



11281 1  
29

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**CARACTERIZACION DEL CARIOTIPO DEL  
GANADO BOVINO FERTIL, INFERTIL  
Y DE FERTILIDAD LIMITADA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOMEDICAS**

**( Morfología )**

**P R E S E N T A**

**BRAULIO LOZANO CARBAJAL**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**ASESORES:**

**DRA. MARIA CRISTINA MARQUEZ OROZCO**

**DRA. AMALIA MARQUEZ OROZCO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.**

**1991**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Página
1 - INTRODUCCION.	1
1.1 Ganado lechero.	1
1.2 Ganado de carne.	9
2 - CITOGENETICA.	10
2.1 Cromosomas.	10
2.1.1 Antecedentes históricos.	10
2.1.2 Morfología.	15
3 - ABERRACIONES CROMOSOMICAS.	20
3.1 Numéricas.	20
3.2 Estructurales.	26
4 - CROMOSOMAS EN EL GANADO BOVINO.	33
4.1 Morfología normal.	34
4.2 Aberraciones cromosómicas y la reproducción.	36
5 - HIPOTESIS Y OBJETIVOS.	53
6 - MATERIALES Y METODOS.	54
6.1 Trabajo de campo.	54
6.2 Trabajo de laboratorio.	55
7 - RESULTADOS.	58
7.1 En ganado Holstein.	58
7.2 En ganado Suizo americano.	69
7.3 En ganado <i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i> .	71

8 - DISCUSION.	74
9 - CONCLUSIONES.	79
10 - RESUMEN.	80
11 - RESUMEN EN INGLES.	81
12 - RESUMEN EN FRANCES.	82
13 - REFERENCIAS.	83

## 1 - INTRODUCCION.

### 1.1. Ganado lechero.

La producción mundial de leche en los países subdesarrollados y desarrollados, para 1987 se puede observar en las gráficas 1- A y 1- B, en la cual notamos que México participa con el 6% (68).

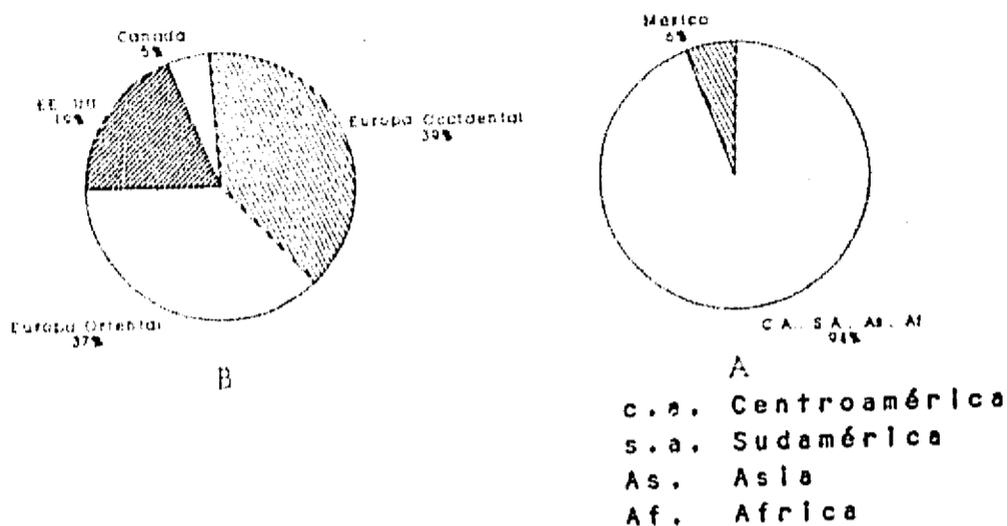
En nuestro país existen 8.2 millones de vientres bovinos que se dedican a la producción de leche, de los cuales el 26.5% se localizan en el altiplano y en las zonas templadas y de estos sólo 700,000 (8.5%) son de razas especializadas, explotadas en sistemas intensivos y 1.5 millones (18%) en sistemas semintensivos. El resto se encuentra en las zonas áridas o semiáridas (14.5%) y en las tropicales (46%), estas últimas se explotan principalmente por medio de sistemas extensivos y de ordeña estacional (70).

En diversos informes oficiales (69) se ha indicado que el 32% de los habitantes del país no toman leche y un 14% más lo hace sólo ocasionalmente.

Al considerar por ejemplo, que el consumo disponible de leche en 1987 fue de 6,200 millones de litros producidos en el país más 157,000,000 que se importaron (gráfica 2), se deduce que el consumo es de 94.8 litros por persona al año, que es equivalente a 259 ml diarios. La estructura de la demanda muestra un fuerte desequilibrio en función de la capacidad económica de la población, ya que el grupo con ingresos mayores al salario mínimo, tuvo un consumo diario *per capita* de 403 ml mientras que aquellos con ingresos menores al salario mínimo consumieron apenas 83 ml diarios.

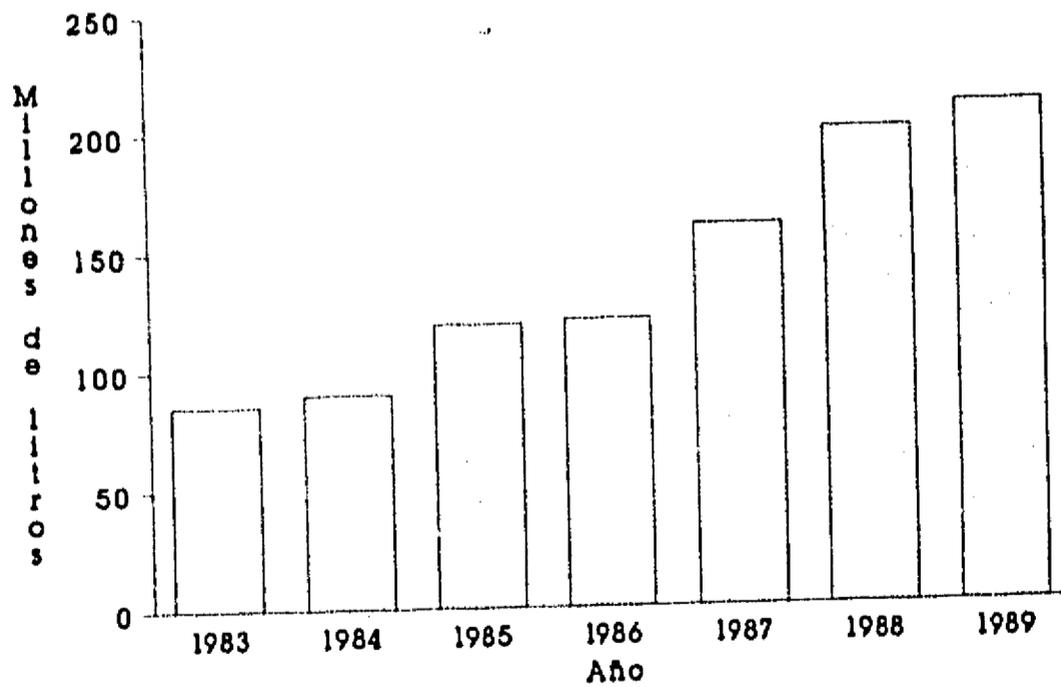
Si se considera que la meta nacional sea la recomendada por la FAO de 500 ml/día para 1988 se requerirían 14,965 millones de litros, esto es, el déficit fue de 8,765 millones de litros de acuerdo con la producción

GRAFICA No. 1. Producción mundial de leche en 1987.



Tomado de Marín (69)

GRAFICA No. 2. Importación de leche de 1983 a 1989



Tomado de Marín (69)

nacional (7, 69). Además con el incremento de la población, el déficit anual de leche se acrecienta (7).

Existe un gran número de factores que influyen en la baja producción pecuaria, que incluyen desde los económicos hasta los políticos. Sin embargo desde el punto de vista sólo pecuario, mientras se mantengan pies de cria que no tienen una reproducción y una productividad óptimas, todas las inversiones tendrán resultados inadecuados para resolver este problema. Al hacer un análisis sobre los parámetros reproductivos de los bovinos del altiplano mexicano, se pone de manifiesto el grave deterioro biológico en que estos se encuentran, lo cual se puede observar en los cuadros números 1,2,3 y 4 (1).

CUADRO 1 - Valores promedio de las características reproductivas de los bovinos del altiplano mexicano, mantenidos en sistemas de estabulación.

Características reproductivas	Días	Número de estudios consultados.
Pubertad	721	1
Primer servicio	620	4
Primera concepción	613	8
Primer parto	688	17
Intervalo parto-concepción	140	11
Intervalo entre partos	437	19

Tomado de (1)

En el cuadro 1 existen varias contradicciones en los diferentes estudios que se presentan, ya que por una parte en algunos ranchos, el primer parto de las vacas lo tienen a los 688 días de vida es decir que la vaquilla quedó gestante a los 13 meses de edad y en otras explotaciones la primera cubrición se hace a los 620 días es decir a los 20 meses, ambas fechas están ubicadas fuera de lo que debería ser normal que es de 17 a 18 meses. En el mismo cuadro se observa que el intervalo entre parto y siguiente concepción es de 140 días mientras que lo ideal es de 90, así mismo el intervalo entre partos es de 437 días y lo que se desea es de 365 días.

CUADRO 2 - Parámetros reproductivos del ganado bovino lechero en el altiplanomeicano.

Característica reproductiva.	X±DE*	No.de estudios	Mínimo	Máximo
Edad a primer parto	27.9±1.87 meses	9	25	30.8
Intervalo parto-concepción	114.5±23.6 días	43	60.6	156.7
Intervalo entre partos	398.3±22.8 días	60	358.2	463.0
Servicios por concepción	2.1±0.5	70	1.4	4.8
Partos por vida reproductiva	2.9±0.7	15	2	5.0

\* = Promedio ± Desviación estandar. Tomado de (1).

En el cuadro 2, los parámetros analizados en general se salen ligeramente de lo aceptado como normal, pero los partos por vida reproductiva los cuales muestran un promedio de 2.9 están absolutamente por debajo de lo ideal que es de 6.

CUADRO 3 - Fertilidad de ganado bovino lechero en el altiplano mexicano.

Característica reproductiva	X± DE	No.de estudios	Mínimo	Máximo
Concepción a primer servicio	51.3±14.2	9	37.2	87.5
Gestación a primer servicio	33.8± 7.6	3	23.3	41.0
Fertilidad a primer servicio	46.0± 9.2	16	27.6	61.0
Fertilidad total	58.9±28.5	7	15.4	95.0

Tomado de (1).

El cuadro 3 pone de manifiesto lo grave en que se encuentra la fertilidad en el ganado lechero, en el se puede observar que la concepción a primer servicio es de 51.3% y que las que en realidad quedan gestantes y llegan al parto es de 33.8%, así mismo al analizar la fertilidad de todo el hato es de 58.9% es decir constantemente existe mas de 40% de vacas con problemas reproductivos que no quedan gestantes, la fertilidad aumenta ligeramente al analizar todo el hato porque se incluyen vacas de 2 o 3 partos que han seguido en el establo gracias a su buena historia reproductiva.

CUADRO 4 - Parámetros reproductivos y productivos obtenidos del centro nacional bovino de Ajuchitlán, Qro. durante 1987.

Dosis de semen por concepción	2.73
Fertilidad	37.0 %
Vacas vacías durante más de 100 días	34.50%
Vacas repetidoras	29.40%
Desecho reproductivo	34.50%
Abortos	2.00%
Intervalo entre partos	465 días
Vacas en el hato	310
Litro-vaca-hato-día	10.30
Número de vacas en línea	240
Litro-vaca-línea-día	15.00

Tomado de Giles R.M. (1)

En el cuadro 4 se muestra el análisis de un solo rancho de 310 vacas, en este se presenta la misma situación negativa que existe en el grueso de la ganadería lechera, como son: una fertilidad de 37.0%, un 34.50% de vacas que se mantienen vacías por más de 100 días, un porcentaje de 29.40% de vacas repetidoras, un 34.50% de vacas que se envían al rastro anualmente por baja o nula fertilidad, e intervalos entre partos de 465 días.

Otros estudios se han enfocado a la determinación de las causas por las cuales los parámetros mencionados son negativos y han encontrado que uno de ellos es el manejo de la inseminación artificial (120), en el que influyen: la precisión en la detección del estro, del momento óptimo para la inseminación, la fertilidad del toro utilizado como donador del semen, el manejo del semen en el campo, el descongelamiento del semen, las técnicas de inseminación y como último factor se incluye la fertilidad de las vacas. Una de las razones del bajo índice de concepción en el hato es el conservar en el establo a las vacas repetidoras por tiempo excesivo; ya que una proporción relativamente alta de los animales que no quedan gestantes en cada servicio son estériles o con un grado de infertilidad elevado, por lo cual se van seleccionando como un grupo infértil. En el centro de cría de Tizayuca, Hgo. se ha determinado que la fertilidad de las vaquillas que no quedan gestantes después del tercer servicio, es tan

baja en servicios subsecuentes que no se justifica el darles "una última oportunidad", lo que se muestra en el cuadro 5 (102,120).

CUADRO 5 - Concepción en vacas Holstein en relación al número de servicios.

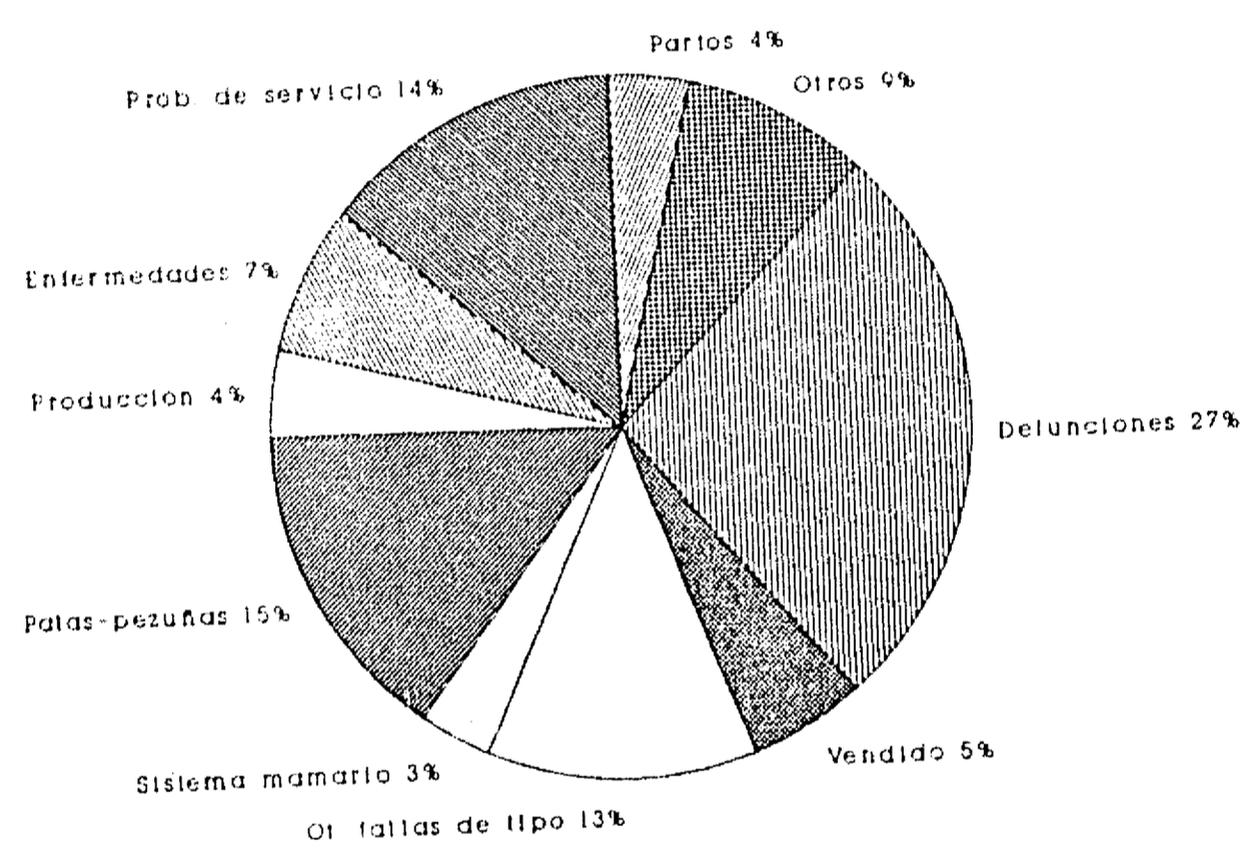
Servicio No	No de animales	% de fertilidad
1	800	59.4
2	340	40.3
3	183	30.1
4	86	33.7
5	47	38.3
6	35	25.7
7	57	19.3

Tomado de las memorias del curso internacional de reproducción bovina. Marzo, 1989. Zacatecas, Zac. (120).

Otras causas muy importantes de la baja fertilidad del ganado son: periodos prolongados de anestro, ninfomanía, pérdida embrionaria y aborto.

En países como Canadá, los altos porcentajes de eliminación de los bovinos se deben a un número alto de problemas de servicio, como se observa en la gráfica 3 (33).

GRAFICA No. 3. Porcentajes de eliminación en 19,336 vacas Holstein canadienses.



Tomado de Marin (69)

En el cuadro 6 se observa el número de partos, en el transcurso de 6 años de vida reproductiva de 9 vacas (68).

CUADRO 6 - Número de partos en el transcurso de 6 años de vida reproductiva de 9 vacas.

No	Duración del ciclo reproductor	Producción de terneros No.
1	365 días.	6
2	395 "	5.5
3	425 "	5.1
4	455 "	4.8
5	485 "	4.5
6	515 "	4.2
7	545 "	4
8	575 "	3.5
9	605 "	3.2

Tomado de (68).

La primera, sería la vaca ideal, con 6 partos a intervalos de 365 días, sin embargo de acuerdo a los parámetros mostrados en los cuadros 1 al 4, la realidad es que la mayoría están clasificadas entre el cuarto y quinto lugar, con relación al lapso del ciclo reproductivo; mientras que si se considera el promedio de partos reportados, el cual es de 2.9 quedarían ubicadas en el décimo lugar, el cual ya no se muestra en dicho cuadro.

Si se considera que en lugar de 6 partos se obtienen 3, se deduce que se dejan de producir 3 becerros y a su vez 3 lactancias, las cuales producirían 15,000 litros de leche por vaca, multiplicados por 350,000 vacas especializadas que se encuentran en estas condiciones, dan un total de 5,250 millones de litros de leche no producidos.

Es decir que si se lograra aumentar el promedio de partos al reducir la duración del ciclo reproductivo, el mismo número de animales produciría una mayor cantidad de leche.

## 1.2 Ganado de Carne.

La distribución aproximada del ganado de carne en algunos países del continente americano se muestra en el cuadro No 7 (117).

CUADRO No 7 - Distribución aproximada del ganado de carne en América.

---

América del Norte		
	E E U U	93,696,000
	México	14,500,000
	Canadá	8,906,000
América del Sur		
	Brasil	55,000,000
	Argentina	41,000,000
	Colombia	15,000,000
	Uruguay	8,000,000

---

Tomado de Williams D W (117).

