

1-1-2006

Aplicación de la biotecnología de la aspiración folicular (OPU) y fecundación in vitro (FIV) como herramienta para un mejor aprovechamiento de las hembras cebuinas dentro del plan de modernización del Hato Gana

Lina Fernanda Puerta Gómez
Universidad de La Salle

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia>

Citación recomendada

Puerta Gómez, L. F. (2006). Aplicación de la biotecnología de la aspiración folicular (OPU) y fecundación in vitro (FIV) como herramienta para un mejor aprovechamiento de las hembras cebuinas dentro del plan de modernización del Hato Gana. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/135>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Zootecnia by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA DE LA ASPIRACION FOLICULAR
(OPU) Y FECUNDACION IN VITRO (FIV) COMO HERRAMIENTA PARA UN
MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS HEMBRAS CEBUINAS DENTRO DEL
PLAN DE MODERNIZACION DEL HATO GANADERO COLOMBIANO**

LINA FERNANDA PUERTA GÓMEZ

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE ZOOTECNIA**

2006

**APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA DE LA ASPIRACION FOLICULAR
(OPU) Y FECUNDACION IN VITRO (FIV) COMO HERRAMIENTA PARA UN
MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS HEMBRAS CEBUINAS DENTRO DEL
PLAN DE MODERNIZACION DEL HATO GANADERO COLOMBIANO**

**LINA FERNANDA PUERTA GÓMEZ
13982024**

Trabajo de Grado para optar el título de zootecnista

**DIRECTOR
DOCTOR ÁLVARO FERNAN CASTELLANOS ECHEVERRÍA**

**CO DIRECTOR
DOCTOR CARLOS GUTIERREZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE ZOOTECNIA
2006**

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

DIRECTIVAS

HERMANO FABIO GALLEJO ARIAS F.S.C

RECTOR

HERMANO CARLOS GABRIEL GÓMEZ RESTREPO F.S.C

VICERRECTOR ACADEMICO

HERMANO EDGAR FIGEROA ABRAJIM F.S.C

VICERRECTOR DE PROMOCION Y DESARROLLO HUMANO

DOCTOR GUILLERMO PANQUEVA MORALES

SECRETARIO GENERAL

DOCTOR MAURICIO FERNANDEZ FERNANDEZ

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

DOCTOR RAFAEL IGNACIO PAREJA MEJIA

DECANO

DOCTOR JOS JUAN CARLOS LECONTE

SECRETARIO ACADEMICO

**APROBACION DE TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE ZOOTECNIA**

DOCTOR RAFAEL IGNACIO PAREJA MEJIA

DECANO

DOCTOR JOS JUAN CARLOS LECONTE

SECRETARIO ACADEMICO

DOCTOR ALVARO FERNAN CASTELLANOS ECHAVARRIA

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

DOCTOR JOSE CARLOS COHELO

JURADO TRABAJO DE GRADO

DOCTOR RAFAEL IGNACIO PAREJA MEJIA

JURADO TRABAJO DE GRADO

AGRADECIMIENTO

Son diversas las personas y entidades las que han estado involucradas directa en indirectamente en el desarrollo de este trabajo a todas ellas les agradezco su confianza y apoyo en hacer posible la culminación del presente, en especial a:

- ANDRE DAYAN, quien me introdujo en el mundo de las posibilidades de la biotecnología y la amistad incondicional.
- DOCTOR ALVARO CASTELLANOS, quien me colaboró en la dispendiosa tarea de redactar corregir y plasmar los resultados en este trabajo obtenidos.
- CARLOS GUTIERREZ, quien pacientemente me guío en el proceso de elaboración de este trabajo.
- VITROGEN CO, en especial a Giovanni, Henry y Liliam, que despejaron todas mis inquietudes.
- CGR, en especial a Elmer quien me facilitó acceso a toda la información de la biblioteca en innumerables ocasiones.
- ASOCEBU, en especial al Doctor German Gómez, quien me colaboro con la información que hizo posible la proyección de este trabajo.

DEDICATORIA

A Gabriel Puerta Parra

Quien no solo ha sido ejemplo sino inspiración

ABSTRACT

Embryo production by ovum pick up OPU and *In Vitro* Fertilization IVF on a commercial basis is an advanced technique now reachable in Colombia allowing mass production of embryos from donor cows of high genetic merit, giving the possibility of being used on livestock programs demanding the enlargement of the national herd having into account its advantages and disadvantages . In the year 2004 the company "Alliance Vitrogen Colombia" collected 38,281 oocytes from 701 donors from the zebu breeds of Red Brahman, Gray Brahman, Gyr and Guzera 28.52% of the oocytes developed into embryos producing 2,378 pregnancies (3.32 per donor). Reviewing the results obtained by breed, Gray Brahman achieved the higher number of gestations while it was the one that produced elevated quantity of total and viable oocytes, but was the Gyr the one with the highest conception rate and Red Brahman the one that produced more transferable embryos, even tough, there was no significant differences between their ability under OPU – IVF technique.

RESUMEN

Gracias a la aplicación de la tecnología de Aspiración Folicular OPU y Fecundación *In Vitro* a nivel comercial en Colombia, hoy se cuenta con una de las tecnologías de vanguardia que posibilitan la obtención de gran cantidad de embriones procedentes de donadoras con un alto valor zootécnico, abriendo posibilidades para su implementación dentro del programa de repoblamiento bovino al exponer las ventajas y limitaciones de la técnica. Durante el 2004 la compañía Alianza Vitrogen Colombia efectuó OPU y FIV a 701 donadoras comprendidas por 285 hembras Brahman Rojo, 191 hembras Brahman Blanco, 120 hembras Gyr y 105 Guzera. Produciendo un total de 38, 281 oocitos totales de los cuales 28.52% resultaron en embriones que luego produjeron 2,378 gestaciones (3.39 gestaciones por donadora). Aisladamente, la raza de la que mayor cantidad de gestaciones se obtuvieron fue la Brahman Blanco por ser la que mayor cantidad de oocitos totales y viables se aspiraron pero fue la raza Gyr la que tuvo la mejor tasa de gestación entre las cuatro razas y la Brahman Rojo fue de la que mayor número de embriones se obtuvieron, si embargo no se encontró alguna diferencia significativa en la capacidad de obtener embriones entre las razas estudiadas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. PLANTAEMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 FORMUALCION DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 DELIMITACIÓN	6
1.5 ALCANCES	7
2. MARCO DE REFERENCIA	8
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1.1 REPOBLAMIENTO DEL HATO GANADERO COLOMBIANO	8
2.1.1.1 Política Nacional	8
2.1.1.2 Importancia de los Cebuinos en el Proyecto de Repoblamiento Bovino.	9
2.1.2. EXPERIENCIA BRASILEIRA	10
2.1.3 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL OVARIO	11
2.1.3.1 Anatomía del ovario	11
2.1.3.2 Fisiología del ovario	12
2.1.4 HISTORIA DE LA FECUNDACION <i>IN VITRO</i>	14
2.1.5 APLICACIONES DE LA TÉCNICA DE ASPIRACION FOLICULAR	16
2.1.5.1 Producción de mayor número de embriones	16
2.1.5.2 Mejor aprovechamiento de las Hembras	17
2.1.5.3 Mejor aprovechamiento del semen	17
2.1.6 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA TÉCNICA	18
2.1.6.1 Ventajas	18
2.1.6.2 Limitaciones	19

2.1.7 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	19
2.1.7.1 Aspiración de los Oocitos.	20
2.1.7.2 Maduración de los Oocitos.	22
2.1.7.3 Fecundación <i>In Vitro</i> .	22
2.1.7.4 Cultivo <i>In Vitro</i>	23
2.1.7.5 Transferencia del Embriones.	23
2.2 MARCO TEÓRICO	24
2.3 HIPÓTESIS	27
3. METODOLOGÍA	28
3.1 TIPO DE ESTUDIO	28
3.2 MÉTODO	28
3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	29
3.4 UNIVERSO Y MUESTRA	29
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	30
4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	31
4.1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS	31
4.2 COSTOS	36
4.3 PROYECCION	38
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

INDICE DE FIGURAS TABLAS Y GÁFICOS

	Pág.
Figura 1: Dinamica Folicular de 2 ondas	13
Figura 2: Dinamica folicular de 3 ondas	14
Tabla 1: Situación reproductiva de la hembras del hatu colombiano	24
Tabla 2: Distribución de los animales por raza y número de sesiones OPU efectuadas durante el 2004.	29
Tabla 3: Resumen de los datos obtenidos de la 1,848 aspiraciones efectuadas en el 2004.	31
Tabla 4: Resultados donadoras Brahman Rojo	32
Tabla 5: Resultados donadoras Brahman Blanco	32
Tabla 6: Resultados donadoras Gyr	32
Tabla 7. Resultados donadoras Guzera	32
Gráfico 1: Diferencia resultados Brasil Vs. Colombia	33
Gráfico 2: Tasa producción de embriones	34
Grafico 3: Tasa de Gestación por raza.	35
Tabla 8: Costo por cantidad de gestaciones	36
Tabla 9: Costos ternero según valor gestación comparada con la técnica de superovulación al utilizar receptora mestiza	37
Tabla 10: Costo ternero obtenido por OPU-FIV en el Brasil	37
Tabla 11: hembras registradas ASOCEBU 40 a 156 meses (2005)	38

Tabla 12 Proyección al 2019	39
Grafico 4: Proyección tendencia crecimiento de la población de alto valor genético	40
Grafico 5: Diferencia cantidad animales proyectados	41

INTRODUCCION

Para que el sector ganadero colombiano sea competitivo dentro de las actuales oportunidades comerciales internacionales, como la negociación del Tratado de Libre comercio, TLC, se ha desarrollado un plan estratégico para la ganadería el cual tiene como una de sus metas aumentar el inventario nacional a una cabeza por habitante para el año 2019, es decir, lograr que el hato ganadero este compuesto por 56 millones de bovinos. Pero no solo se trata de incrementar el número de animales sino su eficiencia productiva y reproductiva para así poder incursionar de manera rentable en el mercado internacional y evitar la posible invasión de productos de menor costo al país.

