se exprese favorablemente. Pero también es un indicador de que son muchos los factores (ambientales y del animal) que están afectando los resultados.

En todos los programas de reproducción es de suma importancia el registro de la mayor información útil, desde la condición corporal, calidad y grado de desarrollo del embrión utilizado hasta el método de congelación y descongelación utilizado.

Para que la T.E. pueda tener mas impacto genético y económico se necesita estar trabajando con las técnicas de división y sexado de embriones; ello es debido a que se obtienen pocos embriones transferibles de buena calidad y con la división permite duplicar, triplicar o cuadruplicar el numero de embriones originales y con ello el incremento de progenie idéntica. Aunado a ello el poder determinar el sexo de la progenie con una seguridad del 95 % hace que se incremente la intensidad y precisión de la selección de progenitores sobresalientes por medio de su progenie.

La continua importación de semen comercial puede seguir siendo la alternativa más viable siempre y cuando el mérito genético se encuentre arriba del promedio del hato local (probados por pruebas de descendencia) y que el precio sea moderado.

El valor neto actual NPV de todos los métodos reproductivos fué positivo el cual indica que sus costos de operación son económicamente viables en su aspecto genético-reproductivo, subestimando los beneficios genéticos en edad productiva y con beneficios económicos decrecientes para MOET, I.A y M.D. respectivamente.

9. BIBLIOGRAFIA

- A.B.S.: 1983. Artificial Insemination Management Manual. Third Edition. Deforest, Wisconsin, USA.
- Aarts, T., H Hurkmans, J., Klop., J. Rixtel, J Lieshout.: 1994. Direct Reydration of Embryos Using Ethylene Glycol as a Cryoprotectin agent. 10a. Reunion A.E.T.E. Lyon, Spain.
- Amir, P. and H. C. Knipscheer.: 1989. Conducting on-farm Animal Research: procedures & economic analysis. Singapor National Printers Ltd. Winrock International Institute for Agricultural Development. U.S.A. and International Development Research-Centre, Canada.
- Andrew, J., E.E. Sherrill, J.M. Grizze and T.H. Wisse.: 1993. Factors involved in regulating the development of ovarian follicles in cattle. Beef Research. Progress Report No. 4 University of Nebraska.
- Andrew, J.R. and E.E. Sherrill.: 1993. Superovulation of cow by initiating FSH treatment during the first few days after estus. Beef Research, Progress Report No. 4 University of Nebraska.
- Barr, L. H. 1974.: Symposium: managin reproduction in dairy herds. in: Influence of estrus detection on days open in dairy herds. J. Dairy Sci. 58: 2, 246-247.

- Broadbent, J.P., M. Stewart y F.D. Dolman.:1991. Recipient management and Embryo Transfer. *Theriogenology*. 35: 1, 125-139.
- Calderón, M. J., E. A. Velázquez., R. J Garza y M. J. Valencia.: 1980. Aspectos inmunológicos de la infertilidad en bovinos y su repercusión en la reproducción. *Vet. Méx.* 11: 63-70.
- Colunga, D. C. y G. A. Saldierna.: 1994. Los Costos de Calidad. Primera Edición.Ed. Panorama. México, D. F.
- Córdova, S.L.A. y E. Fraga.: Utilización de anticuerpos monoclonales contra la PMSG durante la superovulación de vacas cebú y de tipo europeo. *Vet. Méx.* 22: 1, 47-51.
- Curtis, L. J.: 1991. Cattle Embryo Transfer Procedure. Academic Press, Inc. San Diego California 92101.
- Del Bosque, S. A.: 1989. Simulation of Nuleus Breeding Schemes for Wool Production. A Thesis Submitted for the degree of Doctor of Philosophy, of the University of New England. Australia.
- Del Campo, R. M., F. Becerra, M. Gonzalez, D. B. Murphy and R. J. Mapleoft.: 1990. Superovulation whit three different comercial pituitari extracts in the cow. *Theriogenology*. 33: 1, 208.
- Dennis, B.H., y R.L. Sprott,. 1992.:Body condition, nutrition and reproduction of beef cow. Texas A & M. University System.