Se observa que México tiene alrededor de 14.5 millones de vientres de ganado destinados a la producción de becerros para el abasto. De éstos, 9.5 millones corresponden al ganado *Bos taurus* X *Bos indicus*, el resto al criollo y a razas especializadas en la producción de carne como la Hereford, Aberdeen Angus, Santa Gertrudis, Charolais y Suizo Americano entre otras.

De acuerdo al censo ganadero y agrícola de 1980, la tasa de procreación nacional es de 51% es decir anualmente se quedan cerca de 7.0 millones de vacas sin producir. En los ranchos ganaderos mejor manejados esta tasa es de 70 a 85%, por lo cual existe un 15 a 30% de vacas con baja o nula fertilidad. Si se lograra disminuir este porcentaje a un 10%, se tendrían anualmente 2.0 millones de becerros más para el abasto interno o la exportación.

## 2. CITOGENETICA.

### 2.1. Cromosomas.

#### 2.1.1 Antecedentes históricos.

En sentido estricto el nacimiento de una nueva ciencia -la genética- que explicara los fenómenos hereditarios biológicos estaría condicionada a su capacidad para dar respuesta a dos preguntas fundamentales.

¿Cuáles son las leyes por las que se transmiten los caracteres biológicos de padres a hijos?

¿Cuál es la base física por la que tales caracteres se transmitan y se conserven?

La primera pregunta fue contestada con base en las experiencias de Mendel publicadas en 1865.

La respuesta de la segunda está en íntima relación con la historia y paradigma del ácido desoxirribonucleico o ADN, que se inicia en 1871 cuando Miescher describió la "nucleína" como una "sustancia rica en fósforo" aislada por vez primera de los núcleos de las células del pus y después de células del riñón y del testículo.

La nucleína fue rebautizada en 1899 por Altmann como ácido nucleico (61).

Mendel no tuvo conocimiento de la naturaleza física y química del material genético llamado ahora gen, cuando en 1865 propuso las leyes de la herencia basadas en años de colección y análisis de datos (25), y es por esto que los trascendentes descubrimientos de Mendel pasaron desapercibidos durante 35 años (63).

Otra causa del olvido de los importantes trabajos de Mendel fue el intenso interés científico mundial despertado por las recientes publicaciones de Charles Darwin sobre el origen y evolución de las especies (61).

Además de los trabajos de Mendel, en las últimas tres décadas del siglo pasado surgieron varias hipótesis encaminadas a conocer el material físico hereditario, entre las cuales se mencionan las del propio Darwin con su hipótesis de la pangénesis, el llamó gémulas a la materia hereditaria y decía que era recogida de todas las partes del sistema y constituían los elementos sexuales, que se desarrollaban en la siguiente generación para formar un nuevo ser y se transmitían en un estado latente a su descendencia. También Darwin aceptó la hipótesis Lamarckiana que postulaba la transmisión de caracteres adquiridos (61).

Nägell aportó en 1870 la teoría del idioplasma como base física de la herencia y decía que éste eran miscelas constituidas por agregados moleculares inorgánicos, cubiertos por una fina película de agua que reaccionarían espontáneamente para formar las proteínas y que no eran exclusivas de las células germinales sino que existían en todos los tipos celulares del organismo, en forma de red (20).

De Vries en 1889, en su teoría sobre la pangénesis intracelular decía "considero que todas las predisposiciones hereditarias del organismo deben estar representadas en el núcleo de la célula... y transportados al protoplasma... en el núcleo están inactivos y en los otros órganos del protoplasma se vuelven activos... y cada partícula que representa a una característica hereditaria la llamaré pangene".

Weissmann en 1885, desarrolló su teoría sobre la "continuidad del plasma germinal" fundamentada en la idea de que la herencia se produce por la transmisión de una sustancia química de una generación a la otra, a la que llamó plasma germinal, cuya constitución molecular bien definida, se debía a la existencia de los blóforos presentes en el núcleo, los cuales pasaban a través de la membrana nuclear al citoplasma (20, 61).

Hacia 1880 Flemming preparó laminillas por medio de la tinción que lleva su nombre la cual era tomada por los núcleos de las células, en los que observó cuerpos fibrosos de color rojo brillante, por lo cual, Flemming la llamó cromatina, y en 1888 Woldeger propuso que esta estructura estaba formada por los cromosomas (25, 87).

Para 1900, cuando los resultados de Mendel fueron redescubiertos, ya se había profundizado en el estudio de las estructuras internas de la célula, y las investigaciones se encaminaban a la comprensión de las funciones de las estructuras observadas (80).

El descubrimiento de que dos ramas de la ciencia -la genética y la biología- aparentemente separadas, en realidad se interrelacionaban, constituyó un avance en la ciencia, debido a que los conocimientos adquiridos en cada una permitió a su vez explicar la otra. Tal avance se realizó cuando se descubrió que la genética mendeliana y los procesos de la meiosis y la mitosis están relacionados. En 1902, dos investigadores, Sutton en los Estados Unidos de Norteamérica y Boveri en Alemania, independientemente, sugirieron que los genes estaban contenidos en los cromosomas, idea que se conoce como la "TEORIA CROMOSOMICA DE LA HERENCIA". Ambos se basaron en la observación del comportamiento paralelo de los cromosomas y los genes durante la meiosis y la fecundación (15).

En 1903 el mismo Sutton publicó dos trabajos que en general se aceptan como la primera demostración definitiva de que los cromosomas constituyen la base física de la herencia, que corresponden a las partículas unitarias mencionadas en las leyes de Mendel (63, 110). El proceso deductivo de Sutton, para postular su teoría cromosómica de la herencia se basó en la observación de las siguientes evidencias (64):

a) Sólo el espermatozoide y el óvulo unen una generación con la próxima, entonces ellos podrían llevar toda la información necesaria para producir el nuevo individuo.

b) Las células espermáticas están compuestas casi totalmente de la materia nuclear, no obstante contribuyen, con mucho, a la próxima generación, así como el huevo formaría a la masa citoplasmática, entonces el núcleo pudiera ser la localización del material genético.

c) En los cromosomas se observa una conducta de división precisa, lo cual es esencial para la transmisión de la información genética.

d) Tanto los cromosomas como los factores mendelianos ocurren en pares.

e) Tanto los cromosomas como los factores mendelianos se segregan hacia diferentes células durante la gametogénesis.

f) La segregación cromosómica parece ser independiente, y mantiene los requerimientos de la segunda ley de Mendel (110).

Después de la confirmación de la teoría cromosómica de la herencia las investigaciones se encaminaron a la identificación de la base molecular de la misma.

En este camino Griffith en 1928 trabajó con pneumococos "R" no patógenos y descubrió por experimentos *in vivo* e *in vitro* que por el segundo método se lograba la transformación de la cepa "R" en una variedad "S" patógena, cuando se agregaba un extracto libre de células de pneumococos "S" a los cultivos de "R", este experimento condujo a la interpretación de la naturaleza química del "principio transformador".

El descubrimiento de las bases moleculares de la herencia se llevó a cabo en 1944, casi 80 años después de que Mendel hiciera público sus resultados y de que Miescher descubriera la "nucleína" como una sustancia rica en fósforo localizada en el núcleo.

En ambas investigaciones, estaba la clave del proceso hereditario, y a pesar de la trascendencia de estos hallazgos se mantuvieron en el olvido,

el primero (leyes de Mendel) por 30 años y el segundo (nucleína de Miescher) por más de 70 años (61).

Sin embargo en 1944 Avery, MacLeod y McCarty publicaron su descubrimiento de un ácido nucleico del tipo desoxirribosa que era el componente fundamental del principio transformador del pneumococo "R" en "S" estudiado por Griffith (64).

Las bases experimentales de sus conclusiones fueron:

a) No se perdía la actividad transformadora al realizar la extracción de proteínas y de lípidos.

b) La ribonucleasa no tenía ninguna acción sobre el principio transformador.

c) La desoxirribonucleasa hacía perder la actividad transformadora.

d) Las propiedades ópticas, de ultracentrifugación, difusión y electroforesis del material purificado fueron semejantes a la del ADN.

Este trabajo es un hito en el desarrollo de la bioquímica, ya que hasta antes de 1944 se consideraba en forma casi general, que las proteínas cromosómicas eran las portadoras de la información genética y que el ADN tenía una misión secundaria (8), aunque la evidencia experimental era terminante, la comunidad científica de la época fue reacia a aceptar al ADN como integrante del material hereditario y se inclinaron por considerar que este era de naturaleza proteica (37).

Es ocho años más tarde que Hershey y Chase realizaron un experimento semejante a los de Avery y col., al usar bacteriófagos y fue hasta entonces cuando la comunidad científica aceptó sin reservas al ADN como el material hereditario, sin embargo en algunos virus la transmisión hereditaria se debe al ARN (61).

Por otra parte estos experimentos encontraron apoyo en los estudios del contenido del ADN, que indican que en todas las células de una especie era el mismo y que las diploides tenían el doble del ADN que las haploides (110).

En resumen la historia cronológica de la genética puede dividirse a *grosso modo* en cuatro etapas (61):

Primera: Desde Mendel hasta 1943, corresponde al estudio de la transmisión de los caracteres hereditarios.

Segunda: Desde 1944 a 1960 se enfocó al estudio de la naturaleza y propiedades del material hereditario.

Tercera: De 1960 a 1975 se enfocó a los estudios de los mecanismos moleculares de acción genética.

Cuarta: De 1975 a 1989 se caracteriza por el desarrollo y aplicación de nuevas técnicas moleculares en la ingeniería genética.

Por último se está iniciando una quinta etapa, en la que el objetivo primordial es el análisis molecular del desarrollo (61).

#### 2.1.2 Morfología.

El nombre de cromosoma del latín (croma=color y soma=cuerpo) fue inicialmente utilizado para designar aquellas estructuras coloreadas que aparecen en las células eucariotas, durante la mitosis, ahora se les considera como una unidad morfológica y fisiológica, que contiene la información genética.

Los primeros estudios de los cromosomas se hicieron en animales de laboratorio y en insectos y a medida que las técnicas de preparación fueron perfeccionadas se pudieron observar en otras especies (50).

El descubrimiento de la inhibición de la mitosis durante la metafase, por la acción de un alcaloide llamado colchicina, permitió el estudio morfológico preciso de los cromosomas (61), los cuales representan la condensación de la cromatina como cuerpos de morfología y número constante para cada especie, que en las células diploides se encuentran en pares (35, 55).

En las bacterias y los virus el material genético, generalmente forma un anillo simple y aislado.

Se llama "n" al número básico o haploide de cromosomas de una especie el cual está presente en los espermatozoides y los óvulos y "2n" o diploide al de las células somáticas. El número diploide de cromosomas en las diversas especies biológicas varía entre 2 en la lombriz intestinal del caballo (*Ascaris megalocephala univalens*) y mas de 1,000 en algunos protoctistas (55, 104), lo que indica que el número no está relacionado con la conformación física del individuo (50) (Cuadro No 8).

CUADRO 8 - Número diploide de cromosomas en especies domésticas.

Especie	Número
Bovina	60
Ovina	54
Caprina	60
Porcina	38
Equina	64
Asnal	62
Canina	78

En la inmensa mayoría de los seres pluricelulares las células somáticas son diploides, pero las hay multinucleadas como algunos hepatocitos que contienen 4, 8 y hasta 16 n, esta poliploidia se ha relacionado con su alto metabolismo tanto normal como en caso de exposición a tóxicos (55).

El pulmón tiene un lugar especial en la historia de la genética humana, pues en 1956 Tjlo y Levan en Suecia, con tejido de pulmón fetal *in vitro*, establecieron que el hombre tiene 46 cromosomas (8). En relación a su tamaño suele referirse al que tiene durante la metafase mitótica; a pesar de presentar en esta etapa un grado de condensación variable, así hay organismos como los anfibios y los insectos con cromosomas metafásicos largos de entre 10 y 30 micras, aunque en la mayoría de los animales mide de 2 a 5, sin embargo, su longitud al extenderse cambia mucho en relación a la que presenta cuando está condensado. Por ejemplo el cromosoma 1 de humano extendido mide 7.3 cm y durante la metafase mitótica se reduce a 0.001 cm (61).

Cada cromosoma metafásico está constituido por un par de cromátidas.

Una cromátida interfásica tiene aproximadamente un diámetro de 30 nm y de 400 a 600 en la metafase.

De acuerdo a la posición del centrómero localizado en la constricción primaria, los cromosomas se clasifican en (figura 1):

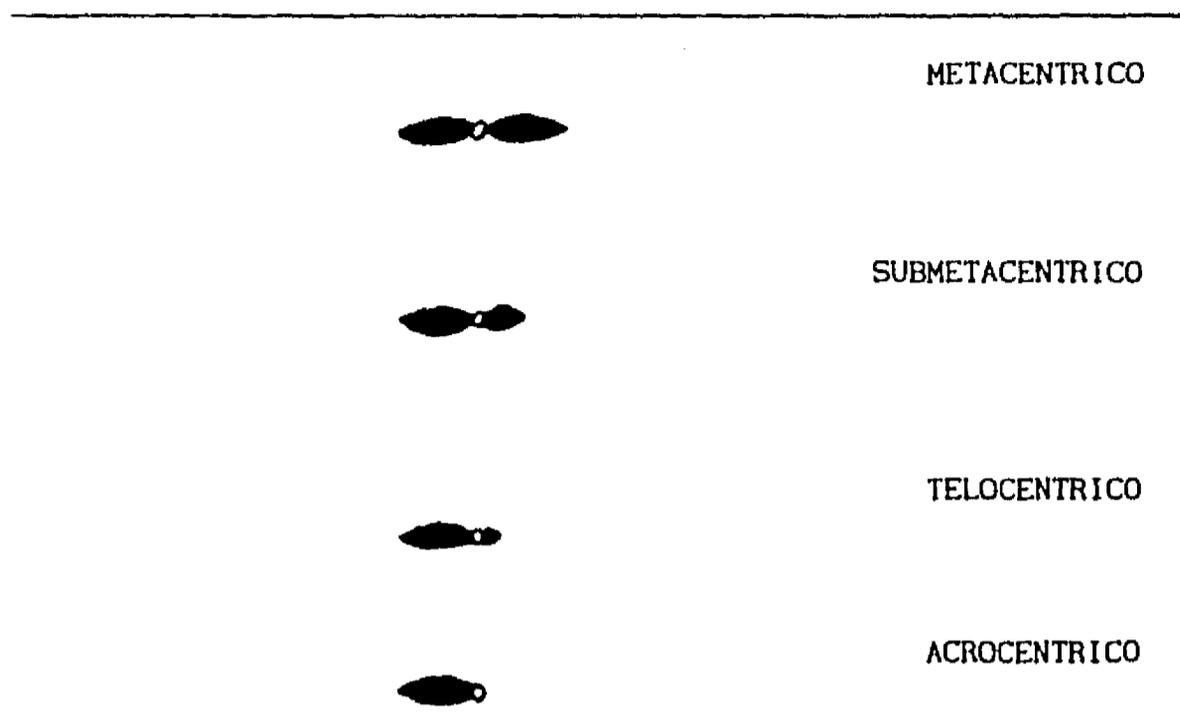
Metacéntricos, si el centrómero está localizado en la parte media.

Submetacéntrico, si el centrómero está localizado ligeramente excéntrico.

Telocéntrico, si el centrómero está localizado casi en uno de los extremos.

Acrocéntrico, si el centrómero está localizado en el extremo. (25, 39).

Figura 1. Morfología cromosómica de acuerdo a la posición del centrómero.



Además de la constricción primaria o centromérica, ciertos cromosomas presentan regiones estrechas que aparecen siempre en el mismo lugar, éstas son constricciones secundarias y terciarias que permiten su reconocimiento individual. La parte del cromosoma situado hacia el extremo contrario al centrómero y a la constricción secundaria se llama satélite y es semejante a un palillo de tambor.

El significado de las constricciones terciarias no es claro.

Frecuentemente en el inicio de la mitosis y en las primeras etapas meióticas, cuando se hacen aparentes los cromosomas, se puede observar que los nucleolos se asocian a las constricciones secundarias. Los estudios y el análisis de la reorganización nucleolar durante la telofase condujeron al conocimiento de que las constricciones secundarias presentan una zona de cromatina que participa en la fisiología y organización del nucleolo, por lo que se les llamó organizadores nucleolares (10, 25, 72).

Las técnicas de bandeo perfeccionadas han favorecido la identificación de los pares cromosómicos con mayor precisión.

El primer procedimiento de bandeo utilizado fue con base en una sustancia fluorescente, la mostaza de quinacrina, que se une a porciones definidas de los cromosomas, y cuando la preparación es expuesta a la luz ultravioleta, se ponen de manifiesto las bandas Q, que son los segmentos que incorporan la quinacrina que al ser excitados fluorescen intensamente (35, 87).

Posteriormente se desarrollan otros procedimientos mas simples por los que se pueden observar bandas claras y oscuras mediante la coloración de Giemsa, practicada después de tratar los cromosomas con enzimas proteolíticas como la tripsina y la quimiotripsina, a este procedimiento se le conoce como bandeo G por el colorante que se usa (87).

Una modificación de la técnica de Giemsa permite identificar un patrón totalmente diferente de bandas, en los cromosomas fijados, a los cuales antes de la tinción se les extrae casi todo el ADN, por un tratamiento con base en álcalis, ácidos, sales o calor, y en este caso, la heterocromatina constitutiva de la región del centrómero se tiñe fuertemente en la banda C o centromérica.

El ADN de este segmento, resiste a la técnica de extracción, se tiñe cuando las moléculas del colorante se unen a sus grupos fosfato.

Los cromosomas metafásicos tienden a formar grupos al orientar los extremos de sus brazos entre sí, Hoskins ha mostrado que los cromosomas de humanos realmente se conectan por medio del ADN y proteína y se mantienen juntos, aún cuando se usen métodos de microcirugía para tratar de separarlos. Las fibras que los unen se han visualizado con microscopía electrónica (87).

### 3. ABERRACIONES CROMOSOMICAS.

#### 3.1 Numéricas.

Se refieren a las alteraciones del número haploide o diploide de los cromosomas de un individuo, aún cuando la morfología de éstos es normal, y a su vez se agrupan en aneuploidías y euploidías. Las células aneuploides son las que tienen un número de cromosomas que no es múltiplo del haploide y las euploides tienen el número haploide o múltiplos de éste.

Entre las células euploides están incluidas las haploides y las diploides.

Las haploides o monoploides, tienen un solo representante de cada homólogo, el número cromosómico es normal en los gametos que se representa como "n" y corresponde a la mitad del número de cromosomas de una célula somática.

Las diploides contienen un par de cada homólogo y es el número cromosómico normal que está presente en todos los tipos de células somáticas y se representa como  $2n$ . En el cuadro 8 se enlistan el número de cromosomas haploide y diploide de algunos animales domésticos (5, 114).

Las células aneuploides son aquellas en las que falta o se excede un número específico de cromosomas, en el cariotipo, ejemplo: Nulisómicas, Monosómicas, Trisómicas, Tetrasómicas, Pentasómicas, etc.

Y las euploidias son las que tienen 3 o mas "n" cromosomas, ejemplo: Triploidias, Tetraploidias, Pentaploidias, Hexaploidias, etc. (figura 2).