Está comprobado, que los organismos bovinos adecuados para el programa de repoblamiento son los cebuinos de las razas Brahman, Gyr y Guzera ya que ha logrado adaptarse de manera eficiente a las condiciones tropicales de Colombia demostrando su superioridad productiva con sobresalientes animales puros o cruzados con razas taurinas, motivo por el cual se deben seleccionar los mejores ejemplares para ser multiplicados. Pero la pobre eficiencia reproductiva de las hembras colombianas las cuales presentan en este momento una tasa de natalidad alrededor del 50% o en condiciones optimas el nacimiento de un ternero al año, es un factor limitante que no permite la consecución de la meta trazada.

Sin embargo, la producción *In vitro* de embriones es una innovación en el área de la reproducción animal, en la cual se asocian la técnica de ultrasonografía para la realización de la aspiración folicular OPU ya la manipulación *In vitro* de los eventos fisiológicos que ocurren en la maduración y fecundación de los oocitos al igual que el desarrollo temprano de embrión. Esta es una técnica alterna a la superovulación, cuyo objetivo es potencializar la capacidad de multiplicación de animales de alto valor genético en especial el de las hembras ya que la colecta de oocitos se puede realizar consecutivas veces por un largo periodo de tiempo incluyendo animales gestantes sin afectar su capacidad productiva o reproductiva.

Con el presente trabajo se busca describir la técnica OPU-FIV y realizar una proyección de las hembras cebuinas registradas con los datos obtenidos por una compañía comercial en su primer año de implementación de la técnica en nuestro país con las ventajas, limitaciones y costos para obtener una gestación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El recurso genético de los animales cebuinos constituye uno de los segmentos más prometedores de la economía nacional, sin embargo, se ve limitado porque la propagación del material de alto valor genético de la hembra esta sujeto al nacimiento de un ternero por año cuando se utiliza la monta directa o la inseminación artificial. El uso de otras tecnologías de la reproducción como la súper ovulación y la transferencia se embriones, incrementan el numero de crías de una vaca genéticamente superior a unos 10 terneros año. Para incrementar la producción de animales obtenidos por donadora, se cuenta actualmente con la alternativa de producción de embriones *In Vitro*, con la que se pueden obtener, al menos, 52 crías al año.

A pesar de ser una biotecnología reciente a nivel comercial al alcance del ganadero, ofrece notables ventajas en cuanto a la capacidad de incrementar el número de animales con características zootécnicas deseables, que poseen un valor genético y comercial mayor, factores de gran interés considerando las alternativas, oportunidades y necesidades frente a el Tratado de Libre Comercio, enfrentándonos así al reto de modernizar y hacer mas competitiva la ganadería colombiana.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Describir la técnica de Aspiración Folicular y Fecundación *In Vitro* junto con una presentación de los resultados obtenidos durante el 2004 en Colombia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Describir la Biotecnología de Aspiración Folicular y Fecundación *In Vitro*.

Demostrar la importancia que tiene la técnica de aspiración folicular y fecundación *In Vitro* en el aumento de la eficiencia reproductiva de la hembra Brahman Rojo, Brahman Blanco, Gyr y Guzera de alto valor genético.

Comparar el desempeño de las Donadoras Brahman Rojo, Brahman Blanco, Gyr y Guzera en cuanto al número de oocitos colectados por aspiración, número de oocitos fecundados, cantidad de embriones transferidos y tasa de preñez.

Exponer el potencial uso de la Aspiración Folicular y Fecundación *In Vitro* dentro del plan de repoblamiento bovino colombiano.

Presentar la viabilidad económica de la Aspiración Folicular y Fecundación *In Vitro*.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El bajo desempeño reproductivo del hato colombiano junto con el reto de incrementar la población bovina para garantizar la viabilidad de la empresa ganadera en el comercio nacional e internacional hacen necesario dar a conocer la biotecnología de la Aspiración folicular y Fecundación *In Vitro* junto con los resultados obtenidos durante su reciente aplicación en Colombia en el año 2004.

1.4 DELIMITACIÓN

1.4.1 Delimitación espacial

La fase de familiarización y acompañamiento de la Aspiración Folicular se llevó a cabo en el Centro Biotecnológico de Reproducción **CGR**, ubicado en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca y en la Central de Transferencia de Embriones y Núcleo de Mejoramiento Genético Las Camelias **CTELCA** localizado en Puerto Araujo Departamento de Santander.

En el Laboratorio de **Vitrogen Colombia** ubicado en Montería Departamento de Córdoba se realizó la segunda etapa del proyecto que consistió en entrevistar al especialista encargado de la producción de embriones por medio de la maduración y fecundación *In Vitro* de los oocitos y se recopilaron los datos de los resultados obtenidos de las sesiones de Aspiración Folicular (OPU), fecundación *In Vitro* (FIV) y Transferencia de Embriones (TE) durante el año 2004 para efectuar su análisis.

1.5 ALCANCES

La presente investigación va dirigida a profesionales y ganaderos con el propósito de dar a conocer y difundir la biotecnología reproductiva de la Aspiración Folicular y Fecundación *In Vitro*, a partir de la descripción de la técnica y análisis de los resultados obtenidos en el primer año, 2004, de su práctica a nivel comercial en Colombia. De especial importancia es exponer cuáles son los resultados con las ventajas y limitaciones de la técnica mencionada, a fin de fundamentar su aplicación en el medio.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 REVISIÓN DE LITRATURA

2.1.1 REPOBLAMIENTO DEL HATO GANADERO COLOMBIANO

2.1.1.1 Política Nacional.

El repoblamiento bovino es una política de estado como propuesta estratégica para garantizar la viabilidad de la ganadería en el nuevo esquema de comercio mundial y como pieza clave para que ésta se afiance a nivel nacional. Con esta medida se busca que Colombia consiga tener una cabeza de ganado por habitante, es decir, que se espera incrementar el inventario de 23 millones a 56 millones de bovinos para el año 2019 (FEDEGAN, 2005).

Esta política exige de medidas efectivas ya que enfrenta el reto de aumentar la cantidad de ganado de una manera eficiente, lo que involucra ineludiblemente, aprovechar los animales genéticamente superiores para incrementar no solo el inventario nacional sino la calidad del hato colombiano, a fin de cumplir con los cuatro conceptos de la productividad global que son: eficiencia, calidad, sostenibilidad con el medio ambiente y el enfoque hacia los diferentes mercados.

2.1.1.2 Importancia De Los Cebuinos En El Proyecto de Repoblamiento Bovino.

La ubicación geográfica tropical de Colombia requiere organismos cebuinos adecuados, en este caso, el Brahman Blanco, el Brahman Rojo, el Gyr y el Guzera para el llevar a cabo el proyecto de repoblamiento bovino. Son estas las razas propicias porque evolucionaron a través de los siglos en un ambiente de condiciones hostiles; en clima sofocante, con forrajes de baja disponibilidad de nutrientes y expuestas a diversas enfermedades causadas por endoparásitos y ectoparásitos, desarrollando aptitudes de rusticidad, fertilidad, versatilidad, prolificidad, adaptación, vigor y longevidad. (Rincón, 2003), razones por las cuales el cebú es la especie que mayor influencia ha tenido en el desarrollo de la ganadería colombiana tanto en la pureza de sus razas como en sus cruces con ganado europeo o *Bos taurus* (Vélez Cuevas, 2003).

Por otro lado, Colombia se encuentra en una posición privilegiada en cuanto a la calidad de ganado Cebú, ya que tiene un reconocimiento a nivel mundial por la calidad de ganado Brahman que produce y es el segundo país, después del Brasil, con excelentes ejemplares de la raza Gyr y Guzera gracias al constante mejoramiento genético y selección de animales que se ha llevado a cabo por criadores, técnicos y agremiaciones.