- Dennis, L.: 1982. Culling the comercial cow herd, Texas Agricultural Extension y Service. Colorado State University.
- Donaldson, E. L.: 1990. FSH-P Batch Vartiation. Theriogenology. 33: 1, 215.
- Elmore, G. R.: 1988. Diagnostic, with emphasis on reproduction and animal health. Biotechnology and its Nutritional Aplicatins (NFIA). Texas A & M University.
- Elsden, P. R. y E.G. Seidel.: 1986. Procedimientos para Recolección, División, Congelación y Transferncia de Embriones Bovinos. Boletin No. 2. Laboratorio de Reproducción Animal. Colorado State University. Colorado, U.S.A.
- Elsden, P.R.: 1989. Mexican glovement uses Embryo Transfer to increase production of national dairy herd. Theriogenology. 31: 1, 47-48.
- Falconer, D.S. 1986.: Intoduccion a la Genética Cuantitativa. Nueva Edición. Editorial C.E.C.S.A. México, D.F.
- Foote, H. R.: 1974. Symposium: managin reproduction in dairy herds. in: Estrus detection and estrus detection aids. J. Dairy Sci. 58: 2, 248-254.
- García, C.J.: 1992. Transferncia de Embriones en Cabras usando Naloxona como Ovulador; Memorias, IX Congreso Nacional Caprino, Monterrey, N.L.

- García, E.: 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México, D.F.
- Gibson, J.P.: 1993. Contributions of Animal Breeding to Global livestock Productivity. World Congress on Animal Production, Edmonton. Canada.
- Grearheart, W. C. Smith and G. Teepker,,: 1989. Múltiple ovulation and embryo manipulation in the improvement of beef cattle: relative theoretical rates of genetic change. *J. Anim. Sci.* 67: 2863-2871.
- Gearheart, W. D. Keller and C. Smith.: 1990. The use of elite nucleus units in beef cattle breeding; *J. Anim. Sci.* 68: 1229-1236.
- Hafez, E.: 1992. Reproducción Animal (5ª. Edición) Ed. Interamericana. México, D.F.
- Herman, A. H.: 1987. The Artificial Insemination and Embryo transfer of Dairy and Beef Cattle. Seventh edition. Printers & Publishers, Inc. University of Missouri U.S.A.
- Holmann, F., R. Blake, R. Milligan, R. Barker, P. Oltenacu and V. Hahn.: 1990. Economic returns from United States Artificial Insemination sires in holstein herds in Colombia, México and Venezuela; *J. Anim. Sci.* 73: 2179-2189.
- Hoyt, R.: 1994. Mejoramiento Genético del Ganado Lechero. *Agricultura de las Americas.* 43: 4, 34-37.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática): 1994. VII Censo Agropecuario 1991. Monterrey, N. L.

Lobus, H.: 1980. Bases Biológicas de la Reproducción Bovina. 2ª. Edición; Ed. Diana. México, D.F.

Marañón, H. S., H. L. García y E. D. Martínez.: 1993. Modelo Bioeconómico de un Proceso Pecuario. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D. F.

Mondragón, I. y A. Ulloa.: 1990. Evolución de la Ganadía Holstein Mexicana. Memoria del Seminario Internacional "Mejoramiento Genético de Bovinos Lecheros" (Aspectos Relevantes). Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.

Mpofu, N., C. Smith, V. Vuuren and B. Burnside.: 1993. Breeding strategies for genetic improvement of dairy cattle in Zimbabwe. Economic Evaluation. J. Dairy Sci. 76: 1173-1181.

Navarro, F. R. y C. Evertsz.: 1985. Índice para la evaluación de la eficiencia reproductiva de la transferencia de embriones. Vet. Méx. 16: 33-35.

Nicholas, W F. y C. Smith.: 1983. Increased Rates of genetic change in dairy cattle y embryo transfer and splitting. Anim. Prod. 36: 341-353.

Otter, T.: 1994. Pregnancy rate of Fresh and Frozen-Thawed Cattle Embryos. 10a. Reunion A.E.T.E. Lyon, Spain.

- Seidel, Jr.E.D. y R.P. Elsdén. 1989.: Embryo Transfer in Dairy Cattle. Hoards Dairyman. USA.
- Slanger, W. and R. Anbil.: 1987. A systems analysis approach for studying the effect of reproduction enhancing biotechnologies on the genetic improvement of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 665: 901-909.
- Smith, C.: 1986. Use of embryo transfer in genetic improvement of sheep. *Anim. Prod.* 42: 81-88.
- Sprott, R.L. 1992.: Body Fat in Beef Cow Affects Pregnancy Rates. Texas A & M University System.
- UTESA, 1982.: Unidad de Transferencia de Embriones. S.A., Memorias del curso sobre técnicas de Transferencias de Embriones en bovinos. Santa Maria Rayon. Estado de México.
- Van Horne, J.C.: 1988. Fundamentos de Administración Financiera. Sexta Edición. Ed. Prentice-Hall. México, D.F.
- Van Vlek, L. D. y N. R. Dominguez.: 1992. Evaluaciones Genéticas de Toros y Vacas Lecheras con el Modelo Animal. *Agrociencia serie Ciencia Animal.* 2: 1, 33-57.
- Weier, P.: 1994. Heat Detection. *Breeders Journal. ABS.* Spring. P. 14-15.