FIGURA 3. Diagrama de la no-disyunción en la meiosis.

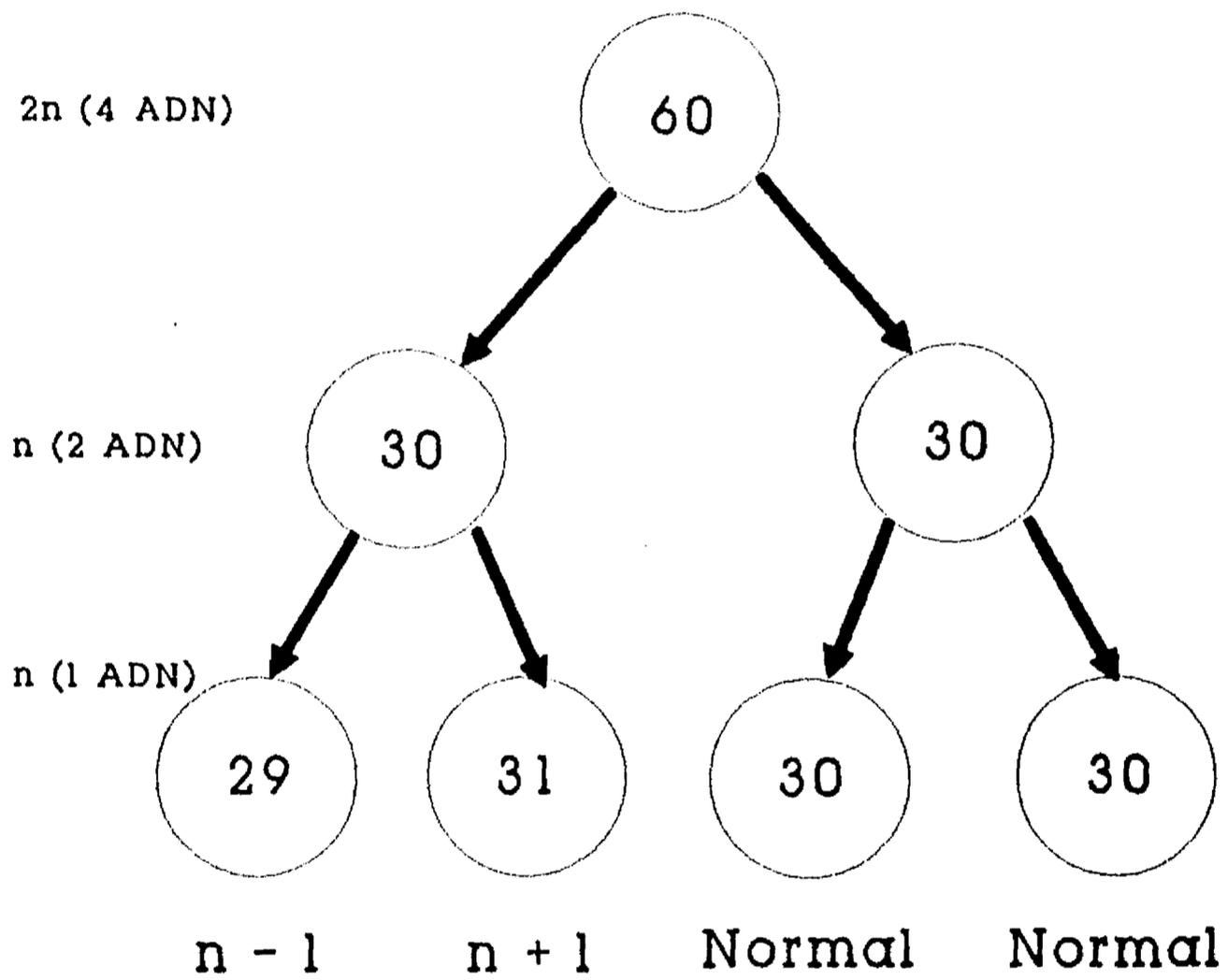
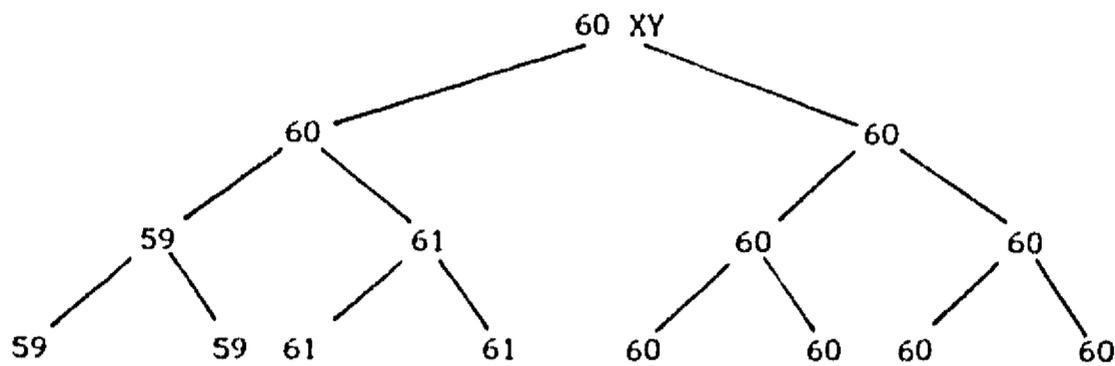


Figura 4. Diagrama de la no-disyunción en cromosomas mitóticos, lo cual da origen a individuos mosaicos.



En la meiosis, las poliploidias pueden ser además consecuencia de la prolongación de la presencia de los quiasmas, formados en los sitios de intercambio de cromatina que se efectúa en la profase meiótica I.

Si la no-disyunción de todos los cromosomas se produce durante la meiosis, se formarán gametos diploides, triploides o tetraploides, que, si fecundan o son fecundados originan productos poliploides los cuales mueren en etapas tempranas del desarrollo, en cambio si sucede durante la segmentación de un huevo, en etapa embrionaria o fetal, el resultado es que el organismo presenta a su vez células normales y poliploides; este tipo de individuos son mosaicos a los que se les denomina quimeras. Si la no-disyunción mitótica se efectúa tempranamente, la proporción de células alteradas será mayor que si se lleva a cabo en etapas más avanzadas del desarrollo.

En los organismos portadores de un mosaicismo las células poliploides pueden encontrarse en algún tipo de tejido del organismo alterado o en todos.

La poliploidia puede aparecer *de novo* e *in vitro*, debido a la acción de factores ambientales físicos o químicos, pero existe la posibilidad de

que estas aberraciones puedan tener un determinismo genético e incluso ser uno de los mecanismos utilizados en la evolución de las especies (27, 95).

En el análisis citogenético es difícil que un conjunto de cromosomas, provenientes de varios núcleos, se tome como una poliploidia dado que el grado de espiralización de los cromosomas de cada célula es distinto.

Aún cuando las poliploidias son las aberraciones más fáciles de identificar, son las que se han reportado en menor proporción tanto en la especie humana como en otros animales. Entre los primeros estudios realizados al respecto se puede mencionar el de Burns (cuadro 9) quien en su libro intitulado "La ciencia de la genética" (20), hace referencia a 5 casos de productos humanos abortados y 2 nacidos vivos, con aneuploidia/poliploidia, algunos en el 100% de sus células y otros con mosaicismo.

Cuadro 9. Casos reportados de poliploidias en humanos hasta 1970.

Referencias	69,XXY	69,XXX	69,XYX	92,XXXX	92,XXYY
Penrose y Delhanty (1961)	2				
Makino y col. (1964)	3				
Szulman (1965)	4	1			
Car (1965)	6	2	1	1	1
Patau y col. (1963)		2			
Schlinder y Mikamo (1970)	1				
Butler y col. (1969)		1			

Tomado de: Burns (20).

En 1959 Lejeune y Turpin, observaron por primera vez una aneuploidia en el hombre y demostraron que los pacientes con el síndrome de Down, conocido desde finales del siglo XIX, eran portadores de una trisomía del cromosoma número 21 (39).

Otras dos enfermedades humanas debidas a trisomía son el síndrome de Patau (47,XX+13 o 47,XY+13) y el de Edwards (47,XX+18 o 47,XY+18), en

ambos síndromes la viabilidad del producto habitualmente es de menos de 12 meses.

En los cromosomas sexuales también se presentan aneuploidias, por la no-disyunción de la meiosis como en el síndrome de Turner (45,X) característico de mujeres estériles por disgenesia ovárica y una enorme variedad de alteraciones fenotípicas, que con frecuencia provocan su muerte en la etapa intrauterina, las metahembras con tres cromosomas sexuales (47,XXX), que fenotípicamente son mujeres con apariencia similar a la normal y fertilidad limitada, el síndrome de Klinefelter (47,XXY), que corresponde a varones con retraso mental, generalmente estériles portadores de testículos hialinizados, productores o no de escasos espermatozoides.

En el ganado vacuno las publicaciones sobre poliploidias también son muy escasas, entre ellas están las de Succi y col. (109), quien detectó una hiperplodia en ovocitos de vaca. En productos abortados no hay reportes de esta aberración, mientras que en animales adultos en los últimos 15 años Cribiu (23), Nagaraja y Swartz, han publicado 4 casos. Nagaraja y Hedge (81) y Swartz y Voght (112), citan dos casos de vacas con 21 y 46% de linfocitos poliploides, que presentaban como signo clínico reproductivo la esterilidad.

### 3.2 ESTRUCTURALES.

Consisten en la alteración de la forma y /o secuencia genética de cualquier cromosoma.

Los cambios estructurales se clasifican en :

Deleciones, entre las cuales están la Intercalar, Terminal, Fractura y Brechas; Inversiones como la paracéntrica y la pericéntrica; Translocaciones las cuales pueden ser balanceadas y no balanceadas; también dentro de las estructurales están las duplicaciones, transposiciones, cromosomas en anillo, isocromosomas y fusiones céntricas.

Las deleciones son la pérdida de un segmento cromosómico, ya sea terminal o intercalar y pueden manifestarse morfológicamente con fracturas o brechas.

Las duplicaciones consisten en la repetición de una secuencia de genes en un cromosoma.

Las inversiones son cambios de sentido de la secuencia genética en 180 grados y sin que se modifique el número de cromosomas ni el de sus genes y pueden ser paracéntricas si el segmento invertido no incluye al centrómero y pericéntricas si lo incluyen, en este último caso puede modificarse la forma del cromosoma, cuando en el segmento invertido el centrómero está colocado en posición asimétrica.

Las translocaciones implican el paso de bloques de genes entre dos cromosomas no homólogos, que si se intercambian reciprocamente serán balanceadas y serán no balanceadas cuando sólo pasan unidireccionalmente de un heterólogo a otro.

Los anillos resultan de la unión de los extremos de un cromosoma o de fragmento de éstos para lo cual deben haber quedado libres.

Los isocromosomas son el producto de la fisión transversal del centrómero de un cromosoma, lo que determina que ambos brazos de cada cromátida hermana tengan la misma longitud y secuencia genética pero invertida en uno de ellos lo que hace que la forma de estos cromosomas sea totalmente diferente a las normales (26).

En las figuras 5 y 6 se esquematizan los diferentes tipos de aberraciones estructurales.

Generalmente las deleciones de los autosomas son letales pre o postparto, en condiciones homocigóticas y en hemicigóticas si ocurren en cromosomas sexuales. Esto indica que todos los genes son indispensables para el desarrollo de un organismo normal.

En el hombre el síndrome de "cri-du-chat" está asociado con una deficiencia heterocigótica en el brazo corto del cromosoma 5, que da como resultado el desarrollo de niños con alteraciones muy severas del sistema nervioso central.

Un cromosoma 22 con pérdida parcial del brazo largo llamado cromosoma "Philadelphia" está asociado con leucemia mieloide crónica (26, 39).

Las deleciones pueden reconocerse citológicamente por la aparición en los cromosomas de los individuos heterocigóticos de bucles característicos cuando los dos cromosomas homólogos se aparean en la meiosis, ya que los genes del cromosoma normal, que no tienen los alelos correspondientes en el portador de la deleción "hernia" como una asa y puede romperse e incluso perderse, dando origen a las brechas y a las fracturas, figura 5.

Figura 5. Diagrama de las aberraciones cromosómicas estructurales.

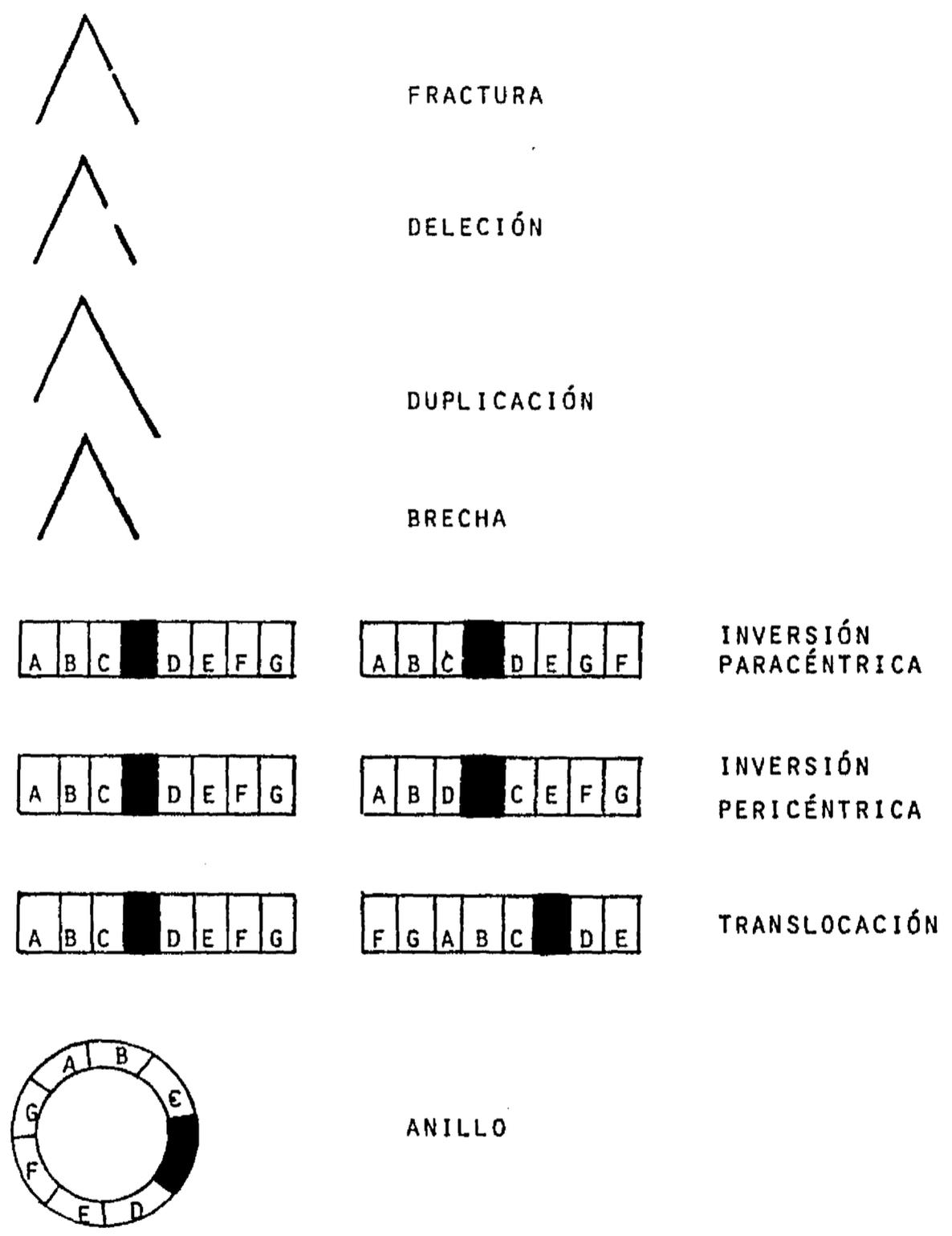
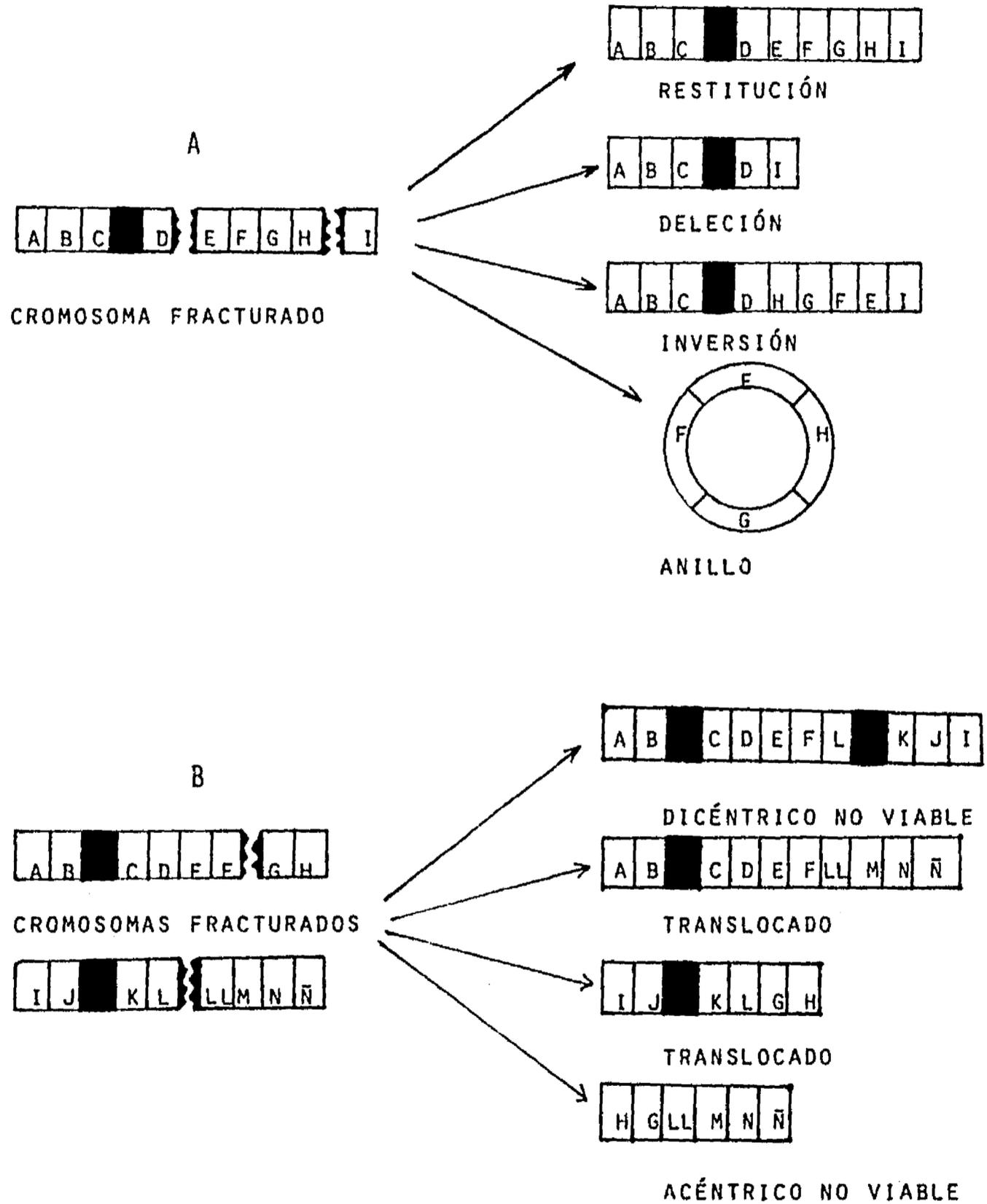


Figura 6. Aberraciones cromosómicas que pueden ocurrir después de una ruptura doble en un cromosoma (A) y sencilla en dos cromosomas (B).