2.1.2 EXPERIENCIA BRASILEÑA

Actualmente, el hato brasileño de carne es uno de los pocos que continúa creciendo en el escenario mundial estimulado por la expectativa de nuevos contratos de exportación de carne bovina. Los productores nacionales han logrado un incremento en la productividad utilizando animales genéticamente superiores obtenidos gracias a los criadores que aportan reproductores con características productivas y reproductivas sobresalientes. Este factor contribuyó al posicionamiento de la técnica de aspiración folicular y fecundación *In Vitro* del mercado como herramienta para la producción en masa de embriones de alto valor genético. Además creó la posibilidad del surgimiento de negocios complementarios como fincas especializadas en la producción de receptoras, centrales de receptoras donde se ubican las receptoras y se realiza la transferencia de embriones y empresas comercializadoras (Nasser, 2003).

Entre junio de 2001 y mayo de 2004 la empresa Vitrogen Brasil obtuvo 56 mil oocitos de 26,000 donadoras los cuales produjeron 166 mil embriones de los cuales 137 mil fueron transferidos generando 47,000 gestaciones.

2.1.3 ANATOMÍA y FISIOLOGÍA DEL OVARIO

2.1.3.1 Anatomía del Ovario

El ovario es el órgano principal en la reproducción de la hembra, el cual cumple funciones de producción y liberación del óvulo y liberación del estrógeno y la progesterona, hormonas encargadas de la regulación del ciclo estral y la gestación. Los dos ovarios de la vaca tienen forma ovalada y están ubicados en la cavidad abdominal. (Hafez, 1986)

Cada ovario consta de médula y corteza envueltas por la túnica albugínea y el epitelio superficial. La médula es la porción media del ovario y es la encargada de sostener el sistema vascular y nervioso. Envolviendo la médula esta la corteza, la cual es un denso estroma de tejido conectivo donde se sitúan los folículos, cuerpos lúteos, cuerpos hemorrágicos, cuerpos albicans y folículos atrésicos. En el epitelio superficial es donde se forman las células germinales en la etapa embrional de la vaca y por esta razón también se le conoce como epitelio germinal. La túnica albugínea es la encargada de soporte externo del ovario. (Sorensen, 1979).

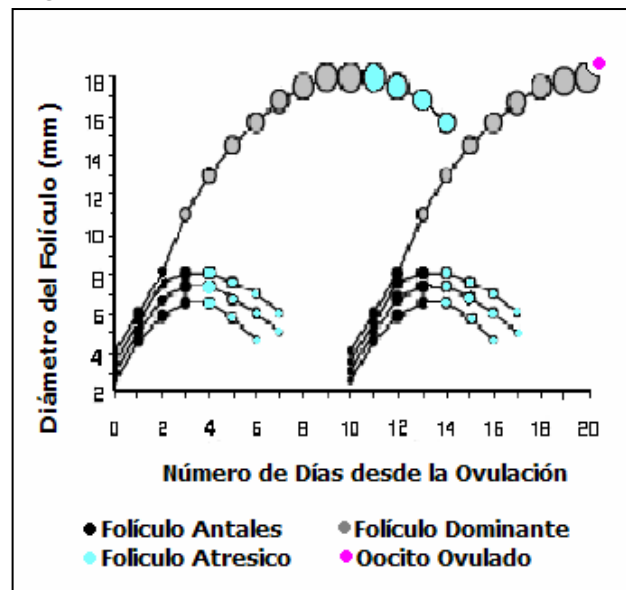
2.1.3.2 Fisiología del Ovario

Antes del nacimiento, durante el tercio medio de la gestación el ovario del feto bovino se encuentra saturado de ovogonias que luego se convierten en oocitos que son almacenados en folículos primordiales preantrales (Erickson, 1966: Marion et al, 1968). Gran parte de esos ovocitos se inactivan durante la última mitad de la vida fetal naciendo así el animal con un único número de oocitos encapsulado en su respectivo folículo. Existen cerca de 0.5 millones de folículos en los ovarios bovinos que gradualmente abandonaran su estado de latencia e iniciaran su desarrollo hacia folículos antrales. Una vez se inicia este proceso el folículo ovulará o sufrirá atresia en un proceso conocido como la foliculogénesis.

La foliculogénesis es un proceso continuo en el cual las células del folículo primordial se van transformando y van proliferando dando origen al folículo primario y posteriormente al folículo secundario que luego se convierte en folículo antral. Este proceso ocurre por la presencia de hormonas gonadotrópicas y se produce en forma de ondas a lo largo de la vida del animal.

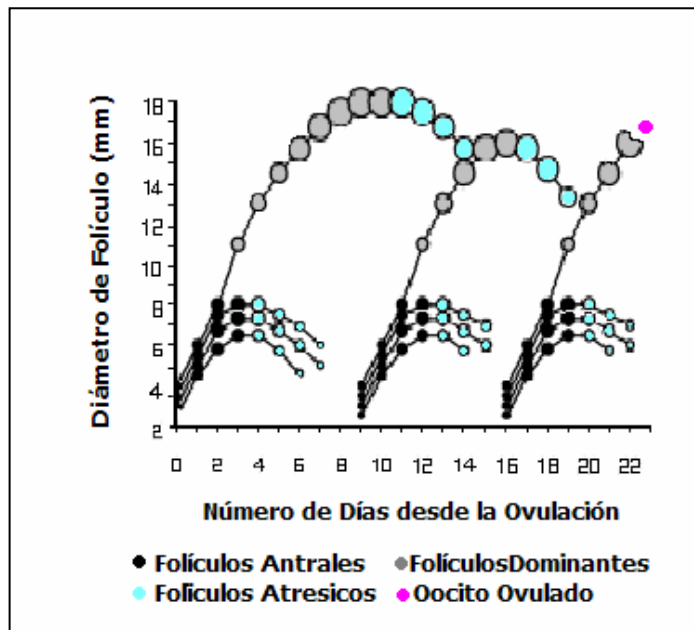
Estas ondas son conocidas como dinámica folicular ovárica, en las cuales emergen varios folículos antrales, en promedio 24 por onda, que pasan por una fase de crecimiento, una fase estática y finalmente un solo folículo consigue ovular y el resto entran en estado de degeneración; con diferentes patrones de desarrollo siendo los más frecuentes aquellos de 2 a 3 ondas foliculares (Ginther et al., 1989). Las dinámicas foliculares de 2 y 3 ondas se ilustran en las figuras 1 y 2.

Figura 1: Dinámica Folicular de 2 Ondas



Fuente: INSTITUTO BABCOCK – UNIVERSIDAD DE WISCONSIN

Figura 2: Dinámica Folicular de 3 ondas



Fuente: INSTITUTO BABCOCK – UNIVERSIDAD DE WISCONSIN

2.1.4 HISTORIA DE LA FECUNDACIÓN *IN VITRO*

La técnica de fecundación *In Vitro* se comenzó a desarrollar a mediados del siglo XX en Europa, Estados Unidos y el Japón. Inicialmente se obtuvieron resultados positivos de crías nacidas de ratones (Dowling, 1949) y conejos (Chan and Marden, 1950) cuyos gametos eran fecundados y madurados *In Vitro*. En 1960 se emprende la investigación en el área de fecundación *In Vitro* de óvulos de ganado

bovino, liderado por las investigaciones de Bob Edwards; luego en 1969 Serennan obtiene éxito en la recuperación de oocitos procedentes de los ovarios de vacas sacrificadas. Mas adelante a finales de los años 70 y comienzos de los 80 Ben Bracket, Niel First y Bob Foote junto con sus asociados y estudiantes logran valiosos avances en la técnica obteniendo como resultado el nacimiento del primer ternero producto de un oocito ovulado, fecundado *In Vitro*, madurado *in vivo* el 9 junio de 1981. Durante la década de los 80 se reportaron varios nacimientos en los cuales la técnica se iba perfeccionando como el caso de Lambert et al (1983) que lograron terneros de oocitos obtenidos por medio de laparoscopia practicada a vacas antes del momento de la ovulación. Igualmente se logró la capacitación del semen por Parrish et al (1986). Finalmente, Lu et al (1987) lograron obtener el primer ternero producido por medio de la maduración *In Vitro* del oocito así como de la fecundación *In Vitro* y maduración *In Vitro* del embrión.

Entrando en la década de los noventa se comenzó a perfeccionar la técnica gracias a los avances obtenidos en la recuperación de oocitos de donadoras vivas por métodos no quirúrgicos, utilizando la ayuda de la ultrasonografía, gracias a los estudios y resultados obtenidos por Callesen et al (1987) y los avances alcanzados en la fecundación *In Vitro* en seres humanos. A finales de los años noventa surgieron los primeros laboratorios de fecundación *In Vitro* a nivel comercial

ofreciendo esta biotecnología como herramienta en los programas de mejoramiento genético.