- Wenkoff, S. M.: 1987. The management of drug-induced manipulation of the estrous cycle in normal cows and heifers. *Can. Vet. J.* 28: 6, 366-372.
- West, A.: 1982. A Brief History of Embryo Transfer; in: Donaldson, L.E. (Ed) Embryo Transfer in cattle. Rio Vista International Inc. San Antonio Texas, U.S.A.
- Willett, G.S., R.H. Hinman y K.J. Hillers.: 1994. Analyzing the Economics of Alternative Dairy embryo Transfer Technology. Washington State University. Pullman, WA.
- Zarco, Q. L. A.: 1990. Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en bovinos lecheros. *Vet. Méx.* 21: 3, 235-240.

10. APENDICES

10.1 APENDICE "A"

La tasa de respuesta genética anual para la selección del tipo I y II fué calculada por la fórmula (1) propuesta por Falconer, (1986).

$$R = [((i_m + i_f) \times rIG \times h) / (L_m + L_f)] \times \sigma$$

$$R = [(1.01 + .16) \times .60 \times .30] / (4.5 + 2.93) \times .78$$

$$R = 1.0388 / 7.43 \times .78$$

$$R = 0.109053 \sigma$$

La tasa de respuesta genética anual para la selección del tipo III fué calculada por la siguiente fórmula (6), Falconer, (1986).

$$R = [(G_m + G_f) / (L_m + L_f)]$$

$$R = [(.78 + .048) / (4.5 + 2.93)]$$

$$R = 0.828 / 7.43$$

$$R = 0.1114401 \sigma$$

La proporción de hembras seleccionadas (Pf) fué determinada por el número de hembras de reemplazo (Rf) que se necesitan, (d^n) la probabilidad de sobrevivencia de las hembras seleccionadas y el número de hembras disponibles (Af) fué calculado por las siguientes fórmulas propuestas por Falconer, (1986).

$$Pf = Rf / Af$$

$$Rf = Nf / (1 + \sum d^n)$$

$$Af = (Nf / 2) \times S$$

$$Pf = 2 / (0.8 + 0.8 \times 0.9 + 0.8 \times 0.9) = 0.92$$

if = 0.16 intensidad de selección en hembras

El mérito genético anual pronosticado en las hembras (Gf) fué:

$$Gf = 0.16 \times 0.55 \times 0.55 \times \sigma = 0.048 \sigma \text{ para una heredabilidad de } 0.3.$$

El mérito genético del macho fué:

$$Gm = rIG \times h \times [im1 + im2 \times q] \times \sigma$$

$$Gm = 0.60 \times 0.30 \times 1.01 \times 1.09 \times 1.234 \times \sigma = 0.78 \sigma$$

El intervalo de generación de las hembras fué :

$$Lf = (.8 \times 2 + .8 \times .9 \times 3 + .8 \times .9 \times 4) / (.8 + .8 \times .9 + .8 \times .9)$$

$$Lf = 6.64 / 2.24$$

$$Lf = 2.93$$

El intervalo de generación para los machos fué de $Lm = 4.5$ años.

10.2 APENDICE "B"

El Valor Actual Neto (NPV) para el método MOET, con una tasa de retorno del 10 % anual fué calculado por la fórmula siguiente propuesta por Mpofu, *et al.*, (1993).

$$NPV = \sum_{t=1}^T \left[\frac{BG(t) - CG(t)}{(1 + d)^t} \right]$$

Bw = Beneficio con mejoramiento genético (15 embriones por donadoras por año por el costo de una cría al nacimiento \$500).

Bn = Beneficio sin mejoramiento genético \$50.

CG = Costos de producción de una cría por eventos reproductivos.

$$BG = \frac{Bw}{1 + d} - \frac{Bn}{1 + d} = \frac{(500 \times 15) - 50}{1 + d} = 6772.72$$

$$BG = \frac{Bw - CG}{1 + d} = \frac{(6772.72 - 114.56)}{1.10} = 6052.87$$

$$BG = \underline{\$6052.87 \text{ dls. anual}}$$

15 embriones

$$BG = \$403.52 \text{ dls. por cría al nacimiento.}$$

El NPV para la inseminación artificial (I.A). fué el siguiente:

$$\text{NPV} = \frac{(\$250 - \$50) - (\$36.25)}{1.10}$$

$$\text{NPV} = \frac{\$200 - \$36.25}{1.10}$$

NPV = \$163.75 dls por cría al nacimiento.

El NPV para la monta directa (M.D) fué:

$$\text{NPV} = \frac{(\$250 - \$50) - (\$31.60)}{1.10}$$

$$\text{NPV} = \frac{(\$200 - \$31.60)}{1.10}$$

NPV = \$153.09 dls. por cría al nacimiento