El desarrollo de las técnicas de bandeado han facilitado la detección citológica de deleciones en cromosomas metafásicos (37). Las deleciones pueden ser causadas por radiaciones, virus y sustancias químicas de naturaleza diversa.

Citológicamente las duplicaciones heterocigóticas provocan bucles semejantes a los observados en las deleciones. También las duplicaciones pueden tener las mismas causas que las deleciones.

Las inversiones heterocigóticas también pueden ser detectadas en preparaciones de células en el estado paquitenio de la meiosis, por la presencia de bucles similares a los que se forman en los cromosomas portadores de deleciones o duplicaciones, que en este caso se llaman "asas de inversión".

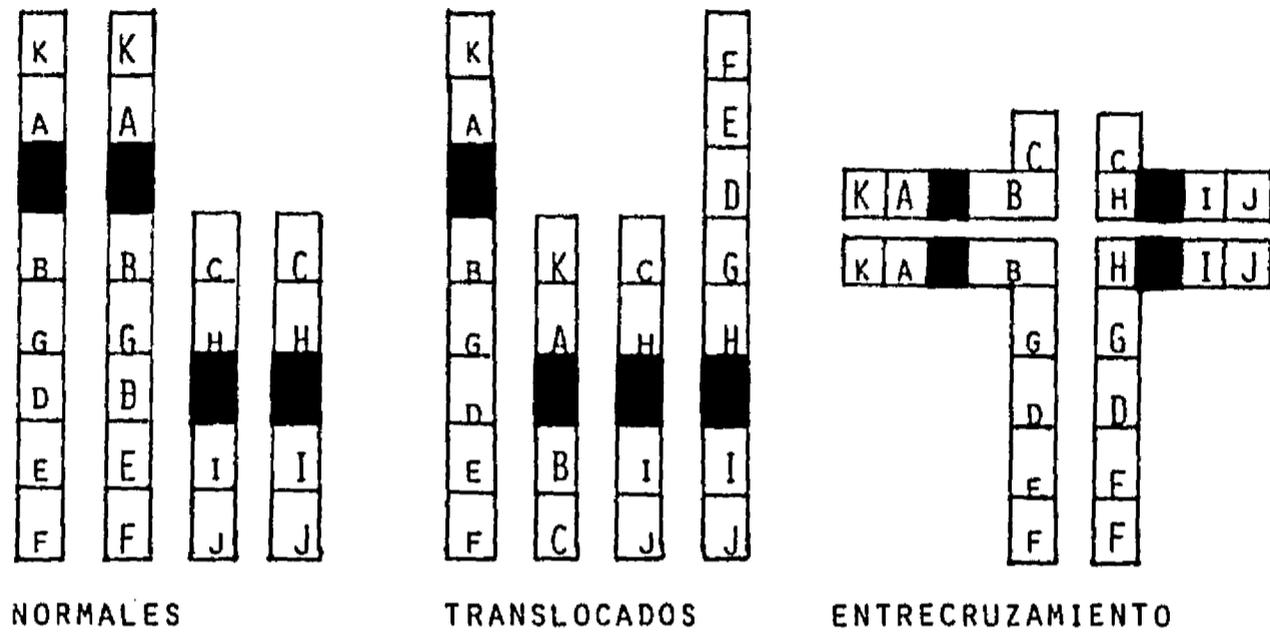
Del entrecruzamiento genético en un individuo heterocigótico para una inversión paracéntrica, por ruptura de las cromátidas, en el punto donde se inicia el asa de inversión, puede resultar que en los cuatro cromosomas, uno tenga el centrómero y pierda una parte de sus genes, otro sea un anillo sin centrómero y los dos que no efectúan el entrecruzamiento sean normales. Si es pericéntrica puede ocurrir el mismo fenómeno sólo que el cromosoma anular tendrá centrómero y el portador de la deleción no. En ambos casos los cromosomas acéntricos se pierden o se traslocan y los anulares con centrómero son inactivos para la síntesis de ADN (45).

Es así que generalmente los gametos que pueden dar progenie viable son los que tienen los cromosomas no entrecruzados y los heterocigóticos para las inversiones son parcialmente estériles, o dan origen a individuos anormales.

Las translocaciones traen como consecuencia que cambie la relación de genes, lo que provoca la formación de secuencias que en los cromosomas originales no existían y por lo tanto también del entrecruzamiento entre los heterocigóticos se modifica en los puntos de ruptura de las translocaciones, y para que los genes alelos se unan entre sí las

cromátidas de los cromosomas parcialmente homólogos y los homólogos se asocian en forma de cruz, figura 7 (5).

Figura 7. Diagrama del entrecruzamiento en cromosomas con translocación.



Tomado de Arthur y Elaine (6).

Los heterocigotos para las translocaciones son semiestériles debido a la producción de gametos anormales. Sin embargo en los portadores de translocaciones balanceadas 15/21 o 13/21, la cuarta parte de su descendencia tendrá una trisomía 21, otra no será viable por la monosomía 21 y el cincuenta por ciento restante serán sujetos normales.

Las fusiones cromosómicas se presentan virtualmente en todos los animales. Reciben el nombre también de robertsonianas por William Robertson, quien fue el primero en postular la fusión como un mecanismo para la reducción del número cromosómico (109). Además son fenómenos comunes desde el punto de vista evolutivo; sin embargo en los borregos se presentan sin causar trastornos morfofisiológicos (109).

El hombre por ejemplo tiene 23 pares de cromosomas pero los chimpancés y otros monos tienen 24 pares, por lo tanto, por lo menos un cambio robertsoniano, en el linaje humano ha tenido lugar en su evolución desde un antepasado común (104).

Las aberraciones cromosómicas de todos los tipos pueden originarse por radiaciones, virus, y una enorme variedad de sustancias químicas, dentro de las que se encuentran fármacos, pesticidas, conservadores y colorantes de alimentos, enervantes, elementos químicos y algunos ejemplos de éstos son: el LSD o ácido lisérgico dietilamida, el tabaco, las fibras de asbesto, la tintura del pelo, los ciclamatos de sodio y calcio, el DDT y la cafeína (5).

## 4. CROMOSOMAS EN EL GANADO BOVINO.

### 4.1. MORFOLOGIA NORMAL.

En los últimos 20 años con el desarrollo de las técnicas para el estudio de los cromosomas, se ha logrado conocer el cariotipo y las características específicas de los cromosomas del ganado bovino y a la vez se han puesto en evidencia ciertas aberraciones con repercusiones morfofisiológicas (31, 40, 45, 46).

El número  $2n$  de cromosomas en el ganado bovino criollo o *Bos taurus* de origen europeo y el ganado cebú o *Bos indicus* de origen africano y asiático, es de  $60,XX$  en la hembra y  $60,XY$  en el macho, de los cuales los 58 autosomas son del tipo acrocéntrico y al igual que en el hombre se ordenan para su identificación en forma descendente con relación a su tamaño y se numeran por pares del 1 al 29 (68). En el *Bos taurus* los dos cromosomas sexuales son submetacéntricos, el Y es mas pequeño que el X, y en *Bos indicus* el X es submetacéntrico y el Y es acrocéntrico (47, 48, 92, 114).

Uno de los primeros investigadores que describieron la morfología de los cromosomas en el ganado bovino fue Melander en 1959, quien a partir de células embrionarias, confirmó en *Bos taurus* tanto el número diploide  $2n = 60$  como la forma submetacéntrica de los cromosomas sexuales (48).

El cromosoma X tiene la misma longitud que los del par 1, mientras que el cromosoma Y muestra diferencia morfológica entre las diversas razas, así Croley y Clarke en 1962 a partir de cultivos de sangre lo describieron en algunas razas de *Bos taurus* como submetacéntrico, Portter y Upton en 1979 lo reportan en ganado Jersey como metacéntrico (48), Keiffer y Cartwright en 1968 en *Bos indicus* encontraron que es acrocéntrico, es así que en este tipo de ganado el Y sólo se puede identificar por bandeo (49).

En la figura número 8 se muestra el índice centromérico del cromosoma Y y su talla relativa con respecto al X en *Bos taurus* y *Bos indicus*.

FIGURA 8. Índice centromérico (\*) del cromosoma Y, así como la talla relativa (Y) expresada en relación al X, en varias razas de bovinos.

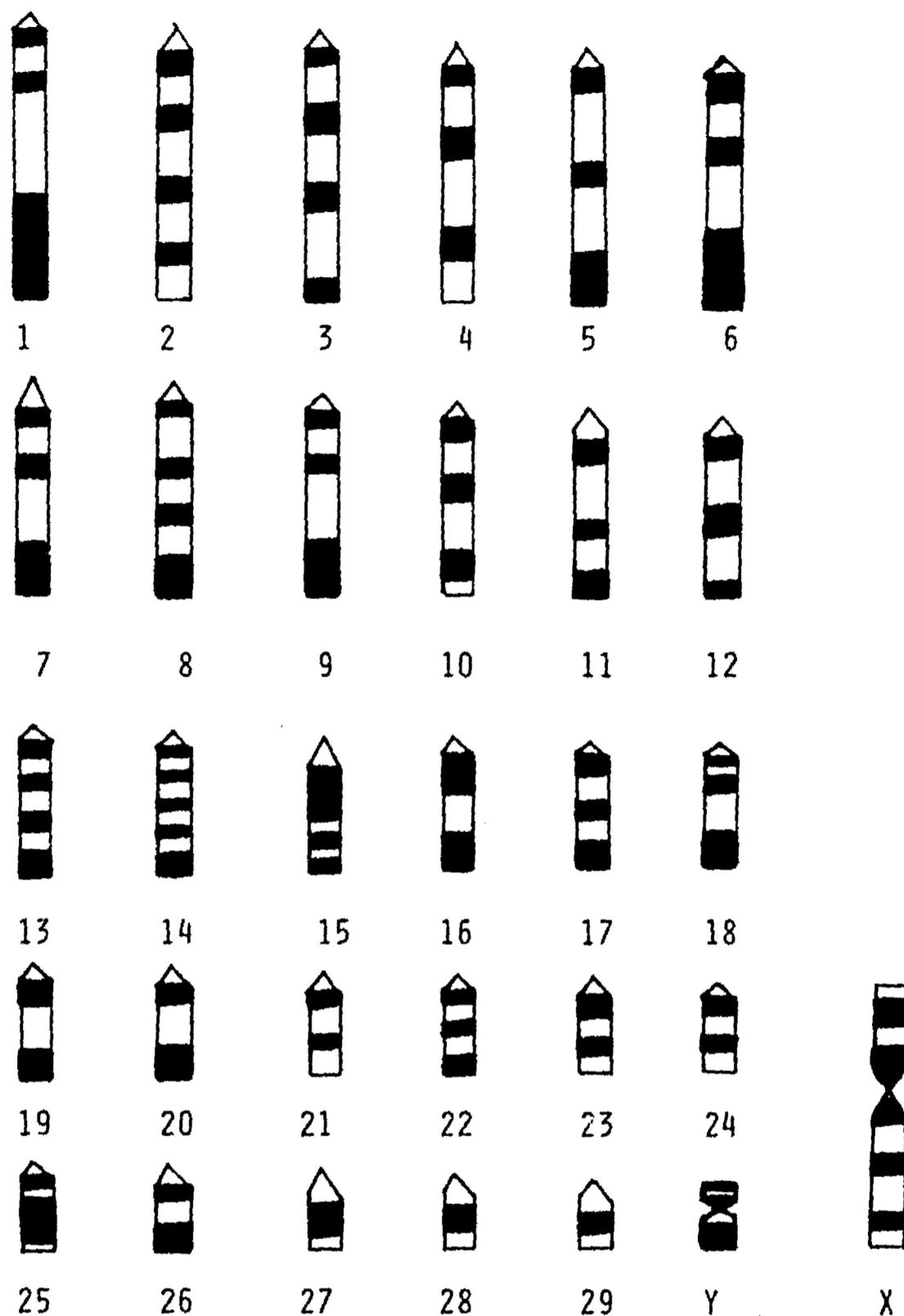
Raza	6	29	30	33	34	36	37	38	39	40	42	44	45	47	49	50
<i>Bos taurus</i>																
Charolais			*													Y
Simental						*										Y
Holstein							*		Y							
Angus							Y	*								
Hereford							Y					*				
Jersey					Y					*						
<i>Bos indicus</i>																
Brahman		*														Y
Santa gertrudis*								Y								

Tomado de Halnan y Watson (48).

Las técnicas de bandeado G han permitido identificar con mayor precisión los pares cromosómicos y sobre todo detectar de una manera más confiable las aberraciones cromosómicas figura 9 (12).

Sin embargo no es posible identificar los pares 28 y 29, el Y no se tiñe en sus brazos cortos y en la región centromérica (49, 93), figura 9. Las regiones del organizador nucleolar están localizadas en los cromosomas 2, 3, 4, 11, y 29 (10).

Figura 9. Diagrama de bandas G en ganado bovino.



Tomado de Popescu (93)

#### 4.2. ABERRACIONES CROMOSOMICAS Y LA REPRODUCCION.

En el cuadro número 10 se enlistan dos reportes de inversiones pericéntricas identificadas en los cromosomas 14 y X, de éstas la catorce fue descrita por primera vez por Popescu (94), en un toro *Bos taurus* con baja fertilidad, con 58% de gestaciones a la primera inseminación de un total de 398 vacas, de cuyos descendientes se examinaron 27 de sus hijas entre las que resultaron 16 con la misma aberración, Switoski (113) reconoció una aberración rara, la inversión de los cromosomas sexuales, en una vaca fenotípicamente normal pero con fertilidad reducida (94,113).

De estos estudios se lograron correlacionar los desórdenes en la fertilidad con las inversiones pericéntricas, las cuales pueden causar muerte embrionaria temprana.

CUADRO 10. Inversiones cromosómicas en ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales examinados	No. de positivos	Cita
<i>Bos taurus</i>	1976	Francia	27	16	94
Friesian	1984	España	*	1	3
Simental	1986	Alemania D.	228	1	62
Bovino	1987	Polonia	*	1	113

\* No se especifica en la cita.

En el cuadro 11 se enlistan las deleciones reportadas en varias razas de ganado bovino, entre los trabajos que las describen está el de Halnan (47) quien las identifica en el cinco a diez por ciento de células mitóticas de toros con baja fertilidad de las razas Friesian, Hereford y *Bos indicus*. Las deleciones se encontraron entre los cromosomas 14 al 26, por otra parte Nagaraja (81) refirió el caso de una vaca con historia de abortos repetidos en la que se observó un 32% de células con deleción.

CUADRO 11. Deleciones somáticas en el ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales examinados	No.de positivos	Cita
Friesian	1972	Australia	*	1	47
Hereford	1972	Australia	*	3	47
<i>Bos indicus</i>	1972	Australia	*	3	47
Friesian	1972	Australia	*	1	47
Bovino	1987	India	15	1	81

\* No se especifica en la cita.

En el cuadro 12 se presentan las deleciones observadas en el cromosoma X y al respecto Nahass (82) al realizar el cariotipo de una vaquilla de dos años, la cual fue sacrificada por esterilidad, encontró además de este tipo de aberraciones brechas y rompimientos en el mismo X. Anada en un caso semejante cuantificó esta aberración en 22 de 200 células examinadas, Stanik e Izarikova (107) en 16 toros con alteraciones de la actividad sexual identificaron a tres con deleción del cromosoma X.

CUADRO 12. Deleciones del cromosoma X en ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales examinados	No.de positivos	Cita
Holstein	1974	Alemania Democrática	*	1	82
Bovino	1974	Alemania Federal.	*	1	38
Holstein	1978	Canadá	*	1	73
Negro Japonés	1980	Japón	16	3	107
Bovino	1984	Checoslovaquia	*	1	17
Simental	1988	Alemania Democrática	1	1	90

\* No se especifica en la cita.

Otro grupo de aberraciones cromosómicas asociadas con baja fertilidad son los rompimientos, la presencia de fragmentos, las brechas y las translocaciones (cuadro 13), de estas el mismo Stanik e Izarikova (107) describieron la presencia de rompimientos en 5 de 16 toros con baja fertilidad, Nogach y Avakova (85) los observaron en 6 de 205.

Nagaraja y Hedge (81), al realizar el cariotipo en 15 vacas con ciclos largos, identificaron en una de ellas brechas y rompimientos. Schepper y col (103) reportaron un caso de doble translocación recíproca entre los cromosomas 2 y 20 y entre el 8 y el 27, de un toro infértil, que sin embargo tenía semen con características dentro de los parámetros normales, la fórmula cromosómica era 60,XY t(2q-20q+),t(8q-27q+). En un estudio de una cruce de *Bos taurus* con *Bos indicus* se reportaron rompimientos y fragmentos (78, 81, 103).

CUADRO 13. Rompimientos (1), Fragmentos (2), Brechas (3), y Translocaciones (4) en ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales examinados	No.de positivos	Cita
Bovino	1982	Holanda	•	1	103 (4)
Bovino	1984	Checoslovaquia	16	4	107 (1)
Negro ruso	1985	U.R.S.S.	205	12	85 (1)
Bovino	1987	India	15	1	40 (3)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	13	13	78 (3)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	28	21	78 (3)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	28	0	78 (2)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	13	9	78 (2)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	28	8	78 (1)
<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	1988	Brasil	13	12	78 (1)

En el cuadro 14 se enlistan las fusiones céntricas más frecuentes en el ganado bovino, entre las que no se incluyen la 1/29 que por ser la de mayor importancia se trata por separado.

Estas aberraciones cromosómicas se han identificado prácticamente en relación con todos los cromosomas (13, 16, 54), y a manera de ejemplos se menciona la 1/26 descrita por Porcelli al analizar los cromosomas de un toro Holstein con criptorquidia unilateral (76), la 25/27 presente en un toro infértil en el que se observó como característica especial que los espermatozoides obtenidos del epididimo tenían una condensación de la cromatina menor en relación a la de los toros normales (95), y la 7/21 observada en 14 toros de un total de 112, de los cuales 12 de los 14, eran heterocigóticos y 2 homocigóticos, sin embargo todos presentaban fenotipo normal, la 22/22 identificada por Langhammer y Schwerin en un toro Simental candidato a usarse en inseminación artificial (62), y la 25/25 reportada por Arruga y col (3).