2.1.5 APLICACIONES DE LA TÉCNICA DE ASPIRACIÓN FOLICULAR

2.1.5.1 Producción de mayor número de embriones

El desarrollo de la técnica de súper ovulación y transferencia de embriones dio inicio a la posibilidad de obtener más de un ternero por vaca año, Saumade et al en 1984 reportan una media de 25 embriones por año con una totalidad de 100 embriones en la vida productiva de una vaca.

Por otra parte, aplicando la tecnología de aspiración folicular y fecundación in vitro, Watanabe et al. obtuvieron en 1998 entre 0.6 y 3.5 embriones con un promedio de 1,5 embriones por semana. Dayan et al. Consiguieron 1.48 preñeces por procedimiento en 937 sesiones de aspiración folicular practicada a 321 animales. Por lo cual cuando una donadora es sometida a aspiraciones foliculares semanalmente la velocidad de multiplicación de su linaje es muy acelerada obteniendo así gran número de embriones en un tiempo determinado (Ferraz et al., 2000).

2.1.5.2. Mejor aprovechamiento de las Hembras

La técnica de Aspiración *In Vitro* se puede implementar en hembras prepuberes (Brogliatti y Adams, 1996), novillas, vacas vacías, vacas en el primer tercio de gestación (Kruip et al., 1994) y vacas seniles (Brogliatti y Adams, 1996). De igual forma se puede efectuar en vacas que no responden a la súper ovulación ya que es una técnica que no requiere tratamiento hormonal (Kruip et al., 1994) y en vacas con problemas reproductivos adquiridos (Looney et al., 1994) como quistes, metritis crónicas, y salpingitis (Peixer et al., 1998).

También se pueden aprovechar las vacas de alto valor genético que tienen que ser descartadas por alguna enfermedad o accidente, al extraer los ovarios post mortem del animal y efectuar la aspiración folicular (Galli et al., 1993).

2.1.5.3 Mejor aprovechamiento del semen.

La aspiración folicular permite un mejor aprovechamiento del semen, en especial de aquel de alto costo o sexado porque se pueden obtener varios embriones de una sola pajilla. Se obtienen entre 20 y 30 terneros cuando se utiliza semen

comercial en la fecundación *in vitro*, si se compara con que solo se obtiene 0.65 terneros empleando la técnica de inseminación artificial (INTA,2004).

2.1.6 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA TÉCNICA

2.1.6.1 Ventajas

- Aumento de la cantidad y calidad de la población bovina.
- Mejor aprovechamiento del semen.
- Posibilidad de producir embriones de una donadora con diferentes toros en la misma colecta de oocitos.
- No es necesario el uso de hormonas gonadotrópicas en las donadoras.
- Se le puede practicar la colecta tanto a novillas como a vacas viejas.
- La técnica de Aspiración Folicular se le puede practicar a hembras que tienen hasta 120 días de gestación.
- Mejor aprovechamiento de hembras mestizas y F1 para utilizarlas como receptoras.

2.1.6.2 Limitaciones

- Aun se encuentra en estudio la posibilidad de criopreservar los embriones producto de la fecundación *In Vitro*.
- La baja disponibilidad de suficientes receptoras con relación al número de embriones producidos.
- Costos altos

2.1.7 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La biotecnología de la fecundación *In Vitro* consiste en 5 pasos básicos que son:

- Aspiración de los oocitos, OPU.
- Maduración de los oocitos, MIV.
- Fecundación del oocito, FIV.
- Cultivo *In Vitro* del embrión, CIV.
- Transferencia del embrión, TE.

2.1.7.1 Aspiración de los Oocitos, OPU.

El proceso de la recolección de los oocitos se inicia preparando a la donadora inmovilizándola en el brete y aplicándole anestesia epidural baja con 5 ml de clorhidrato de lidocaina al 2% (Kruip et al., 1994), luego se lava la región perineal y se seca con toalla de papel. Una vez lista la donadora, el veterinario encargado, introduce el transductor hasta el fondo del saco vaginal y con ayuda de la palpación rectal ubica los ovarios frente al transductor para obtener una buena visualización de los folículos y da comienzo a la aspiración. Se aspiran todos los folículos visibles de ambos ovarios con un diámetro mayor a 2mm.

La aspiración se realiza con un equipo de ultrasonido Aloka SDD 500 con un transductor microconvexo de 5 mHz conectado a una guía de biopsia adaptada por Chuck Bolland. La punción de los folículos y la aspiración del líquido folicular se realizan con agujas de 18G y línea de aspiración Cook VBOA 18L conectada a tubos de centrifuga de 50 ml. La presión del vacío se obtiene con una bomba Cook V-MAR 5000, ajustada entre 72 – 78 mm Hg.

El lavado de la aguja y el medio de recibimiento de los oocitos se efectúa con PBS al que se le agregan 50 UI/ml de Heparina, 50 mg/ml de Gentamicina y 1% de Suero fetal Bovino.

El tubo de centrifuga que contiene el liquido folicular aspirado es llevado a un cuarto, cercano al brete, donde se "improvisa" un laboratorio, en el cual se realiza el lavado y filtrado de los oocitos con el mismo medio utilizado en el lavado de la aguja. El sedimento restante en el filtro es pasado a cajas de petri y se procede al conteo y selección de los oocitos aspirados por medio de la utilización de microscopios y micropipetas. Los oocitos son clasificados de acuerdo a su morfología (numero de camadas de células de cúmulos y aspecto del citoplasma) en Grado I, II y III (GI, GII y GIII), oocitos sin *cúmulos* (s/c), expandidos (exp), degenerados (deg), y atrésicos (atr) según Lonergan et al (1992).

Después de ser clasificados los oocitos se lavan en solución de TMC 199 suplementada con 10% de Suero Fetal Bovino. Se colocan en criotubos con la misma solución en baño maría, entre 30 – 34 °C. y son transportados al laboratorio donde se realiza la maduración, fecundación y cultivo *In Vitro*.

2.1.7.2. Maduración de los Oocitos, MIV.

Una vez llegan los oocitos al laboratorio se realiza nuevamente una revisión y se descartan aquellos degenerados y atrésicos. Los oocitos restantes son transferidos a la placa de maduración *In Vitro* en microgotas de medio TMC 199 suplementado con SBF al 10%, 5 µg/ml FSH, 50 µg/ml LH e 0.1 µg/ml de Estradiol cubiertas con aceite mineral de acuerdo con el protocolo de Watanabe et al. (1998). Los oocitos son incubados por 24 horas en atmósfera controlado con 5% de CO₂ y 100% de humedad.

2.1.7.3. Fecundación *In Vitro*, FIV.

Para efectuar la fecundación *In Vitro* se utilizan muestras de semen congelado del toro programado con la donadora. El semen se prepara mediante la técnica de gradiente de Percoll para remover el plasma seminal, el diluyente y obtener espermatozoides móviles. La concentración se ajusta a 2×10^6 sptz/ml. El medio que se utiliza es el Tyrode modificado añadido a soluciones de Penicilamida, Hipotaurina y Epinefrina e 10 µg/ml de heparina. Los gametos (oocitos y espermatozoides) permanecen incubados en microgotas recubierta por aceite mineral entre 18 a 20 horas a 38.5°C en atmósfera controlado de 5% de CO₂.

Se adicionan 30 $\mu\text{g/ml}$ de medio de cultivo fresco 48 horas después de la "inseminación" (alimentación).

2.1.7.4. Cultivo *In Vitro*, CIV.

Después de incubados los gametos, son transferidos a microgotas de medio de cultivo CR2 modificado suplementado con 10% de SBF y permanecen en están por un lapso de 6 a 8 días hasta que los cigotos alcanzan al estado de mórula y blastocisto.

2.1.7.5 Transferencia de los Embriones, TE.

En esta fase se transfieren los embriones a receptoras previamente sincronizadas que se encuentren en el día siete después de la ovulación. Las receptoras aptas son inmovilizadas en el brete, se les aplica anestesia epidural baja con 5ml de clorhidrato de lidocaina al 2%, se les realiza una asepsia perineal y se procede a la transferencia transcervical ubicando el embrión en el cuerno correspondiente al que contiene el cuerpo lúteo.

2.2 MARCO TEÓRICO

Las condiciones de desarrollo del sector ganadero se ven replanteadas frente a la las negociaciones del Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos y una de estas circunstancias es la necesidad de aumentar el inventario ganadero nacional no solo en cantidad sino en calidad de ejemplares (Lorente, 2004), lo cual quiere decir que hay que aprovechar de una manera eficiente los recursos disponibles en este caso el hato cebuino colombiano.

A pesar de contar con el significativo valor genético de las razas cebuinas, estas dejan mucho que desear su manejo reproductivo. Las vacas en Colombia tienen una cría cada 1.9 años, es decir que solo el 50% del pie de cría nacional esta pariendo anualmente, situación que genera menor disponibilidad de ganado (González, 2005).

Tabla 1: Situación reproductiva de las hembras del hato colombiano

Edad promedio al Primer Servicio	36 meses
Edad promedio al primer Parto	45 meses
Natalidad	52%

Fuente: Revista El Cebú No 344 (Mayo – Junio 2005)

Para compensar la pobre eficiencia reproductiva de las hembras y poder aprovechar al máximo su potencial se cuenta actualmente con la técnica de aspiración folicular OPU y fecundación *In vitro* FIV a nivel comercial, que hace posible la producción en masa de embriones de donadoras de alto valor zootécnico brindando la posibilidad de incrementar la habilidad reproductiva de las hembras ya que es una práctica flexible que no involucra hormonas y que puede ser implementada a hembras jóvenes y seniles, hembras con hasta 90 días de gestación y hembras que no responden a la superovulación, sin causar ningún efecto que comprometa el desempeño productivo y/o reproductivo de la donadora.

Por medio de esta técnica se pueden obtener de 8 a 10 oocitos viables y 2 embriones por aspiración con una tasa de gestación 55.4% generando 1.11 gestaciones por aspiración en vacas Holstein (Galli, 2000). Los resultados obtenidos con la raza Brahman son de 13 oocitos totales, 10 oocitos viables, 6 embriones produciendo y 1.92 gestaciones, en la raza Gyr 5 oocitos totales 4 oocitos viables y 1 embrión y en el caso de la raza Guzera 10 oocitos totales, 9 oocitos viables y 3 embriones (Dayan, 2001).

Esta técnica no solo permite incrementar el número de animales sino que asegura la obtención de animales con características genotípicas y fenotípicas superiores,

facilita la posibilidad de cruzar una hembra con diversos machos en un solo procedimiento de aspiración folicular y favorece la disminución de intervalo entre generaciones.

A pesar que se obtienen porcentajes de gestación por debajo del 50% comparado con la tasa de concepción de los tratamientos de súperovulación, este aspecto se ve contrarrestado por el elevado número de embriones que se obtiene de un solo procedimiento de aspiración folicular.

2.3 HIPÓTESIS

Para lograr el incremento del hato bovino una alternativa es la implementación de la Aspiración Folicular OPU y fecundación *In vitro* haciendo una proyección utilizando los resultados obtenidos durante el 2004 de su práctica por una compañía comercial.

3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE ESTUDIO

El estudio es descriptivo y evaluativo. Donde se realiza una descripción de la técnica de Aspiración Folicular OPU y Fecundación *In Vitro* FIV, su implementación en Colombia a nivel comercial y se realiza una evaluación del impacto que esta técnica tiene para incrementar la capacidad reproductiva de las hembras cebuinas de la razas Brahman Rojo, Brahman Blanco, Gyr y Guzera.

3.2 MÉTODO

El trabajo se llevó a cabo acompañando el trabajo de 3 equipos. El primer equipo realizó la Aspiración Folicular y recolección de los oocitos el cual esta a cargo de un veterinario quien es el responsable de la punción folicular y quien al mismo tiempo es ayudado por un colaborador el cual realiza el filtrado, la selección, clasificación y lavado de los oocitos. Posteriormente se transportaron los oocitos obtenidos por avión al laboratorio donde el segundo equipo, también dirigido por un veterinario, realizó el proceso de maduración, fecundación y cultivo de los embriones. Luego a los 8 días después de completada la maduración de los embriones el tercer equipo

fue el encargado de la transferencia de los embriones liderado por un veterinario especializado en esta técnica.

3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los datos se tomaron de los registros de la base de datos del 2004 de la empresa Alianza Vitrogen Colombia. De esta base de datos histórica se clasificó la información por raza, número de secciones, número de oocitos totales, número de oocitos viables, número de oocitos clivados, número de blastocistos producidos, número de embriones transferidos y número de gestaciones.

3.4 UNIVERSO Y MUESTRA

Esta constituida por 1,848 aspiraciones realizadas durante el 2004 a 701 donadoras de las razas Brahman Rojo, Brahman Blanco, Gyr y Guzera.

Tabla 2: Distribución de los animales por raza y por número de Sesiones de Aspiración Folicular efectuadas durante el 2004.

Raza	Cantidad Donadoras	Sesiones OPU
BRAHMAN ROJO	285	876
BRAHAMAN BLANCO	191	508
GYR	120	244
GUZERA	105	220
TOTAL	701	1,848

Fuente: ALIANZA VITROGEN COLOMBIA

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

En este Proyecto se utilizó la Estadística Descriptiva; calculando los promedios, desviación estándar, coeficiente de variación, máximos y mínimos para la evaluación de los datos obtenidos. Por otro lado se aplicó la comparación entre poblaciones para determinar las diferencias entre las razas Brahman Blanco, Brahman Rojo, Gyr y Guzera.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS ESTADISTICOS

Durante el 2004 se realizaron 1,848 aspiraciones a 701 donadoras. En este periodo se recuperaron un total de 38,381 oocitos ($x = 20.71$ por aspiración) de los cuales 29,076 ($x = 13.65$ por aspiración) fueron clasificados como oocitos viables dando como resultado 10,928 embriones es decir el 37.58% del total de oocitos viables; se transfirieron 7,781 embriones y de obtuvieron 2,378 gestaciones 30.56%.de los embriones transferidos.

Tabla 3: Resumen de los datos obtenidos de las 1,848 Aspiraciones efectuadas en el 2004

RAZA	Cantidad Donadoras	Sesiones OPU	Oocitos Totales	Oocitos Viables	Embriones	Embriones TE	Embriones no TE	Gestaciones
Brahman rojo	285	876	18,459	14,119	5,564	3,981	1,583	1,154
Brahman blanco	191	508	11,324	8,579	3,015	2,109	906	682
Gyr	120	244	4,266	3,206	1,203	801	402	264
Guzera	105	220	4,365	3,276	1,178	905	273	281
Promedio	175.25	2.63	20.71	15.63	5.91	4.21	1.7	1.29
Desviación Estándar	82.22	-	16.22	13.3	6.5	4.74	2.95	2
Coefficiente de Variación	0.47	-	.78	0.85	1.1	1.12	1.73	1.55
Máximo	285	-	152	132	53	49	33	27
Mínimo	105	-	1	0	0	0	0	0
TOTAL	701	1,848	38,281	29,076	10,928	7,781	3,141	2,378

Tabla 4: Resultados donadoras Brahman Rojo

BRAHMAN ROJO	Oocitos Totales	Oocitos Viables	Embriones	Embriones TE	Embriones no TE	Gestaciones
Total	18,459	14,119	5,564	3,981	1,583	1,154
Promedio	21.00	16.06	6.33	4.53	1.81	1.31
Desviación Est.	17.54	14.52	6.85	5.11	3	2.17
Coefficiente de V	0.84	0.90	1.08	1.13	1.67	1.62
Máximo	152	132	53	49	33	27
Mínimo	1	0	0	0	0	0

Tabla 5: Resultados donadoras Brahman Blanco

BRAHMAN BLANCO	Oocitos Totales	Oocitos Viables	Embriones	Embriones TE	Embriones no TE	Gestaciones
Total	11,324	8,579	3,015	2,109	906	682
Promedio	22.29	16.89	5.94	4.15	1.78	1.34
Desviación Est.	16.17	13.24	6.39	4.30	3.31	1.84
Coefficiente de V	0.72	0.78	1.08	1.04	1.86	1.37
Máximo	100	83	42	30	33	14
Mínimo	1	0	0	0	0	0

Tabla 6: Resultados donadoras Gyr

GYR	Oocitos Totales	Oocitos Viables	Embriones	Embriones TE	Embriones no TE	Gestaciones
Total	4,266	3,206	1,203	801	402	264
Promedio	17.48	13.13	4.93	3.28	1.65	1.08
Desviación Est.	12.26	10.29	5.06	4.12	2.82	2.00
Coefficiente de V	0.70	0.78	1.22	1.26	1.71	1.85
Máximo	95	84	52	30	29	17
Mínimo	1	0		0	0	0