CUADRO 14. Fusiones céntricas en ganado bovino, de 1976 a 1987\*

tipo de bovino	Año	Tipo de fusión	Cita	T
Sueco	1976	1/4	13	
Sueco	1976	1/23	13	
Sueco	1976	1/28	13	
Holstein	1987	1/26	75	
Friesian	1972	2/4	13	
Friesian	1974	2/4	13	
Sueco	1975	4/4	13	
Friesian	1977	3/27	13	
Limousin	1977	3/4	91	
Dexter	1974	5/8 y 15/16	13	
Sueco	1976	6/28	13	
Simental	1980	5/18	13	
Japonés	1980	5/21	13	
Limousin	1974	7/11	13	
Pardo suizo	1977	8/9	13	
Negro japonés	1981	7/12	13	
Japonés	1981	7/21	13	
Simental	1973	11/12 y 15/16	13	
Sueco	1976	11/22	13	
Rumano pardo	1977	11/21	13	
Holstein	1984	12/15	13	
Friesian	1973	13/21	13	
Simental	1973	14/21	13	
Simental	1978	14/20	13	
Holstein	1979	14/28	13	
Simental	1984	14/20	13	
Simental	1987	14/20	13	

\* No incluida la 1/29 que se cita en los siguientes cuadros.

En los cuadros 15, 16, 17 y 18 (páginas 43 a 45) se enlistan la mayor parte de las publicaciones que sobre la fusión céntrica 1/29 se han hecho de 1964 a 1988, la cual, existe en todas las razas y cruza mencionadas.

Gustavsson y Rockborn fueron los primeros en describirla en ganado sueco (13,44), como resultado de la fusión en la región centromérica de los autosomas 1 y 29, lo que trae como consecuencia que el número de cromosomas aparentemente se reduzca a 59 en los heterocigotos y a 58 en los homocigotos.

Parece ser más común en ganado de carne que en el lechero, su centro geográfico de aparición fue Europa central y de este tronco común se ha propagado a otros países por la exportación del ganado sueco.

En otros trabajos al igual que los de Gustavsson se encontró esta aberración en toros heterocigóticos pero faltó demostrar su relación con la fertilidad, y fue hasta después que se correlacionó con las características del semen y se demostró la reducción de la fertilidad.

Refsdal al hacer un estudio retrospectivo basado en el análisis de la historia reproductiva de 21,212 vacas, hijas de toros con la fusión 1/29 y de la historia de una población de 610,714 vacas de un poblado de Oslo tomada íntegramente, observó que la tasa de gestación fue mayor en las segundas que en las hijas de los toros con la fusión céntrica. Las diferencias en la tasa de gestación fueron más significativas en la segunda, tercera y cuarta inseminación artificial (41, 101). Swartz de 71 vaquillas infértiles encontró 3 con la fusión céntrica, Gustafsson y col al realizar el cariotipo de 42 vacas repetidoras la demostró en 2.

Langhammer en 5 descendientes de 228 toros para carne (62).

Kachura en 63 heterocigotos y un homocigoto en 825 bovinos examinados, los toros con la fusión céntrica tuvieron una baja producción de semen y sus hijas eran 10 a 15% menos fértiles que las libres de la aberración (56). Frebling y col en ganado Aquitaine blonde, reportan una incidencia

de 14.2% (32). Yu y col de 26 toros Simental refieren haber encontrado 3 heterocigóticos y un homocigótico (119).

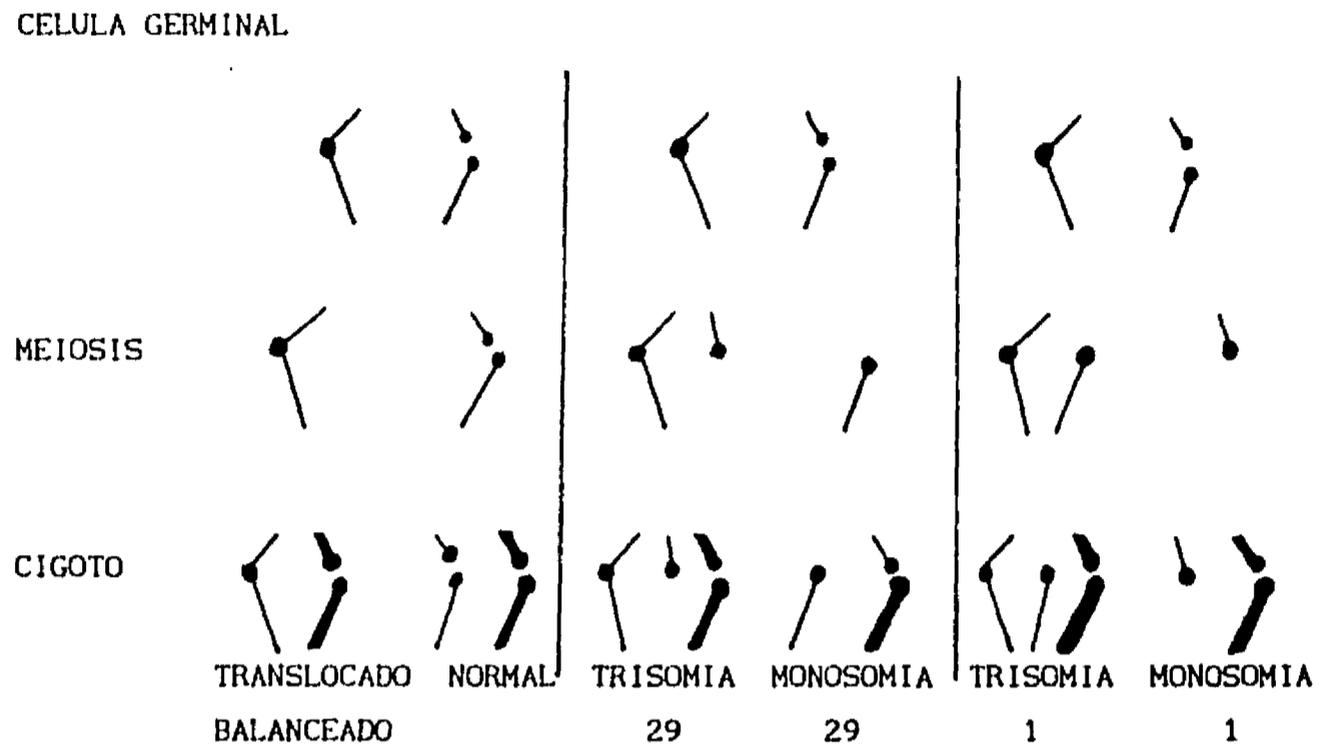
Mullerl y col al llevar a cabo un análisis del semen de toros con la fusión céntrica 1/29, en lo que se refiere a la movilidad y porcentaje de espermatozoides vivos en heterocigóticos, homocigóticos y toros normales, obtuvieron los resultados de los cuadros 24 y 25 (páginas 51 y 52).

Pinheiro y col (87), en Brasil observaron un 4% en 49 cabezas de ganado Chian, 1 de 5 Pardos sulzos, 2 de 4 Red pol y 1 de 4 Aquitaine blonde, de un total de 118 machos y 100 hembras de 16 razas examinadas. Además 38 hijas de un toro con la fusión céntrica tuvieron un número de servicios por concepción de 6.7.

Pathiraja (86), la identificó en un toro cebú, este es uno de los pocos casos reportados en *Bos indicus* (103), otro reporte en *Bos indicus* lo hizo Nel (84) en Sudáfrica en un toro del cual se habían preparado 14,000 dosis de semen.

La consecuencia en la fecundación en animales con esta anomalía cromosómica se muestra en la figura 10.

FIGURA 10. Diferentes tipos de segregación de cromosomas en la fusión céntrica 1/29, después de la fertilización con un gameto normal.



Tomado de Gustavsson (41).

De los productos resultantes, sobreviven únicamente la tercera parte, o sea los que resultan normales y los de la translocación balanceada, sin embargo estos últimos continuarán produciendo un 50% de gametos con la aberración.

En países como Francia y Noruega existen las campañas de erradicación de esta aberración, y uno de los métodos es la obligatoriedad del análisis cromosómico a todos los becerros seleccionados para la inseminación.

Los resultados de tal medida se han observado en los últimos 15 años con un aumento en la tasa de fertilidad (30).

CUADRO 15. Fusiones céntricas 1/29 en ganado bovino, 1966 a 1969.

Tipo de bovino	Año	País	No. de animales examinados	No. de animales positivos	Cita
Holstein	1966	E. U. A.	4	3	16
Romagnola	1967	Italia	1	1	16
Sueco	1969	Suecia	2,045	293	16
Norwegian red	1969	Suecia	455	31	16
Bovino	1969	Suecia	182	81	41

CUADRO 16. Fusiones céntricas 1/29 en ganado bovino, 1971 a 1978

Tipo de bovino	Año	País	No. de animales examinados	No. de animales positivos	Cita
Bovino	1971	Suecia	944	113	42
Sueco	1971	Suecia	923	118	16
Sueco	1971	Suecia	21	2	16
Charolais	1972	Gran Bretaña	187	24	16
Simental	1972	Gran Bretaña	42	2	16
Limousin	1972	Gran Bretaña	5	1	16
Guernsey	1973	Canadá	58	1	16
Blonde d'aquitaine	1973	N. Zelanda	5	1	16
Limousin Blonde	1973	Francia	57	8	16
d'aquitaine	1973	Francia	49	9	16
Limousin X blonde	1973	Francia	11	4	16
Charolais	1974	Francia	105	6	16
Blonde d'aquitaine	1974	Francia	228	47	16
Limousin X blonde	1974	Francia	44	13	16
Blonde X charolais	1974	Francia	20	2	16
Blanco inglés	1975	Gran Bretaña	54	41	16
Pardo suizo	1975	E. U. A.	216	23	16
Bovino	1976	Noruega	*	5	16
Pardo suizo	1977	E. U. A.	229	31	16
Simental	1977	Australia	1	1	73
<i>Bos taurus</i>	1978	Francia	1,389	25	95

\* El autor reporta únicamente los positivos.

CUADRO 17. Fusiones céntricas 1/29 en ganado bovino, 1980 a 1984

Tipo de bovino	Año	País	No de animales examinados	No de animales positivos	Cita
Charolais	1980	Brasil	139	2	107
Chianine	1981	Italia	*	1	105
Negro japonés	1981	Japón	112	3	51
Neguni	1983	Sudáfrica	*	10%	28
Aliste	1983	España	12	1	2
Rojo sin cuernos	1983	E. U. A.	71	2	112
Simental	1983	E. U. A.	71	2	112
Marc II	1983	E. U. A.	71	1	112
Bovino	1983	E. U. A.	195	1	19
Toro de lidia	1983	España	50	3	4
Pitagueiras	1984	Brasil	454	77	90
Frieslan	1984	España	*	1	3
Rojo sin cuernos	1984	Brasil	4	2	89
Pardo suizo	1984	Brasil	20	1	89
Chiana	1984	Brasil	49	4	89
Charolais X					
Jersey	1984	Sudáfrica	717	1	52
Neguni	1984	Sudáfrica	305	30	52
Negro					
abigarrado	1984	U. R. S. S.	74	20	108
Randonly	1984	U. R. S. S.	36	7	121
Bovino	1984	Polonia	*	1	106
Simental	1984	Rumania	325	4	21

\* El autor reporta unicamente los positivos.

CUADRO 18. Fusiones céntricas 1/29 en ganado bovino, 1985 a 1988.

Pitagueiras	1985	Brasil	6	3	79
Neguni	1985	Sudáfrica	305	30	83
Negro abigarrado	1985	U. R. S. S.	205	0	85
Rojo de la estepa	1985	U. R. S. S.	120	4	85
Santa gertrudis	1985	Cuba	10	3	14
Sueco	1985	Noruega	42	2	60
Cebú	1985	Nigeria	10	1	91
Pardo rumano	1985	Rumania	203	1	66
Maremma	1985	Italia	1	1	100
Simental	1985	Rumania	485	7	66
Simental	1986	Mongolia	26	4	119
Simental	1986	Alemania D.	228	7	62
Charolais	1986	Alemania D.	141	2	62
Frieslan	1986	Italia	82	1	34
Bovino	1987	Checoslovaquia	43	4	53
Bovino	1987	U. R. S. S.	825	64	56
Simental	1987	Canadá	253	9	75
Pitagueiras	1987	Brasil	12	3	88
Pitagueiras	1987	Brasil	*	1	88
Bovino	1987	Francia	2 000	208	32
Brahman	1988	Sudáfrica	*	1	84
Blonde d'aquitaine	1988	Francia	11	1	13

\* El autor reporta unicamente los positivos.

En el cuadro 19 se enlistan una serie de aberraciones del tipo de las aneuploidias observadas por diversos investigadores, por ejemplo Stanik (107) en 11 de 16 toros, que presentaban hipoplasia testicular y azoospermia encontró en el cariotipo aneuploidias del tipo de las hiposomias, Swartz al analizar el cariotipo de 71 vaquillas infértiles identificó una Simental con 48% de células con 59,X y una Red poll con 45% de éste mismo cariotipo, las dos vacas habían presentado calores normales y al ser inseminadas artificial y naturalmente no quedaron gestantes.

En la cruce Pinzgauer X Angus una con mosaicismos 58,XX/59,X/60,XX/61,XXX, que obtuvo de 33 metafases de linfocitos, de las cuales una era 58,XX;6,59,X;8,60,XX y 18,61,XXX. En una Red poll de 26 metafases analizadas resultaron 24 con 61,XXX; una con 58,XXX y otra con 57,XXX y en una Pinzgauer de 17 metafases resultaron 16 con 61,XXX y una

con 59,XXX. Ambas vacas se inseminaron tanto artificial como naturalmente y no concibieron (112).

Livescu y col de 273 toros Friesian analizados entre 1975 y 1983 encontraron uno con 60,XY/61,XXY/78,XXY (66). Kanagawa y col (58), en un toro con testiculo izquierdo no descendido refirió un cariotipo de 60,XY/61,XXY.

CUADRO 19. Diferentes tipos de aberraciones en ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	Pais	Aberración	Animales Cita	
				-	+
Charolais	1980	Brasil	60,XY/61,XY+?	139	1 77
Simental	1983	E. U. A.	59,X0/60,XX	71	1 112
Hereford	1983	E. U. A.	59,X0/60,XX	71	1 112
Pinzgauer X					
Angus	1983	E. U. A.	59,X0/60,XX/61,XXX	71	1 112
Charolais	1983	E. U. A.	59,X0/60,XX/61,XXX	71	1 112
Pinzgauer	1983	E. U. A.	61,XXX	71	1 112
Red poll	1983	E. U. A.	61,XXX	71	1 112
Bovino	1983	E. U. A.	61,XXX	195	1 19
Sueco X					
Friesian	1983	Canadá	61,XXX	33	1 60
Holstein	1983	Japón	60,XY/61,XXY	---	1 58
Bovino	1984	Checos-			
		lovaquia	aneuploidia	16	4 107
Bovino	1984	Checos-			
		lovaquia	hiposomia	16	11 107
Friesian	1985	Rumania	60,XY/61,XXY/78,XXY	273	1 66

En el cuadro número 20 se agrupan algunos casos de mosaicismo 60,XX/60,XY conocidos como quimeras, que en los gemelos dicigóticos heterosexuales (Free-Martin) se deben al intercambio sanguíneo y hormonal entre ambos.

Al respecto Wijeratne (116), de 34 vaquillas que no concibieron en 3 a 4 inseminaciones reporta 11 quimeras, de las cuales 6 fueron gemelos y 5 de nacimiento único, al sacrificio en estas vaquillas se observó la presencia de: cuello uterino atrésico, agenesia de cuernos uterinos,

alargamiento del clitoris, vesículas seminales y gónadas semejantes al testículo fetal (116).

Potter (96), en 5 quimeras gemelares determinó que 3 tuvieron la vagina mal formada (115), Nogach y col (83), de 205 toros encontraron que 4 con una fertilidad más baja de la normal eran quimeras.

CUADRO 20. Mosaicismo en el ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales		Cita
			-	+	
Bovino	1977	Australia	*	5	98
Holstein	1977	E. U. A.	34	11	116
<i>Bos taurus</i>	1978	Francia	*	1	95
Limousin	1983	E. U. A.	*	1	112
Bovino	1983	E. U. A.	195	140	19
Simental	1984	Rumania	235	2	90
Holstein	1984	Brasil	95	6	89
Brahman	1984	Sudáfrica	717	1	52
Friesian	1985	Rumania	273	4	66
Simental	1985	Rumania	485	3	66
Pardo rumano	1985	Rumania	203	1	66
Negro abigarrado	1985	U. R. S. S.	205	4	85
Charolais	1986	Alemania D.	141	2	62
Friesian	1986	Italia	162	1	34
Holstein	1987	Alemania D.	300	4	18

\* El autor reporta únicamente los positivos.

En el cuadro 21 se enlistan casos de poliploidia reportados en Francia, Estados Unidos de Norteamérica, Checoslovaquia y la India en las razas Charolais, Limousin y Frison.

A pesar de que las poliploidias son las aberraciones cromosómicas más fáciles de identificar, los reportes sobre éstas son menos frecuentes y en pocas ocasiones las relacionan con la reproducción, así Cribiu y Popescu al hacer una investigación sobre la frecuencia de aneuploidias y poliploidias en razas francesas de bovinos, de 421 toros analizados determinaron porcentajes entre 0.38 y 5.56 que fueron en forma descendente de las razas Charolais, Limousin y Frison.

El análisis no tuvo como fin el correlacionar estas aberraciones con la reproducción y concluyeron que hay que ser prudentes con porcentajes menores a 10% antes de considerarse como una anomalía (23).

Swartz (112), en una vaquilla estéril de la raza Marc II, de 69 metafases analizadas detectó 32 tetraploides y 37 diploides. A pesar de ello los autores guardan cierta cautela entre la influencia de las poliploidias en la reproducción, sin embargo citan tetraploidias, diploidias en un niño vivo que murió al nacer y otro que sobrevivió con porcentajes de poliploidia de 6%, en el trabajo de Hamerton quien al analizar 1,291 abortos espontáneos en humanos encontró 16 tetraploides puros, por lo cual concluyó que este tipo de aberración es letal (112).

Stanik (107), de 16 toros con desórdenes reproductivos como hipoplasia testicular y aspermia, identificó a 10 con células poliploides, (126), y Nagaraja de 15 vacas que presentaban ciclos estrales largos refirió una como un mosaico diploide/tetraploide.

CUADRO 21. Poliploidias en ganado bovino.

Tipo de bovino	Año	País	Animales		Cita
			-	+	
Charolais	1977	Francia	30	30	23
Limousin	1977	Francia	19	19	23
Frison	1977	Francia	30	30	23
Marc II	1983	E. U. A.	71	1	112
Bovino	1984	Checoslovaquia	16	10	107
Bovino	1987	India	48	1	81

En el cuadro número 22, se agrupan los trabajos realizados sobre aberraciones cromosómicas en productos abortados y nacidos vivos, entre los cuales se encuentra el de Berardino (11), quien analizó el cariotipo de beceras recién nacidas con malformaciones congénitas, y detectó un promedio de 25% de células con aberraciones cromosómicas del tipo de rompimientos, fragmentos, deleciones y fusiones céntricas, también

analizó el de sus madres que tuvieron un promedio de 8% de células con aberraciones y el de 3 becerras normales que sirvieron como testigos, en las cuales solo el 3% de sus células tenían aberraciones (11).