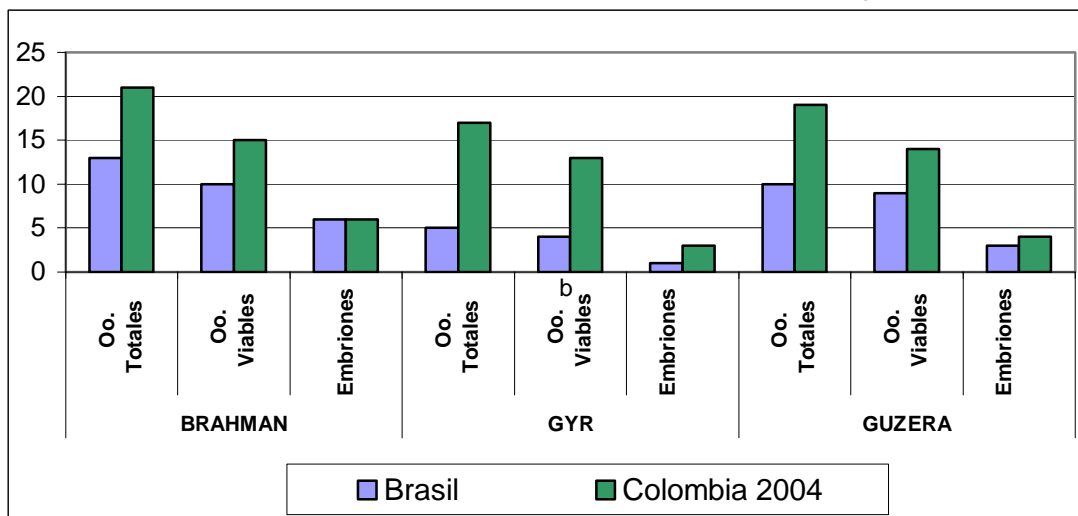
Tabla 7: Resultados donadoras Guzera

GUZERA	Oocitos Totales	Oocitos Viables	Embriones	Embriones TE	Embriones no TE	Gestaciones
Total	4,365	3,276	1,178	905	273	281
Promedio	19.84	14.89	5.35	4.11	1.24	1.28
Desviación Est.	14.29	10.91	5.66	4.68	1.75	1.75
Coefficiente de V	0.72	0.73	1.06	1.14	1.41	1.37
Máximo	79	62	36	27	9	10
Mínimo	1	0	0	0	0	0

De acuerdo a los datos presentados en las tablas 4, 5, 6, 7, se puede observar que la raza que presentó mayor cantidad de oocitos totales recuperados y oocitos viables fue la Brahman Blanco con un promedio de 22.29 y 16.89 oocitos por sesión respectivamente. De la raza que mayor cantidad de embriones se obtuvieron fue de la Brahman Rojo con un promedio de 6.85 embriones por sesión.

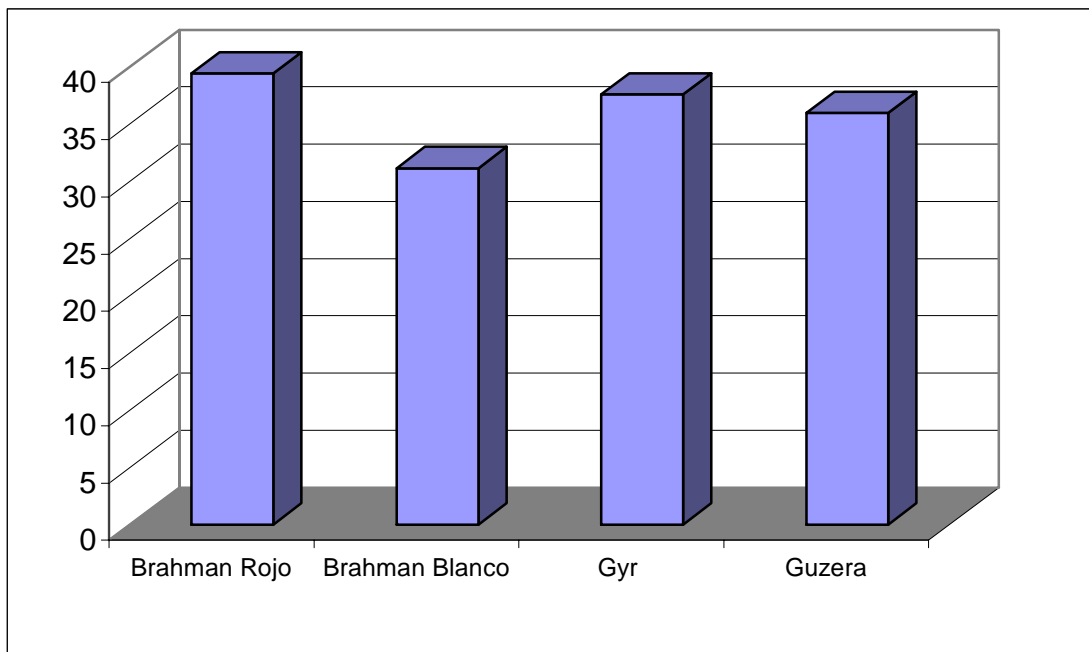
Por otro lado, el máximo de oocitos totales (152 oocitos), oocitos viables (132 oocitos), embriones (53 embriones) y gestaciones (27 preñeces) lo produjo una donadora Brahman Rojo en una sola sesión de Aspiración Folicular.

Gráfico 1: Diferencia de resultados entre los resultados Brasileños y resultados 2004



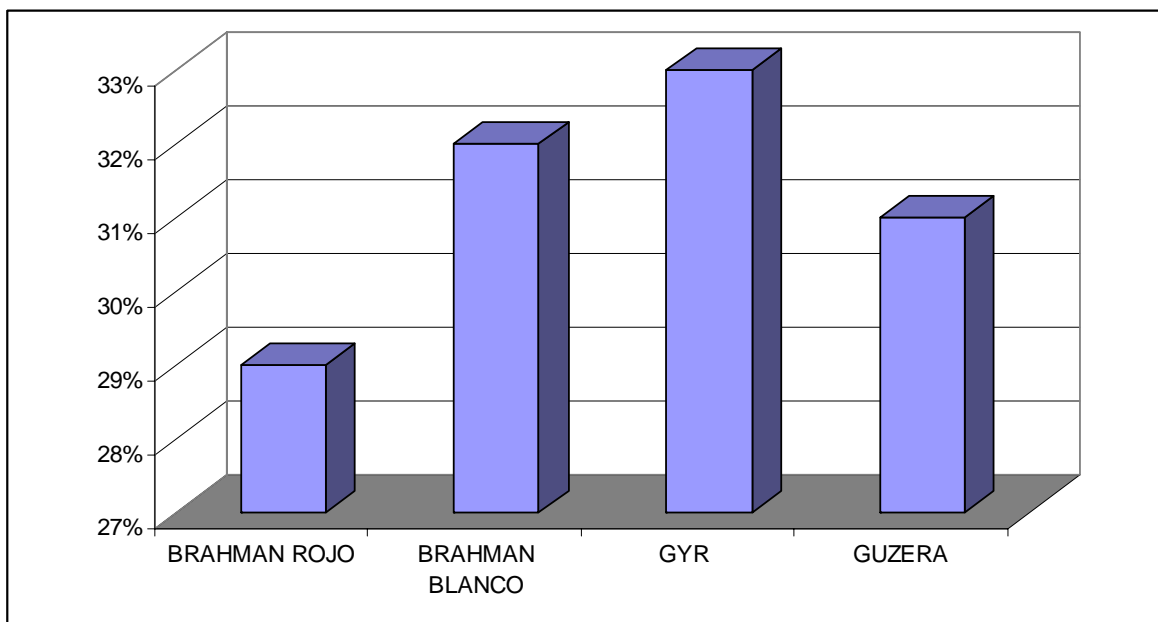
En el gráfico 1 se muestra la diferencia en los resultados obtenidos entre cantidad de oocitos totales, oocitos viables y embriones en cada una de las razas comparadas con los resultados obtenidos en el Brasil. Se puede ver claramente que se obtuvo mayor cantidad de oocitos en las 3 razas en las sesiones de OPU y FIV realizadas durante el 2004. También se puede advertir que produjeron mayor cantidad de embriones en las razas Gyr y Guzera por que se aspiraron mayor cantidad de oocitos, en cambio en la raza Brahman a pesar de haber colectado más oocitos que en el Brasil se obtuvieron la misma cantidad de embriones lo cual refleja que es necesario mejorar la cantidad de embriones con relación a oocitos aspirados.

Gráfico 2: Tasa de producción de embriones



En el gráfico 2 se ve representado que la raza con mayor porcentaje en producción de embriones fue la Brahman Rojo con 39.41% siguiéndola la raza Gyr con 37.56%, la Guzera con 35.96% y por ultimo la Brahman Blanco con 35.14%.

Gráfico 3: Tasa de Gestación



La raza con la tasa de gestación más alta fue la Gyr con 33% siguiéndola la Brahman Blanco con 32%, la Guzera con 31% y la Brahman Rojo con 29%.

4.2 COSTOS

Los costos para el ganadero están categorizados por rangos, estos incluyen valoración donadora y receptoras, aspiraciones foliculares, producción *In vitro* de los embriones, transferencia de los embriones, diagnóstico de la preñez de la receptoras a los 30 días del implante del embrión, sexaje del embrión a los 60 días y garantía de la preñez hasta los 90 días (ver tabla 8).