Schmutz (22), describió un feto macho abortado a los 6 meses de gestación, con un cariotipo que contenía un cromosoma metacéntrico extra, el feto presentaba anasarca, malformación ocular, hipertrofia cardíaca, hipoplasia pulmonar, displasia adrenal y hernia umbilical.

Herzog (54), estudió dos casos de becerras nacidas vivas que murieron antes de 24 horas, el cariotipo en las dos resultó con trisomías y fusión céntrica en la primera del cromosoma 12 y en la segunda del 20, cuyas fórmulas cromosómicas eran 60,XX,t(12/12)12+ y 60,XX,t(20/20)20+.

Coates y col (22), en 30 fetos abortados con anomalías cromosómicas, hicieron cultivos de fibroblastos y únicamente obtuvieron metafases observables para cariotipo en 5 de ellos y de éstos eran 3 trisómicos con 61,XY,27+; 61,XX,21+ y 61,XY,?+ respectivamente, uno con mosaicismo monosómico, 59,XY/60,XY y una químera.

Mayr y col (74), de 8 becerros malformados, diagnosticó uno con trisomía 22, el cual tenía hernia umbilical, fistula del uraco y braquignatia inferior.

King (59), sin determinar las causas de abortos describe que de 1,751 embriones transferidos en las razas Holstein, Hereford y Limousin, se presentaron diferentes tasas de aborto a distintos periodos de gestación, así entre 2 y 3 meses el porcentaje de abortos fue de 3.15, entre 3 y 7 meses de 2.14, y en etapa perinatal de 1.43.

CUADRO 22. Aberraciones cromosómicas en bovinos abortados y nacidos vivos.

País	Año	Aberración	Animales		Cita
			-	+	
Italia	1983	Delección	•	1	11
Austria	1985	61,XY+22	7	1	74
Alemania F.	1986	60,XX,t(12/12)12+	•	1	54
Alemania F.	1986	60,XX,t(20/20)20+	•	1	54
Canadá	1988	61,XY,27+	29	1	22
Canadá	1988	61,XX,21+	29	1	22
Canadá	1988	61,XY,?+	29	1	22
Canadá	1988	59,XX,?-/60XY	29	1	22
Canadá	1988	60,XX/60,XY	29	1	22

En el cuadro 23 se consignan algunos trabajos relacionados con aberraciones cromosómicas en embriones y ovocitos, y entre éstos se encuentran el de Linares (64), quien trató de observar, sin lograrlo aberraciones de los embriones de vacas con fusión céntrica 1/29 y trisomía X, debido a que los dos óvulos de la vaca trisómica no fueron fertilizados y las células de los tres embriones de las vaquillas con la fusión céntrica no entraron en mitosis, Greve realizó el análisis cromosómico de 33 ovocitos e identificó a 2 diploides (54), y Ferver en 225 ovocitos procedentes de 32 vaquillas sacrificadas en el rastro, detectó 48 con anormalidades, de los cuales 35 eran hiperploides, 6 tenían aberraciones estructurales y 7 numéricas y estructurales (111). Ayalón (9) describe una tetraploidia en uno de 8 blastocistos analizados.

Varios investigadores se han enfocado al estudio de la morfología y muerte embrionaria (1053), entre ellos están: Gustafsson (43), quien observa un 89% de embriones morfológicamente normales en vaquillas de primer servicio y un 62% en vacas repetidoras; es decir estas últimas tienen un porcentaje mayor de embriones anormales, Linares (64,65), obtiene resultados semejantes a los de Gustafsson ya que describe un 74% de embriones con morfología normal en vaquillas de primer servicio y un 28% en vacas repetidoras; Putney (99), de 19 embriones analizados determina un 68% de blastocistos normales; Gary (36), de 783 embriones transferidos obtiene una tasa de preñez de 39%.

CUADRO 23. Aberraciones cromosómicas en embriones y ovocitos en bovinos.

País	Año	Aberración	Animales		Cita
			-	+	
Canadá	1984	Translocación	*	1	103 (1)
E. U. A.	1983	Hiperploide	190	35	111 (2)
E. U. A.	1983	Hiperploide y estructurales	219	6	111 (2)
E. U. A.	1983	Estructurales	218	7	111 (2)
E. U. A.	1987	1/29	*	1	24 (1)
Israel	1978	Tetraploidia	1	7	9 (1)

(1) = Embriones, (2) = Ovocitos. - Negativo + Positivo.

En los cuadros 24 y 25 se muestran los resultados obtenidos por Mulleri y col (79), al llevar a cabo un análisis del semen de toros con la fusión céntrica 1/29, en lo que se refiere a la movilidad y porcentaje de espermatozoides vivos en heterocigóticos y homocigóticos y toros normales.

CUADRO 24. Movilidad observada en espermatozoides de semen de toros normales y portadores de la fusión céntrica 1/29.

Muestra de semen	Normales	Heterocigóticos	Homocigóticos
al descongelamiento	43	35	32
5 horas a 38°C.	26	15	13
5 horas a 4°C.	32	24	22
24 horas a 38°C.	22	15	13

Tomado de Mulleri (79).

CUADRO 25. Porcentaje de espermatozoides vivos en semen de toros normales y portadores de la fusión céntrica 1/29.

Muestra de semen	Normales	Heterocigóticos	Homocigóticos
al descongelamiento	73	59	58
5 horas a 38°C.	40	28	28
5 horas a 4°C.	55	43	42
24 horas a 38°C.	38	31	29

Tomado de Mulleri (79).

## 5 HIPOTESIS Y OBJETIVOS.

De acuerdo al plan nacional de desarrollo en su apartado 5.3.1, con relación al mejoramiento genético (96). Pero sobre todo con base en el análisis pecuario, desde el punto de vista de la reproducción referidos en los cuadros 1,2,3,4 y 5. Con base a la revisión hecha sobre la distribución y repercusión de las aberraciones cromosómicas en la reproducción del ganado bovino.

Se plantea como hipótesis que:

Primordialmente, son las aberraciones cromosómicas en el ganado bovino las causantes de la baja fertilidad e infertilidad.

Para la comprobación de la hipótesis se tiene como objetivo:

Analizar el cariotipo de ganado bovino fértil, de baja fertilidad e infértil, tanto productor de leche como de carne, y correlacionarlo con sus parámetros reproductivos.

## 6. MATERIALES Y METODOS.

### 6.1. TRABAJO DE CAMPO.

Se llevó a cabo el muestreo de 288 animales en 3 ranchos del Estado de Zacatecas y uno del Estado de Aguascalientes, distribuidos de la siguiente manera:

Rancho No	Raza	Cantidad de animales muestreados		
		vacas	becerras	toretas
1	Holstein	63	74	0
2	Holstein	51	0	0
3	<i>Bos taurus</i> X <i>Bos indicus</i>	24	0	0
3	Suizo americano	0	34	19
4	Suizo americano	13	8	0
	Subtotal	151	116	19
	Total	286 animales muestreados.		

A cada animal debidamente identificado se le tomaron en dos ocasiones 5.0 ml de sangre cada vez, de la vena yugular en tubos vacutainer heparinizados.

Se trasladaron refrigerados al laboratorio de embriología de la Facultad de Medicina de la UNAM, de tal manera que las siembras se realizaban normalmente entre 16 y 20 horas después de tomada la muestra, un lote de 10 muestras se sembró a 2 horas de recolectada, con el fin de observar la diferencia en los resultados con las muestras sembradas a las 16 horas, en ambos periodos los resultados fueron idénticos.

## 6.2. TRABAJO DE LABORATORIO.

De cada muestra se sembraron 0.5 ml de sangre en 4.0 ml de McCoy 5a modificado como medio de cultivo, al cual se le agregó 0.15 ml de fitohemaglutinina como mitótico, y para impedir la proliferación bacteriana se usaron 1,280 u de penicilina y 1.6 mg de sulfato de estreptomina, se mantuvieron a 37 grados centigrados durante 70 horas al cabo de las cuales se les agregó 0.10 mcg de colcemid y así se dejaron por un espacio de 1.5 horas a la misma temperatura.

En seguida se centrifugaron a 1,000 rpm durante 5 min, se decantaron y se agregó solución hipotónica de KCL a una concentración de 0.075 molar, en esta solución se mantuvieron durante 10 min.

Se volvió a centrifugar y se fijaron con metanol-ácido acético, se prepararon 10 laminillas de cada muestra y se tiñeron con Giemsa al 6%.

A ciertas preparaciones se les hizo el bandeo G usando tripsina al 0.025%.

La observación de las laminillas y cuantificación de los cromosomas se hizo en un microscopio fotónico a 40X y 100X, de cada muestra se cuantificaron los cromosomas de 250 metafases.

A la vez que se determinaba el número, se observaban las características morfológicas de los cromosomas, y así se identificaron las aberraciones numéricas y estructurales que se exponen en los resultados.

Se fotografiaron algunas metafases, tanto normales como anormales a fin de determinar en forma precisa las características morfológicas de los cromosomas, así como para elaborar el idiograma correspondiente.

Una vez con los resultados de cuantificación se procedió a sacar los porcentajes de cada uno de los tipos de aberraciones.

Finalmente se hicieron los correspondientes análisis estadísticos, por medio del método de análisis de varianza y de correlación (5, 29, 31, 49, 118).

Los datos fueron analizados mediante un modelo de diseño completamente aleatorizado

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{(i)j}$$

donde:

$y_{ij}$  es el valor observado  $j$ -ésimo dentro del  $i$ -ésimo grupo de la variable dependiente,

$\mu$  es la media poblacional,

$\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo grupo, y

$E_{(i)}$  es el error experimental.

Se utilizó el método de cuadrados mínimos para separar la varianza dentro y entre los grupos. También se calculó el coeficiente ( $r$ ) de correlación lineal para describir el grado de asociación entre las variables dependientes e independientes.

Los resultados se analizaron por razas porque cada una se maneja con diferentes técnicas de reproducción, en el ganado Holstein la inseminación es artificial, mientras que en el ganado *Bos taurus* X *Bos indicus* (criollo-cebú) es por monta natural al libre pastoreo, y en el ganado Suizo americano, analizado, la inseminación también es por monta natural pero dirigida, es decir los sementales se mantienen en corrales especiales separados de las vacas, y cuando el vaquero o responsable del rancho detecta alguna vaca en estro se lleva con el semental.

La poliploidia y la aneuploidia ( $Po/\Lambda$ ) se juntaron para su análisis como una sola aberración por la situación del proceso de la técnica, durante la cual se pueden perder algunos cromosomas, fenómeno que llevaría a considerar a una célula aneuploide cuando en realidad es poliploide.

El grado de espirilización ayuda a diferenciar las metafases de diferentes células, sin embargo esta espirilización en ciertas metafases puede ser poco perceptible entre dos células, cuando esto se observó lo cual fue en un número muy reducido, se tomaba en cuenta la distribución cromosómica en la metafase, y se consideró como una sola célula cuando la dispersión era uniforme y además que los 120 o 180 cromosomas estuvieran en un área circular.

## 7. RESULTADOS.

### 7.1. EN GANADO HOLSTEIN.

En el cuadro 26 se muestra el análisis de varianza entre el conjunto de 38 animales con 0% de Po/A y los 62 que tuvieron 1 a 16, con relación al número de inseminaciones artificiales por parto, en el cual se obtuvo una  $F = 2.888$ , a un nivel de significancia de 0.001, lo cual demuestra con un alto nivel de significancia, que los animales con un cariotipo normal quedan gestantes con una inseminación, mientras los que presentan Po/A para quedarlo necesitaron un promedio de 2.4 inseminaciones.

CUADRO 26 - Resultado del analisis de varianza entre 2 grupos de vacas Holstein, el primero (28 animales) con 0% de Po/A y el segundo con 1 a 16% (72 animales), con relación al promedio ( $\bar{y}$ ) de inseminaciones artificiales por parto (I.A./P).

% Po/A	$\bar{y}$ I.A./P	Desv.	Var.	Error estandar	N
0	0.9107	1.3461	1.8121	0.2544	28
1 - 16	2.3785	2.2877	5.2335	0.2743	72

$F = 2.888$ , Nivel de significancia 0.001 100

% Po/A= Porcentaje de poliploidias y o aneuploidias.

N= Número de animales muestreados.

En el cuadro 27 se muestran los resultados del análisis estadístico entre el grupo de animales con 0% de Po/A y el de 1 a 16 con relación al promedio de días de intervalo entre partos, o sea la duración de un ciclo reproductivo en el cual se obtuvo una  $F = 1.4810$ , a un nivel de significancia de 0.10087. En este cuadro aunque con menor nivel de significancia que en el anterior, se puede observar la diferencia que existe en los lapsos del ciclo reproductivo entre vacas libres de aberraciones cromosómicas con las que presentan de 1 a 16% de Poliploidias/Aneuploidias (Po/A), la cual es de 69 días, ya que muestra en las primeras es de 400, en la segunda es de 469 días, lo ideal son 365 días (275 de gestación y 90 días mas para quedar nuevamente gestantes).

CUADRO 27. Resultado del análisis de varianza entre 2 grupos de vacas Holstein, el primero (28 animales) con 0% de Po/A y el segundo con 1 a 16% (72 animales), con relación al promedio ( $\bar{y}$ ) de días de intervalo entre partos (I. e P.).

% Po/A	$\bar{y}$ I. e P.	Var.	Desv.	Error estandar	N
0	400.73	1268.41	112.625	18.27	28
1 - 16	469.72	18785.91	137.061	17.40	72
F = 1.4810, Nivel de significancia 0.10					100

En estos dos grupos de los cuadros 23 y 24 se excluyeron 7 vacas que aumentaron su ciclo reproductivo a causa de endometritis purulenta.

En el cuadro 28 se resumen algunos parámetros reproductivos de las 107 vacas Holstein que sirvieron para la investigación cromosómica.

CUADRO 28. Relación de vacas Holstein ordenadas de acuerdo con el porcentaje de poliploidias observadas.

*# I. A.	# de partos	$\bar{y}$ I. A./parto	% Po/A	N	%
12	4	3.0	16	2	1.87
8	5	1.6	14	2	1.87
2	1	2.0	12	1	0.91
14	5	2.8	8	3	2.81
19	9	2.1	7	4	3.74
42	10	4.2	6	6	5.60
21	13	1.6	5	4	3.74
52	19	2.7	4	15	14.01
44	17	2.6	3	11	10.28
64	43	1.5	2	22	20.56
19	15	1.3	1	9	8.41
91	66	1.4	0	28	26.17
388	207	1.9		107	100.00

\* # I. A. Número de Inseminaciones artificiales.

r=0.58, % Po/A VS  $\bar{y}$  I. A./parto.

r=0.99, p<0.01, menor o igual a 2% Po/A VS mayor o igual a 3%Po/A con relación al  $\bar{y}$  I. A./parto.

En este cuadro se puede observar que al correlacionar el porcentaje de poliploidias y o aneuploidias con el promedio de inseminaciones por parto en el grupo completo de vacas estudiadas, la regresión lineal (r) es igual a 0.58. Sin embargo al comparar el conjunto de animales con 0 a 2% de poliploidias y o aneuploidias (Po/A) con los animales con 3% o más de poliploidias y o aneuploidias, en relación al promedio de inseminaciones por parto ( $\bar{y}$  IA/parto), se obtiene una r igual a 0.99,  $P < 0.01$ .

La  $r = 0.58$  muestra una correlación positiva entre los porcentajes de Po/A y el promedio de inseminaciones artificiales por parto. Este dato estadístico bajo se debe seguramente a la presencia de las vacas con % de Po/A de 14 y 5 las cuales tuvieron un promedio de 1.6 inseminaciones por parto. Pero también se puede observar en este cuadro que en la vaca con menos de 2% de Po/A su promedio de inseminación por parto es de menos de 1.6, mientras que la mayor parte de animales con mas de 3% de Po/A su promedio es de mas de 2.

En el cuadro 29 se agrupan las 6 vaquillas Holstein que no habian parido pero fueron inseminadas, en este grupo al hacer la correlación entre el porcentaje de poliploidias y o aneuploidias Po/A con el número de inseminaciones artificiales se obtuvo una r de 0.88. En este cuadro es de notar que la única vaquilla con 2% de Po/A se ha inseminado una vez, mientras que el resto con mas de 3% de Po/A lleva mas de 2 inseminaciones, por lo cual lo más probable es que 5 vacas de este grupo continuen como vacas repetidoras de servicios.

CUADRO 29. Relación de vaquillas Holstein inseminadas aún nulíparas.

# IA	% Po/A	N
3	6	1
2	4	1
2	4	1
3	3	1
3	3	1
1	2	1

Tota 16

\* # IA= Número de inseminaciones artificiales.  $r=0.88$ , %Po/A VS #IA.

En los cuadros 29, 30, 31, 32, 33 y 34, se agrupan las vacas con 1, 2, 3, 4, 5 y 6 partos respectivamente, en los cuales sobresale, que independientemente del número de partos, las vacas con dos o menos porcentaje de Po/A tienen un promedio de inseminaciones menor a 1.7 lo cual se considera normal. Es también de notar que las vacas con 5 partos resultaron libres de Po/A, por lo mismo la única vaca con 6 partos su porcentaje de esta aberración es de 2.

Lo cual indica que las vacas que llegan a tener mas partos son las que estan libres de aberraciones cromosómicas.

En el cuadro 30 se enlistan 47 vacas que tuvieron un parto. En este grupo de animales al correlacionar el % Po/A con el promedio de inseminaciones artificiales por parto se obtuvo una  $r=0.66$ . Mientras que al hacer la correlación entre el conjunto de animales con 0 a 2 % de Po/A contra el conjunto que tiene 3 % o más de Po/A resulta una  $r=0.99$ ,  $p<0.01$  y al comparar estos grupos por análisis de varianza se encontró una  $F=4.16$  que es mayor que el valor de tablas de la  $F=3.82$ .

CUADRO 30 - Relación de vacas que han tenido un parto.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	%Po/A	N
2.00 $\pm$ 0.0	12	1
5.00 $\pm$ 0.0	9	1
3.00 $\pm$ 0.0	8	1
1.50 $\pm$ 0.5	7	2
4.00 $\pm$ 2.2	6	3
1.00 $\pm$ 0.0	5	1
2.60 $\pm$ 1.4	4	8
2.00 $\pm$ 0.8	3	3
1.70 $\pm$ 0.8	2	9
1.20 $\pm$ 0.4	1	6
1.30 $\pm$ 0.5	0	12
		47

$r=0.66$ , % Po/A VS  $\bar{y}$  I.A./# partos.

$r=0.99$ ,  $F=4.16 > F_t=3.88$ ,  $p<0.01$ , 0 a 2% Po/A VS 3% o más Po/A con relación al  $\bar{y}$  I.A./ # partos.

En el cuadro 31 se encuentran los datos de 23 vacas, que tuvieron dos partos. En las cuales al correlacionar el porcentaje de poliploidias con el promedio de inseminaciones por número de partos se obtiene una r de 0.50, mientras que al aplicar la misma prueba los animales con 3% o más Po/A resulta una r de 0.99.