Tabla 8: Costos por cantidad de Gestaciones

Número de Gestaciones	Valor US\$/Gestación
0 -100	350
100 - 300	280
>300	260

Fuente: Alianza Vitrogen Colombia

Los costos totales para la obtención de un ternero producto de la técnica de aspiración folicular y fecundación *In vitro* es en promedio de \$1,374 dólares, los cuales incluyen el costo del embrión, costo de la receptora con los exámenes de laboratorio y la sincronización del celo, manutención de la receptora durante la gestación y la lactancia incluyendo sal, pasto, vacunas y desparasitación.

Tabla 9: Costos ternero según costo gestación comparada con la técnica de súper ovulación al utilizar una receptora Mestiza

	0 –100 Gestaciones US \$	100-300 Gestaciones US \$	>300 Gestaciones US \$	Súper Ovulación US \$
Gestación	300	280	260	273
Receptora (Mestiza)	818	818	818	818
Sincronización Receptora	18	18	18	18
Manutención Gestación	122	122	122	122
Manutención Lactancia	136	136	136	136
Total	1,394	1,374	1,354	1,367

Fuente: Alianza Vitrogen Colombia y CGR Biotecnología

Los costos para obtener una cría en Brasil son de \$ 1,371 dólares. Es este país el valor de la gestación es de \$180 dólares debido a que hay varios laboratorios ubicados en los núcleos ganaderos más importantes que disminuyen los costos de transporte de los técnicos. Por otro lado el costo de la receptora es casi la mitad del precio de la receptora colombiana debido a la alta disponibilidad de hembras F1 o cruzadas para este fin en centrales de receptoras que se encargan de tener en el mercado suficiente oferta de animales de buena calidad.

Tabla 10: costos ternero obtenido por medio de la técnica de OPU-FIV en el Brasil

	Brasil Valor US \$
Gestación	180
Receptora (Mestiza)	495
Manutención Gestación	337
Manutención Lactancia	359
Total	1,371

Fuente. Vitrogen Brasil

4.3 PROYECCIÓN

El análisis de los resultados obtenidos durante el primer año de implementación de la técnica de aspiración folicular y fecundación *In Vitro* a nivel comercial en Colombia reveló que se le practicaron en promedio 2.63 sesiones de aspiración folicular a 701 donadoras consiguiendo 3.39 gestaciones por animal o 1.29 gestaciones por sesión, es decir que se logro incrementar la cantidad de gestaciones en un 423% asumiendo una tasa de gestación del 85% cuando se implementa la monta natural o la inseminación artificial.

Tabla 11: Hembras registrada ASOCEBU entre los 40 y 156 meses (2005)

Hembras activas registradas ASOCEBU	
Brahman Rojo	12,167
Brahman Blanco	41,341
Gyr	2,172
Guzera	1,637
Total	57,317

Fuente: ASOCEBU

En la tabla 12 se hace una proyección con las hembras actualmente registradas en la Asociación Colombiana de Ganado Cebú, ASOCEBU, de cual sería el número de gestaciones utilizando un índice de gestación referencial y realizándoles 2.63 sesiones OPU y 8.76 sesiones OPU. En el año 2005 no se hace proyección y se asume que paren el 52% de las hembras registradas en la ASOCEBU teniendo en cuenta un índice de concepción del 85%; se calculó un porcentaje de natalidad del 52% entre los años 2006 a 2008 y a partir del 2009 se calcula un porcentaje de natalidad del 70%, el cual es el índice objetivo para la ganadería colombiana. Para la proyección de las 2.63 y 8.76 sesiones OPU se tomó en cuenta solamente el

50% de la población actualmente registrada a partir del 2006. Otros índices que se tomaron en cuenta para la estimar la población al 2019 fueron una tasa de descarte del 10% de las donadoras, 15% de mortalidad de los terneros, 40% nacimientos hembras y se agregó el 90% de la población de hembras nacidas en 2005 a la proyección a partir del 2009.

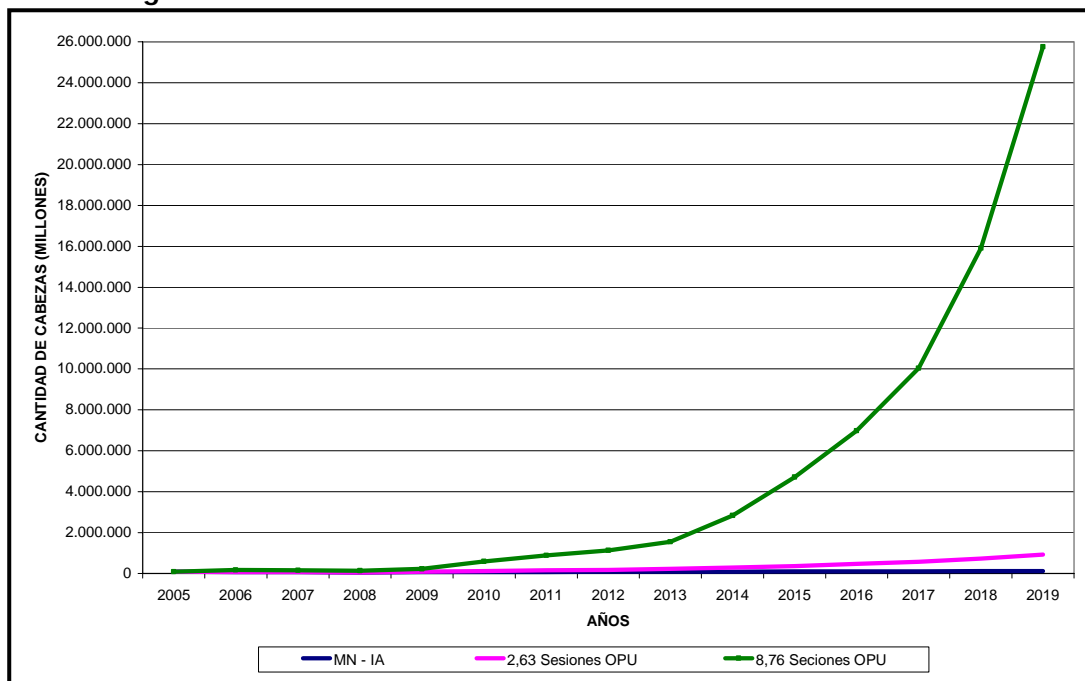
Tabla 12: Proyección al 2019

Año	%Natalidad	MN - IA	2,63 Sesiones OPU	8,76 Sesiones OPU
2005	52	78.851	78.851	78.851
2006	52	70.965	71.599	171.793
2007	52	63.871	64.439	154.614
2008	52	56.988	57.995	139.153
2009	70	69.108	86.420	221.231
2010	70	73.869	124.418	597.090
2011	70	77.082	153.951	895.565
2012	70	78.662	176.334	1.128.373
2013	70	87.202	221.454	1.551.018
2014	70	89.582	289.652	2.841.148
2015	70	96.217	372.477	4.724.712
2016	70	102.509	463.272	6.983.424
2017	70	109.899	577.751	10.039.258
2018	70	117.031	730.303	15.912.218
2019	70	124.793	927.743	25.756.973

En el grafico 4 se puede observar que el crecimiento de la población de alto valor genético es de tipo logarítmica demostrando la importancia que tendría la aplicación de la técnica de aspiración folicular y fecundación *In Vitro* dentro del plan de modernización del hato ganadero pues a pesar de que la proyección se

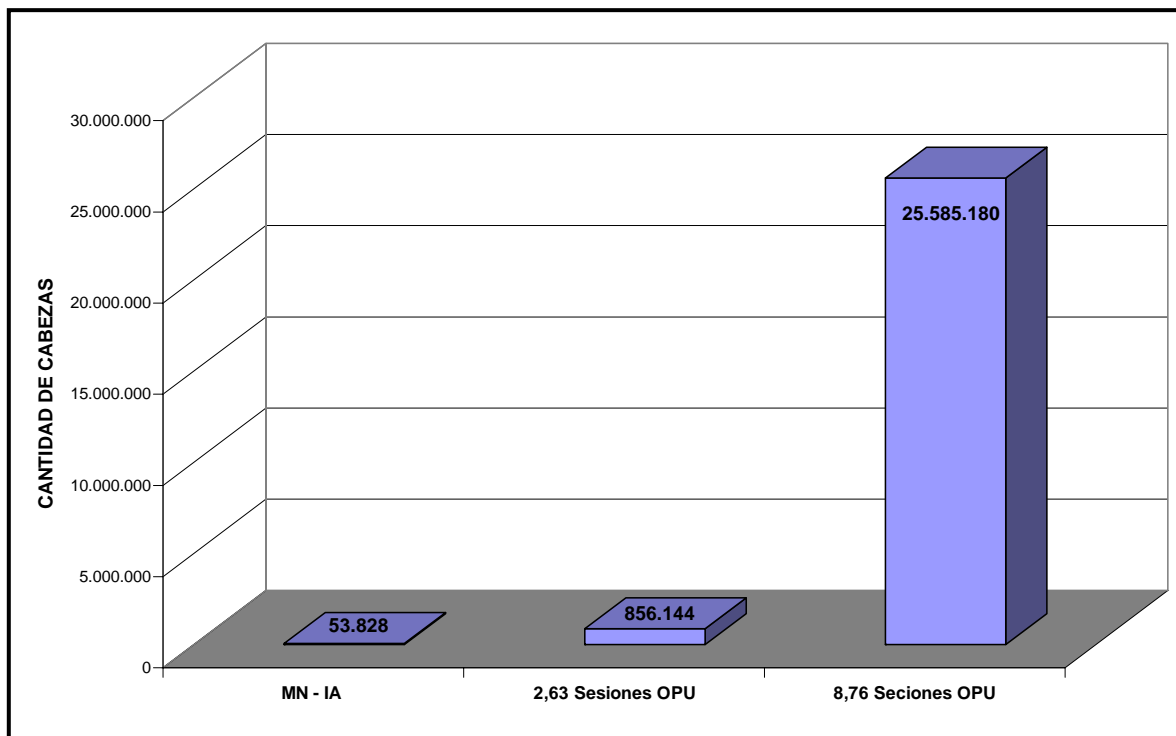
hizo con índices rigurosos se alcanza una población de 25,756,973 en catorce años.