De la misma manera al comparar los grupos con 0 a 2% de Po/A con los que presentaron 3% o más resulta una F igual a 6.67 la cual es mayor que la Ft= 5.78, p<0.025.

CUADRO 31 - Relación de vacas que han tenido dos partos.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	% Po/A	N
2.3 $\pm$ 1.3	16	3
2.7 $\pm$ 1.4	4	4
2.7 $\pm$ 0.9	3	4
2.4 $\pm$ 1.4	2	6
1.3 $\pm$ 0.4	1	3
1.2 $\pm$ 0.3	0	3
		23

r= 0.50, % Po/A VS  $\bar{y}$  I.A./# partos.  
r= 0.99, <1% Po/A VS >2% Po/A VS >3% Po/A.  
r= 0 a 2 VS 3 a 16.

En el cuadro 32 se muestran los resultados de 17 vacas con 3 partos. En este grupo al efectuar la correlación entre % Po/A con las medias de inseminaciones artificiales por parto al tomar en cuenta el grupo íntegro, se obtiene una r= 0.55. Pero cuando se toman en cuenta los animales con 3% o más de Po/A la r= 0.99.

CUADRO 32 - Relación de vacas que han tenido tres partos.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	% Po/A	N
2.00 $\pm$ 0.0	14	1
2.00 $\pm$ 0.0	8	1
2.00 $\pm$ 0.8	7	1
2.6 $\pm$ 0.5	6	1
1.6 $\pm$ 0.5	4	1
1.8 $\pm$ 0.9	3	2
1.4 $\pm$ 0.6	2	4
1.2 $\pm$ 0.4	0	6
		17

$r = 0.55$ , % Po/A VS  $\bar{y}$  I.A./# partos.

$r = 0.99$   $0 < 2\%$  Po/A VS  $> 3\%$  o más Po/A.

En el cuadro 33 se observan los datos de 8 vacas que parieron cuatro veces en las cuales al correlacionar el porcentaje de poliploidias y o aneuploidias con los promedios de I.A./# partos se obtiene una  $r = 0.70$ . Sin embargo al analizar los animales con 0 a 1% de Po/A contra los de 2% o más, con análisis de varianza se obtiene una  $F = 6.54$  la cual es mayor a 3.82 de tablas. ( $P < 0.01$ )

CUADRO 33. Relación de vacas que han tenido cuatro partos.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	% Po/A	N
2.5 $\pm$ 0.9	7	1
4.8 $\pm$ 1.1	6	1
1.7 $\pm$ 1.0	5	3
2.3 $\pm$ 1.1	2	1
1.3 $\pm$ 0.4	1	1
1.5 $\pm$ 0.9	0	1
		8

$r = 0.70$ , % Po/A VS  $\bar{y}$  I.A./# partos.

$F = 6.54 > 3.82$ ,  $p < 0.01$ .  $< 1\%$  Po/A VS  $> 2\%$  Po/A.

En el cuadro 34 se muestran los datos de 5 vacas que han tenido 5 partos, el único análisis estadístico que se efectuó fué la media de inseminaciones por parto, ya que los 5 animales resultaron sin aberraciones cromosómicas.

CUADRO 34 - Relación de vacas que han tenido cinco partos.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	% Po/A	N
1.8 $\pm$ 0.7	0	1
1.2 $\pm$ 0.4	0	1
1.2 $\pm$ 0.4	0	1
2.4 $\pm$ 1.5	0	1
1.0 $\pm$ 0.0	0	1
		5

En el cuadro 35 se muestran los datos de una vaca con seis partos que fue estudiada. El único dato que se presenta es el  $\bar{y}$  IA/# partos.

CUADRO 35. Datos de una vaca muestreada con seis partos.

$\bar{y}$ I.A./# partos $\pm$ DE	% Po/A	N
1.2 $\pm$ 0.4	2	1

En el cuadro 36 se observa el porcentaje de poliploidias y/o aneuploidias, la frecuencia de abortos esperada y la observada. Al comparar estas frecuencias se encuentra que los animales con 0 a 2% de poliploidias caen entre los valores esperados, en cambio de 3% en adelante se eleva la proporción de abortos en general, excepto en las vacas con 5% de poliploidias y o aneuploidias en las que, durante este análisis retrospectivo no abortaron el cual concluyó el 15 de Diciembre de 1989.

CUADRO 36 - Resumen del porcentaje de Po/A y abortos de las 107 vacas Holstein muestreadas.

% Po/A	F.A.E. *	F.A.O. **	N	% de abortos
8 - 16	0.64	3	8	37.50
7	0.32	1	4	25.00
6	0.48	3	6	50.00
5	0.32	0	4	-----
4	1.2	5	15	33.33
3	0.88	2	11	18.18
2	1.76	1	22	4.55
1	0.72	1	9	11.11
0	2.24	2	28	7.10
		18	107	

\* F.A.E. = Frecuencia de abortos esperada.  
 \*\* F.A.O. = Frecuencia de abortos observada.  
 $r = 0.79$ , % Po/A VS % de abortos.

La frecuencia de abortos esperada se sacó con base a que en los establos lecheros es habitual (normal) que exista un 8% de abortos anualmente por gran variedad de causas, sin embargo en este análisis se observó que las vacas con mas de 3% de Po/A la frecuencia de abortos observada es mayor que la esperada (59).

En el cuadro 37 se resumen los valores de intervalos entre partos y el porcentaje de Po/A observados, los cuales al correlacionarse dan un valor de  $r = 0.44$ , sin embargo si se aplica la misma prueba al tomar en cuenta solo los animales con 3% o más se obtiene una  $r = 0.99$ .

En este cuadro es notable que en la vaca con menos de 2% de Po/A los lapsos de intervalos entre partos son menores que en las vacas con mas de 3% de esta aberración.

CUADRO 37. Intervalo en días entre partos y porcentaje de Po/A en las 107 vacas muestreadas.

$\bar{y}$ de IP $\pm$ DE*	% Po/AN	
461 $\pm$ 105	8 - 16	8
452 $\pm$ 55	7	4
514 $\pm$ 119	6	6
472 $\pm$ 149	5	4
588 $\pm$ 196	4	15
473 $\pm$ 142	3	11
431 $\pm$ 108	2	22
397 $\pm$ 37	1	9
400 $\pm$ 112	0	28
		107

$\bar{y}$  de IP  $\pm$  DE = Media de intervalo entre partos.  
 $r = 0.44$ , % Po/A VS  $\bar{y}$  IP,  $r = 0.99$  % Po/A 2 VS 3

En el cuadro 38 se muestran los datos de las 18 vacas que abortaron de un total de 107, que corresponden al 16.82%. Los parámetros reproductivos de estas vacas son:  $\bar{y}$  de I.A. por parto igual a 3.0  $\pm$  1.16, y el intervalo entre partos es igual a 529.6  $\pm$  204.6. Dentro de este grupo se encontraron cuatro animales que además de poliploidias tuvieron deleciones de cromosomas somáticos o sexuales, y dos es decir el 11.11%, no presentaron aberraciones cromosómicas, además se puede observar que 14 de estas vacas están dentro de las que tienen mas de 3% de Po/A.

CUADRO 38. Datos de las vacas Holstein que abortaron.

No	# de I.A./parto	# de partos	Intervalo/partos	% Po/A
1	2	1	-----	12
2	3	1	-----	8
3	2-2-2	3	420-368	8
4	2	1	-----	7
5	7	1	-----	6
6	2-3-3	3	396-455	6
7	5-5-6-3	4	425-720-575	6**
8	2	1	-----	4*
9	5	1	-----	4
10	4	1	-----	4***
11	4	1	-----	4
12	1-6	2	990	4
13	2	1	-----	3
14	4-2	2	760	3***
15	3-4	2	690	2
16	1	1	-----	1
17	2-1-2	3	365-360	0
18	3-1-1-5-2	5	360-370-880-340	0
	102	34		

I.A. = Inseminaciones artificiales.

$\bar{y}$  I.A./parto = 3.0 1.6,  $\bar{y}$  IP = 529.6 204.6

\*=Delección somática, \*\*=Delección somática y del X, \*\*\*=Delección de X

En el cuadro 39 se enlistan las 37 vaquillas de 10 a 18 meses que se muestrearon, de éstas el 27% presentaron un cariotipo normal mientras que el 73.0% tuvo células poliploides en porcentajes de 1 a 7. Las becerras y vaquillas de los cuadros 38 y 39 van a ser el reemplazo de las vacas adultas de lo cual se puede inferir que el hato ganadero seguirá con los mismos parámetros reproductivos descritos, ya que éstas tienen aproximadamente los mismos porcentajes de Po/A que las vacas adultas.

CUADRO 39. Relación de Po/A en vaquillas Holstein de 10 a 18 meses de edad.

% de Po/A	Frecuencia	%
7	1	2.71
6	2	5.40
5	1	2.71
4	6	16.22
3	11	29.73
2	4	10.81
1	2	5.40
0	10	27.02
	37	100.00

En el cuadro 40 se muestran los resultados de las 39 becerras menores de 10 meses que fueron muestreadas, de éstas el 35.90% presentaron un cariotipo normal, mientras que el 64.10% tuvo poliploidias en porcentajes de 1 a 10.

CUADRO 40 - Relación de Po/A en becerras Holstein menores de 10 meses de edad.

% de Po/A	Frecuencia	%
10	1	2.56
6	1	2.56
5	3	7.70
4	4	10.26
3	5	12.83
2	2	5.13
1	9	23.07
0	14	35.89
	39	100.00

En el cuadro 41 se agrupan los datos de 16 vacas, vaquillas y becerras 14.95% de la muestra, en las cuales además de las poliploidias hubo deleciones somáticas en 1 a 4% y deleciones de uno de los cromosomas X en 2 a 3% de las células analizadas, en el mismo cuadro se observa que están incluidas 4 vacas de las 18 que abortaron.

CUADRO 41. Relación de vacas (V), vaquillas (VQ) y becerras (B) con poliploidias y otras aberraciones cromosómicas.

#	% de DS	% de DX	% de Po/A
156 V	2	-	7
176 V*	2	2	6
225 V	3	-	4
131 V*	4	-	4
33 V	-	3	2
15 V	-	3	6
115 V**	-	3	4
41 V*	-	2	3
229 V	-	2	2
48 VQ	-	3	3
55 VQ	-	2	4
21 VQ	-	2	2
5 B	3	2	2
6 B	1	2	2
12 B	1	-	4
1 B	1	-	1

DS= Deleciones somáticas.

\* Vacas con un aborto.

DX= Deleciones del cromosoma X.

\*\* Vacas con dos abortos.

## 7.2. EN GANADO SUIZO AMERICANO.

En el cuadro 42 se enlistan los datos de las 13 vacas de la raza Suizo americano que se muestrearon, en las cuales la frecuencia de Po/A varió entre 0 y 4%, dos de éstas eran portadoras de la fusión 1/29, las cuales por su historia reproductiva fueron clasificadas como vacas repetidoras, además una de las dos tuvo un aborto ( la # 13). Las demás son vacas con intervalos normales entre parto (365 a 400 días).

CUADRO 42. Relación de Po/A en vacas Suizo americano.

% de Po/A	No.	Aborto
4	1	
2	2	
2	3	
1	4	
1	5	
1	6*	
1	7	
1	8	
0	9	
0	10	
0	11	
0	12	
0	13*	1

\* Vacas con fusión 1/29.

En el cuadro 43 se incluyen los datos de las becerras de la raza Suizo americano que se estudiaron, en éste se observa que el 35.71% de las becerras no tuvieron aberraciones cromosómicas y el 64.29% las presentó, en porcentajes de 1 a 11.

Una de las becerras con 1% de Po/A presentó además la fusión céntrica 1/29, la cual fue heredada de su madre (la número 13 del cuadro 42).

CUADRO 43 - Relación de Po/A en becerras Suizo americano.

% Po/A	N	%
11	1	
7	3	
6	1	
5	2	
4	2	
2	12	
1*	6	64.29
0	15	35.71
	42	100.00

\* Presentó además la fusión 1/29, hija de la 13 del cuadro 41.

El análisis realizado a 55 hembras de la raza Suizo americano (cuadros 40-43) dio lugar a mostrar la presencia de la fusión 1/29 en ganado existente en México, ya que esta aberración no había sido reportada en nuestro país.

En el cuadro 44 se muestran los datos de 19 toretes de la raza Suizo americano, en el cual se observa que el 10.52% no presentaron aberraciones cromosómicas mientras que el 89.48% (17) presentó poliploidias aneuploidias en porcentajes que variaron de 1 a 5 %.

CUADRO 44. Relación de Po/A en toretes de ganado Suizo americano.

% de Po/A	N
5	2
4	3
3	4
2	5
1	3
0	2
	19

### 7.3. En ganado *Bos taurus* X *Bos indicus*.

En el cuadro 45 se indican algunos parámetros reproductivos de las 24 vacas *Bos taurus* X *Bos indicus* que al ser sometidas a la prueba de correlación lineal entre el porcentaje de poliploidia y/o aneuploidia y el promedio de partos por año se obtuvo una  $r = 0.85$  ( $p < 0.05$ ). El 12.50% de los animales presentó un cariotipo normal mientras que en el 87.50% se demostró la presencia de poliploidias y/o aneuploidias en porcentajes de 1 a 6.

En el mismo cuadro sobresale que las vacas que tuvieron menos de 3% de Po/A, su promedio de partos por año fue lo normal, o sea de uno, mientras que la mayoría de las vacas con mas de 3% de Po/A fue de menos de uno. Es decir en este ganado de explotación extensiva se muestra el mismo fenómeno biológico reproductivo que en el ganado estabulado, aunque con menos oscilaciones.

Cuadro 45. Relación de vacas *Bos taurus* X *Bos indicus* en las que se muestran algunas características reproductivas y el porcentaje de poliploidias detectadas.

Edad Años	Edad reproductiva. Años	# de partos	$\bar{y}$ partos/año	% Po/A
8	6	4	0.67	6
8	6	4	0.67	6
3	1	1	1.00	6
8	6	5	0.83	6
9	7	6	0.86	6
3	1	1	1.00	4
4	2	2	1.00	4
4	2	2	1.00	4
4	2	0	0.00	4
4	2	0	0.00	4
4	2	0	0.00	3
4	2	2	1.00	3
3	1	1	1.00	3
5	2	2	1.00	3
4	2	2	1.00	3
4	2	2	1.00	2
10	7	7	1.00	2
4	2	2	1.00	2
8	5	5	1.00	1
5	2	2	1.00	1
5	2	2	1.00	1
7	4	4	1.00	0
4	2	2	1.00	0
4	2	2	1.00	0

Promedio de partos/año VS % de Po/A.  
 $r = 0.85$ ,  $p < 0.05$

En el cuadro 46 se enuncian los cariotipos detectados en las 107 vacas Holstein examinadas. En primer lugar 28 animales (26.17%) tuvieron el 100% de las células con cariotipo normal (60,XX). Los 79 animales restantes (73.83%) presentaron una gran variabilidad de cariotipos en 1 a 16% de las células estudiadas, las más comunes fueron las tetraploidias asociadas con aneuploidias del tipo de las hiperploidias, este tipo de mosaicismo también se observó correlacionado con hexaploidias, aneuploidias y octaploidias. En un porcentaje bajo de células además de la Po/A se observaron otras aberraciones como la ausencia de un cromosoma somático (monosomía) o de un cromosoma sexual, (monosomía X) o bien

linfocitos con menos de 58 cromosomas (hipodiploidia). En la serie de fotografías se muestran cariotipos normal, de 90,XXX, de 120,XXXX y con delección somática y de cromosoma X.

CUADRO 46 - Relación de cariotipos determinados en vacas Holstein.

Cariotipo	N	%
60,XX	28	26.17
60,XX/120,XXXX/aneuploidia	21	29.63
60,XX/120,XXXX/180,XXXXXX/aneuploidia, hipodiploidia	10	9.34
60,XX/aneuploidia/120,XXXX/59,X	10	9.34
60,XX/90,XXX/aneuploidia	9	8.41
60,XX/120,XXXX/240,XXXXXXXX/aneuploidia	8	7.48
60,XX/120,XXXX/90,XXX/aneuploidia/59,X	7	6.54
60,XX/120,XXXX/aneuploidia/hipodiploidia	4	3.73
60,XX/90,XXX/aneuploidia/59,XX	4	3.73
60,XX/90,XXX/aneuploidia/hipodiploidia	2	1.87
60,XX/aneuploidia/hipodiploidia	1	0.94
60,XX/120,XXXX/hipodiploidia	1	0.94
60,XX/59,XX/hipodiploidia/aneuploidia	1	0.94
60,XX/aneuploidia/59,XX	1	0.94
	107	100.00

## 8 - DISCUSION.

Como se describió las aberraciones cromosómicas pueden surgir desde la meiosis en los padres (57) o bien durante el desarrollo embrionario o fetal (9, 11, 22, 54).

Por la proporción de linfocitos poliploides detectados en los animales estudiados (1 a 16%), datos de los cuadros del 25 al 44, se puede deducir que esta alteración debió originarse por una no-disyunción mitótica, que apareció tardíamente durante el desarrollo intrauterino, y que pudo incluir tanto a células somáticas como germinales.

En el primer caso dio como resultado la presencia de linfocitos poliploides; y si estos existen en porcentajes hasta de 46%, según Swartz y col (112), el animal puede sobrevivir y presentar en edad reproductiva modificaciones en su ciclo estral y consecuentemente en su fertilidad, Nagaraja y col (81), lo que daría como consecuencia la aparición del síndrome de la vaca repetidora Cribiu (23), Hafez (46) Stephan (108), Pinheiro (89).

En el segundo caso, en el que estén afectados cierto porcentaje de células germinales, éstas pueden fecundar o no, si lo hacen el producto poliploide morirá en alguna etapa del desarrollo intrauterino, Burns (20), Coates y col (22) Succi y col (111).

Esto trae como consecuencia que el periodo entre partos se eleve; como se muestra en el cuadro 37, donde se observan lapsos entre partos de 514 a 588 días.

Algunos autores que describen la muerte embrionaria o fetal no citan a las aberraciones cromosómicas como causa de ella, Gustafsson (43), Linares (65), Maurer (71), Weibolt (115).

Sin embargo con base en los resultados expuestos en el cuadro 36 se puede inferir que éstas sean una de las causas de tales muertes, ya que

se muestra claramente a medida que aumenta el porcentaje de Po/A se incrementa también la frecuencia de abortos.

Por lo cual es conveniente el análisis cromosómico a productos abortados, para definir el grado de incidencia de las aberraciones cromosómicas en las pérdidas por aborto.

La falta de datos al respecto en México, por una parte se debe a la nula importancia que los Médicos Veterinarios Zootecnistas dedicados a la reproducción, le dan a esta etiología, además, si en el caso del ganado estabulado, el aborto con cierta frecuencia pasa desapercibido, con mayor razón en el ganado de explotaciones extensivas.

Aunado a estas situaciones, prevalece la idiosincracia en el pensar de los ganaderos, los cuales atribuyen a los abortos otras causas diferentes a las infecciosas, parasitarias o citogenéticas.

Por otra parte es probable que las poliploidias puedan estar presentes también en células endócrinas de la hipófisis o del ovario, ya que en vacas repetidoras la concentración hormonal en la sangre periférica no es la normal para el correcto funcionamiento del aparato reproductor, y consecuentemente para la implantación del producto, según Maurer (71).