Gráfico 4: proyección de la tendencia del crecimiento de la población de alto valor genético



En el gráfico 5 se puede observar la diferencia en el número de cabezas que se obtendrían en los 3 casos proyectados para el 2019.

Gráfico5: Diferencia cantidad de animales proyectados



CONCLUSIONES

- Técnicamente el procedimiento de la aspiración folicular y fecundación *In vitro* es viable ya que se obtuvieron 3.39 gestaciones por donadora a las cuales se le practicaron un promedio de 2.36 sesiones. Es decir que se triplico la posibilidad de tener una gestación al año en 35.4 días ya que cada sesión de aspiración folicular se realiza cada 15 días.
- Es una herramienta útil dentro del plan de modernización del hato ganadero colombiano ya que permitiría incrementar considerablemente el inventario ganadero con animales de un alto valor zootécnico.
- En la práctica comercial de la aspiración folicular y fecundación *In Vitro* se deben tener en cuenta tres puntos claves.
 1. Obtención de Oocitos: Seleccionar las donadoras para obtención de mayor cantidad de oocitos por sesión.
 2. Producción de embriones: Cumplimiento de los estándares internacionales para la producción de embriones.

3. Tasas de Gestación: selección, técnica de sincronización del celo, sanidad y nutrición de la receptora para asegurar mayor cantidad de gestaciones.

- Se pudo observar que el gran limitante para obtener mayor número de gestaciones es la baja disponibilidad de receptoras por donadora, ya que se dejan de transferir 28.74% de los embriones que se producen.
- Los costos altos en Colombia en comparación con el Brasil se deben al costo del desplazamiento de los técnicos que se hace la mayoría de veces en avioneta debido al mal estado de las carreteras lo cual incrementa el tiempo de movilización.
- Se obtiene una economía en la utilización del semen ya que se pueden obtener varias crías por pajilla.
- Hay un incremento en el valor genético de las crías debido a la programación de las mejores hembras con los mejores toros.

RECOMENDACIONES

- Desarrollo de centrales de receptoras donde se proporcionaría mayor número de receptoras por donadora, mejores condiciones de manejo, sanidad, nutrición y monitoreo durante los primeros treinta días de gestación.
- Seleccionar a las mejores productoras de oocitos para reducir costos y al mismo tiempo multiplicar animales con altos índices de fertilidad.
- Desarrollar esquemas para la utilización de semen sexado y obtener así embriones del sexo deseado.
- Adelantar estudios para hacer viable la criopreservación de los embriones para facilitar el almacenamiento y la comercialización del material genético.
- Sería significativo realizar una anotación en el registro del animal nacido por esta técnica, para facilitar controles y futuros estudios.

- Capacitación de técnicos para tener mayor disponibilidad de personas especializadas en la técnica de aspiración folicular y fecundación *in vitro*.

- Creación de laboratorios en diferentes regiones del país para disminuir los costos por desplazamiento de técnicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

BRACKETT, BG; BOUSQUET, D; BOICE , ML; DONAWICCK, WL; EVANS, JF; DORESELL, MA. Normal development following In Vitro Fertilization in the Cow. Biol. Reproduction v. 27, p. 147-158, 1982. Citado en: GORDON, IAN. Laboratory production of cattle embryos. CAB international. Dublín Irlanda 1994.

BRACKETT, BG. A review of In Vitro Fertilization. Theriogenology v.19, p.1-15, 1983. Citado en: GORDON, IAN. Laboratory Production of Cattle Embryos. CAB international. Dublín Irlanda 1994.

CALLESEN, H; GREVE, T; CHRISTENSEN, F. Ultrasonically guided aspiration of bovine follicular oocytes. Theriogenology v 27 p 217-227, 1987. Citado en: GORDON, IAN. Laboratory production of cattle embryos. CAB international. Dublín Irlanda 1994.

DAYAN, A. Factores que Interferem na Produção de embriões bovinos Mediante Aspiração Folicular e Fecundação In Vitro. Faculdade de Medicina e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2001.

FEDEGAN, Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2005- 2019. Bogotá Mayo de 2005.

FERRAZ, M.L; DAYAN, A; WATANABE, M.R; WATANABE, Y.F; Influencia da Frecuencia de OPU-FIV em bovinos. Arquivo da Faculdade de Veterinaria UFRGS, v.28 n.1 p 251. 2000

FRY, R.C; SCHENK, J.L; EARL, C.R; Production of IVF Embryos From Adult and Juvenile Cattle Using Sex Sorted Sperm. Theriogenology v.59 n.1 p.446. 2003.

GALLI, C; DUCCHI, G; CROTTI, P; TURINI, N; PONDERATO, S; COLLEONI, I; LANGUTINA, G. LAZZARI. Bovine Embryo Technologies. Theriogenology v.59 p.599-616. 2003.

GONCALVES, P. B. D; DE OLIVEIRA, J. F; PEREIRA, N. J; BASTOS G. M. Producao In Vitro de embrioes In: GONCALVES, P. B;FIGUEREIDO,JR; FREITAS,VJF. Biotecnicas aplicadas a reproducao animal. Sao Paulo: Varela 2002. cap. 10.

HAFEZ, E.S.E. Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos. Nueva Editorial Interamericana. México DF. 1986.

INTA (Instituto de tecnología Agropecuaria). Aplicación de la Producción In Vitro de Embriones en producción animal. INTA Expone 2004 en la Pampa Húmeda. Argentina 2004.

KRUIP, T.H; BONI, R; WURTH, Y.A; ROELOFSEN, M.W.M; PIETERSE, M.C. Potential use of ovum pick up for embryo production and breeding in cattle. Theriogenology v. 43 p.259. 1994.

LAMBERT, R.D; BERNARD, C; RIOUX J.E; BE LAND, R; D'AMOURS ,D; MONTREUIL, A. Endoscopy in cattle by the paralumbar route: thecnique for ovarian examination and follicular aspiration. Theriogenology v.20 p.149-161,

1983. Citado en: GORDON, IAN. Laboratory production of cattle embryos. CAB International. Dublín Irlanda 1994.

LORENTE, L. El Desarrollo Ganadero: Una Estrategia de Alcance Regional. En: Colombia Ganadera n. 3. 2004.

NASSER, L. Uso Práctico de la Fecundación In Vitro en Condiciones de Campo. En: Quinto Simposio Internacional de la Reproducción Animal. IRACA, Argentina 2003.

RINCON, J.J. Clasificación zoológica ecológica – Ubicación y distribución mundial – Tipo racial. En: VÉLEZ CUEVAS, G. Selección y Juzgamiento del Ganado Cebú. Mafer impresores Colombia 2003.

SORENSEN, A.M, Jr. Reproducción Animal Principios y Prácticas. Mc graw Hill. México, 1979.

SMEANTON, D.C; HARRIS, B. L; XU, Z.Z; VIVANCO W.H. Factor affecting commercial application of embryo technologies in New Zealand: a modeling approach. Theriogenology v.59 p.617-634, 2003.

VÉLEZ CUEVAS, G. Como Canalizar los Juzgamientos Buscando los Factores Económicos. En: Selección y Juzgamiento del Ganado Cebú. Mafer Impresiones. Colombia 2003.

WATANABE M.R; LOBO, R.B; FRANCESCHINI, P.H; DAYAN, A; VILA, R.A; GALERANI, M.A.V. WATANABE, Y.F. Producao In Vitro de embrioes por sessao de aspiracao en femeas nelore. Arquivo Facultade de Veterinaria UFGRS. V.26 número 1 p. 382- 383, 1998