La semejanza en los porcentajes de poliploidias entre las vacas, vaquillas y becerras, cuadros 38 y 39, conduce a pensar que esta aberración se hereda, como sucede con la fusión céntrica 1/29 según lo discuten Dain y col (24), Gustavsson (41).

Así mismo estos resultados llevan a plantear, que los problemas reproductivos dependientes de las aberraciones cromosómicas, continuarán en el hato ganadero, ya que estas vaquillas y becerras van a ser el reemplazo de las adultas.

En resumen con el análisis de los cuadros 26 y 27 se concluye que la Po/A en porcentajes de 1 a 16% es el factor primordial del "síndrome de la vaca repetidora" y que cuando el porcentaje de esta aberración

sobrepasa el 20% según otros estudios, la vaca es infértil, lo cual se debe a que la vaca ovula células hiperploides o bien en que la poliploidia influya en la asincronía de la concentración hormonal.

Sin embargo al analizar los conjuntos de vacas con diferente porcentaje de Po/A y su promedio de inseminaciones por parto, cuadro 28, se puede deducir que los porcentajes de hasta 21% de Po/A, son tolerables, ya que en éstas el promedio de inseminaciones por parto es de 1.5, lo cual se considera normal.

El mismo fenómeno se observa al analizar por separado las vacas por número de partos, cuadros 30 al 35, lo cual comprueba aún más que las vacas libres de aberraciones cromosómicas serán las de mayor producción porque son las que llegarán a 5 o 6 partos.

El hallazgo de la fusión central 1/29 en ganado Suizo americano, cuadros 42 y 43, reviste una vital importancia por ser esta una de las aberraciones ya caracterizadas como causante de baja fertilidad en el ganado figura 13, según Gustavsson (41), Foulley y col (30).

Es una aberración presente en países de todos los continentes y en todas las razas de ganado bovino, cuadros 15, 16, 17 y 18, y los datos de Blazak (16) Harris y col (52), Mayr (73), Nogach (85), Popescu (95), Silvestrelli y col (105), Stanik y col (107), Zhigachev y col (121).

Con base en este estudio y al considerar el mínimo de animales muestreados que fueron 55 en los cuales se identificaron a 3 con la aberración, se puede estimar que ésta puede estar ampliamente difundida en los hatos ganderos de México.

En nuestro país la mayor parte del semen bovino para la inseminación artificial se importa de Estados Unidos de Norteamérica y de Canadá, en donde es de esperarse que los sementales sean seleccionados genéticamente; mientras que el que proviene de centros de producción nacional deriva de toros que no se someten al análisis cromosómico y su selección se hace solo por fenotipo, ascendencia y descendencia.

Por lo cual es recomendable llevar a cabo el correspondiente análisis sanguíneo a todo el pie de cría e incluso analizar el semen, e instrumentar métodos de erradicación como se llevan a cabo en otros países, como lo mencionan Foulley y col (30), Muller (79).

De los 19 toretes de la raza Suizo americano, cuadro 44, analizados durante este trabajo ninguno resultó con la fusión céntrica 1/29, sólo presentaron Po/A en porcentajes de 1 a 5%, que como ya se mencionó también afectan a la reproducción.

Este lote de toretes corresponde al rancho número 3, mientras que el hallazgo de la aberración fue en el rancho número 4. Esta situación puede marcar un camino para futuros proyectos encaminados a la determinación de la distribución geográfica y poblacional de la aberración.

Con relación a la identificación de deleciones en los cromosomas somáticos y en el X, varios autores han reportado este tipo de aberraciones; entre ellos están Hainan (47), Hanada (51), Nagaraja (81), Nahass (82) y Stanik (107), dichos investigadores describen porcentajes de 5 hasta 32% de células afectadas en vacas y toros con reducida fertilidad. Los hallazgos en este trabajo, oscilaron entre 1 a 4% y se identificaron en el 15% de las vacas Holstein examinadas cuadro 41.

En el cuadro 38 en el que se enlistan, las vacas que abortaron, es de notar que 3 de ellas, la 7, la 10 y la 14, presentaron deleciones cromosómicas somáticas y del X, y así mismo son las que han tenido mayor número de inseminaciones.

Estos resultados ponen de manifiesto la probable influencia negativa que estas aberraciones pudieran tener en el funcionamiento normal de la reproducción en el ganado.

En el ganado *Bos taurus* X *Bos indicus* cuyos resultados se observan en el cuadro 45, la Po/A muestra la misma tendencia en la reproducción que en el ganado Holstein, sin embargo el porcentaje de Po/A no pasó del 6%,

este relativamente porcentaje bajo, puede deberse al tipo de explotación del ganado, que es mas natural que en el ganado Holstein.

La mayor parte de los estudios sobre aberraciones cromosómicas en general, están hechos en ganado puro *Bos taurus* o bien *Bos indicus*; sólo en Brasil, cuadro 13, Maura (78) reporta en la crusa, rompimientos, fragmentos y brechas en animales alimentados con pastura de helechos.

En el presente trabajo en ninguna de las 24 vacas analizadas, se encontraron otro tipo de aberraciones, fuera de la Po/A.

Probablemente la presencia de deleciones, únicamente en ganado estabulado se deba al tipo de explotación intensiva al que están sujetos, ya que reciben constantemente fármacos, así como que la alimentación proviene de pastura fertilizada y fumigada y de concentrado procesado industrialmente.

## 9. CONCLUSIONES.

ESTA TESIS NO DEBE  
SER DE LA BIBLIOTECA

1. Las vacas sin aberraciones cromosómicas no presentan problemas graves en su reproducción.

2. La poliploidia en porcentajes de 3 a 16% es uno de los factores del síndrome de "la vaca repetidora".

3. Las poliploidias y las deleciones de cromosomas somáticos y del X, están relacionadas con la presentación de abortos.

4. La fusión céntrica 1/29 existe en México.

## 10. RESUMEN.

Se llevó a cabo el estudio cromosómico de los linfocitos en 281 bovinos, de los cuales 183 fueron hembras de la raza Holstein, 55 Suizo americano, 24 de la cruce *Bos taurus* X *Bos indicus* y 19 toretes de la raza Suizo americano. Para hacer el análisis del cariotipo de cada uno de los animales se usó la técnica rutinaria y la de bandeó G según Armendáñez, Egozcue, Fort, Halnan y Wurster. Tuvieron cariotipo normal el 28.41% del ganado Holstein, en el 28.38% del ganado Suizo americano y en 12.5% del ganado *Bos taurus* X *Bos indicus*; el resto de los animales presentaron poliploidias y/o aneuploidias en un porcentaje de linfocitos que variaron entre 1 a 16, además de las aberraciones mencionadas se observó que el 14.95% del total de animales presentaron otras como deleciones somáticas y deleciones de cromosomas sexuales. Tres animales de las 55 hembras de la raza Suizo americano presentaron la fusión 1/29. La aportación de este trabajo a la resolución de los problemas de la productividad ganadera radica en que se correlacionaron los porcentajes de poliploidias con parámetros reproductivos como son el número de inseminaciones por parto y con el intervalo en días entre partos, de cuyo análisis resulta una alta correlación entre éstas. Los resultados sugieren que las vacas portadoras del 3% o más de linfocitos poliploides requieren un número mayor de inseminaciones por parto y que el número de días de intervalo entre partos también es mayor, lo que trae como consecuencia que su producción de becerros y leche sea más baja, mientras que el costo de mantenimiento en el hato aumenta. Por lo tanto se concluye que el uso de la tecnología del análisis del cariotipo en la selección del pie de cría de las empresas pecuarias podría aumentar la producción de carne y leche. Además se detectó la fusión 1/29 en ganado Suizo americano en México, la cual sólo había sido descrita en otros países, lo que se considera justifica el investigar su distribución poblacional y geográfica, antes de que su diseminación se constituya en un problema más que incida sobre la producción pecuaria.

## 11. ABSTRACT.

A chromosome study of lymphocytes was performed in 281 bovines, of which 183 were females of the Holstein breed, 55 were Swiss-American, 24 were *Bos taurus* X *Bos indicus* breed, and 19 young bulls. Karyotype analysis of each animal was performed using standard and G-band techniques according to Egozcue, Fort, Hanlan and Wurster. Normal karyotype was found in 28.41% of the Holstein cattle, 28.38% of the Swiss-American, and in 12.50% of *Bos taurus* X *Bos indicus*, the rest of the cattle presented polyploids and/or aneuploids in 1 to 16% of the lymphocytes; besides these aberrations, 14.95% of all the animals presented other aberrations, such as somatic deletions and deletions of sexual chromosomes. Three animals of the Swiss-American females presented the 1/29 fusion. We correlated the percentages of polyploids with reproductive parameters, such as number of inseminations per parturition and the interval (in days) between parturitions and found a high correlation. Results indicate that cows bearing more than 3% of polyploid lymphocytes require more inseminations per delivery and the days of interval between them is also higher; in consequence, their production of calves and milk is much lower, whereas the cost of maintaining the herd increases. Therefore, it is concluded that the use of the karyotype technology to select breeders in husbandry enterprises could increase meat and milk production. Besides we detected the 1/29 fusion in the Swiss-American cattle in Mexico, which had only been reported in other countries: this finding would justify a research to determine its frequency and geographic distribution.

## 12. RESUME.

Une étude cytogénétique a été réalisée chez 281 bovins, ce sont 183 femelles de la race Holstein, 55 femelles Suisse américain, 24 femelles *Bos taurus* X *Bos indicus* et 19 taurillons de la race Suisse américain, par la méthode commun et des bande G, selon la technique Egozcue, Fort, Halnan et Wurster.

Le caryotype resulta normal pour 28.41% des vaches Holstein, 28.38% de vaches Suisses américain et pour 12.5% du bétail *Bos taurus* X *Bos indicus*, le reste des animaux resulta avec polyploïdie et/ou aneuploïdie en pourcentages de 1 a 16%. En plus le 14.95% du total des animaux eurent anomalies structureles du chromosome X ou chromosomes somatiques. Trois animaux de la race Suisse américaine furent porteuses de la fusion centrique 1/29.

La apporte de c'étude pour la productivité de l'élevage réside en que les pourcentages de polyploïdie ont corrélation positive avec les paramètre de reproduction comme sont le nombre d'inséminations par mise bas et intervalle entre mise bas; c'est à dire les vaches porteuses chez plus de 3% de lymphocytes polyploïdis requèrent plus grand nombre d'inseminations par mis bas, et le nombre de jours entre mise bas ce plus grand á 365. Donc la production de veaux et lait est basse, pendant que le coût est plus grand.

En plus on a détecté la fusion centrique 1/29 en bétail en Mexique de laquelle seulement eut été décrite en outres payse; ce que justifie rechercher sa distribution géographique, avant sa dissémination incise en élevage. Par concéquent on conclut que il est convenable faire usage de la technologie du analyse du caryotype pour la sélection du bétail pour la reproduction.

### 13. REFERENCIAS.

- 1.- ANTA E., RIVERA J.A., GALINA C., PORRAS A. Y ZARCO L. : Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet.Méx.*20:1.1989.
- 2.- ARRUGA M.V., ZARAZAGA Y. Y VALLEJO M. : A new case of the 1/29. Robertsonian translocation in cattle. *Anales de la Facultad de Veterinaria de Leon.* 29:179-185. 1983.
- 3.- ARRUGA M.V. Y ZARAZAGA Y. : Structural Chromosome anomalies in cattle : Centric fucion 1/29 and inversion 25. *Anales de la Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza.*19:163.1984.
- 4.- ARRUGA M.V. Y ZARAZAGA Y. : Chromosome studies in the bullfighting cattle. *J. Dairy Sci Suppl.*(66) 1:246.1983.
- 5.- ARMENDAREZ S.S. : Citogenética humana. *Interamericana.* México 1968.
- 6.- ARTUR P.M. Y ELAINE. J.: Genetics: human aspects. Second edition. *Sinauer Associates Inc.* Massachusetts. 1990.
- 7.- ASOCIACION NACIONAL DE GANADEROS LECHEROS, A.C. : Las gestiones y sus resultados. *Holstein de México.* 20:1.1989.
- 8.- AYALA J.F. : Genética moderna. *Fondo Educativo Interamericano.* México. 1984.
- 9.- AYALON N. : A review of embryonic mortality in cattle. *J. Reprod. Fert.* 54, 483-493. 1978.
- 10.- BERARDINO D.DI., ARRIGHI E.F. Y KEIFFER M.N. : Nucleolus organizer regions in two species of Bovidae. *J Hered.* 70:47-50.1979.

- 11.- BERARDINO D.DI., IANNUZZI L. Y FREGOLA A. : Chromosome instability in a calf affected by congenital malformation. *Vet.Rec.* 112:18.1983.
- 12.- BERARDINO D.DI., IANNUZZI L. Y LIOI M.B. : The High-resolution RBA-banding pattern of bovine chromosomes. *Cytogenet Cell Genet.* 39:136-139.1985.
- 13.- BERLAND H.M., SHARMA A., CRIBIU E.P. Y DARRE R. : A new case of Robertsonian translocation in cattle. *J.Hered.* 79:33-36.1988.
- 14.- BETANCOURT A., GUTIERREZ C. Y SANCHEZ A. : Chromosomal translocation 1/29 in Santa Gertrudis sires. *Beitrage zur tropischen handwirtschaft und veterinar medizin.* 23.1.73-75.1985.
- 15.- BLACK A. : A non histone nuclear protein whose expression correlates with cell proliferation. *J.Cell Biol.* 107 suppl. 289 .1988.
- 16.- BLAZAK W.F. Y ELDRIDGE F.E. : A Robertsonian translocation and its effect upon fertility in Brown Swiss cattle. *J. Dairy. Sci.* 60:1133-42.1977.
- 17.- BROWN U., ANSARI H.A., HEDIGER R. Y SUSS J. : Hipotrichosis and oligodontia associated with a chromosomal Xq-deletion in a Simental Red Holstein crossbred. *Tierarztliche Praxis* 16, (1): 34-44. 1988.
- 18.- BOSMAN A.A., ELGERSMA A. Y HAAN N.A. : Chromosome studies of 300 young Dutch-Friesian an Holstein-Friesian bulls intended for use in artificial insemination. *Tijdschr Diergeneeskd.* 112:13.789-94.1987.
- 19.- BUOEN L.C., KENT M.G. Y WEBER A.F. : Variety of cytogenetic anomalies en countered during a two year period in a veterinary cytogenetics laboratory. *J. Dairy Sci* suppl. (66).1:246.1983.
- 20.- BURNS W.G. : The science of genetics chapter 13. *Macmillan Publishing Co. Inc.* 263-315. New York. 1980.

- 21.- CIUPERCESCU D.D., PATRASCU M., BARCARIE A. Y BANICA S. : Cytogenetic observations of Simental bulls used in artificial insemination in Transylvania. *Lucrari Stiintifice, Institutul de Cercetare Si Productie Pentru Crestereae Bovinelor*. 9:171-177.1984.
- 22.- COATES J.W. Y SCHMUTZ S.M. : A survey of malformed aborted bovine fetuses, stillbirths and non viable neonates for abnormal karyotypes. *Can. J. Vet. Reser.* 52:258-63.1988.
- 23.- CRIBIO E.P. Y POPESCU C.P. : L'aneuploïdie et la polyploïdie chez les bovins dans les cultures de cellules bovines. *Ann. Génét.Sel.Anim.* 9:275-282.1977.
- 24.- DAIN A.R. Y DOTT H.M. : Cytogenetic studies of 1/29 translocation carrying cows and the their embryos. *Theriogenology*. 23:641-49.1985.
- 25.- DALE VAN L.B., JHON E.P. Y BRANDFORD E.A. : Genetics for the animal sciences. *Freman and Company*. U.S.A. 1987.
- 26.- DAVID H. Y CORMACK Ph.D. : Histologia de Ham. *Harla*. México. 1988.
- 27.- DEAVEN L.L. Y KREIZINGER J.D. : Cell fusion as a mechanism for the origin of polyploid cells in vitro. *Experientia*. 27:311-312.1971.
- 28.- DEPARTMENT OF AGRICULTURE SOUTH AFRICA. : *Cytogenetics of cattle annual report*. April 1982-to March 1983.
- 29.- EGOZCUE J. : Técnicas en citogenética. *Espaxs* Barcelona. 1971.
- 30.- FOULLEY J.L. Y FREBLING J. : The 1/29 translocation in cattle : distribution, effects and method of eradication. *Bulletin technique, Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de theix*. 62:93-102.1985.

- 31.- FORT C.E., POLLOCK D.L. Y GUSTAVSSON I. : Proceedings of the first international conference for the standardisation of banded karyotypes of domestic animals. *Hereditas*. 92: 145-62.1980.
- 32.- FREBLING J., FOULLEY J.L. Y BERLAND H.M. : Results of a study of the frequency of the 1/29 translocation in Aquitain Blond cattle. *Bulletin Technique, Centre de Recherches Zootechnique et Veterinaires de Theix*. 67.49-58.1987.
- 33.- FREEMAN M.G. : Valor económico y mejoramiento genético. *Memorias de la cuarta conferencia internacional sobre ganado lechero*. México.1988.
- 34.- GALLY A. : Further Cytogenetic studies on the Italian Friesian. *Atti de lla societa Italiana di Buiatria*. 18:369-373.1986.
- 35.- GARBUNOFF M.J., HERMAN G., BUSON S., MOUDIT P., TIMASHEFF S.N. Y ROSSIGNOL B. : Mechanism of the inhibition of protein secretion by colchicine. *J. Cell Biol.* 107:suppl.339.1988.
- 36.- GARY M.L. Y RAYMOND W.W.Jr. : Bovine embryo morphology and evaluation. *Theriogenology* 20:407-416.1983.
- 37.- GENERALD K. : Biología celular. *Mc Grow-Hill*. México.1988.
- 38.- GENEST P. Y GUAY P. : Structural abnormalities of the X-chromosome in a heifer. *Can. J. Comp. Med.* 43:(1).1979.
- 39.- GUIZAR V.J. : Genética clínica. *El manual moderno*. México.1988.
- 40.- GUSTAVSSON I. : Distribution and effects of the 1/29 Robertsonian translocation in cattle. *J. Dairy. Sci.* 62:825-35. 1979.
- 41.- GUSTAVSSON I. : Cytogenetics, distribution and phenotypic effects of a translocation in Swedish cattle. *Hereditas*. 63:68-169.1969.

- 42.- GUSTAVSSON I. : Distribution of the 1/29 translocation in the artificial insemination bull population of Swedish Red and White cattle. *Hereditas*. 69:101-106.1971.
- 43.- GUSTAFSSON H. : Characteristics of embryos from repeat breeder and virgin heifers. *Therigenology* 23(3):487-499. 1984.
- 44.- GUSTAVSSON I. Y ROCKBORN G. : Chromosome abnormality in three cases of lymphatic leukaemia in cattle. *Nature*. 203:990. 1964.
- 45.- HAFEZ E.S.E. : Reproducción e inseminación artificial. *Interamericana*. 1986.
- 46.- HAFEZ E.S.E. : Reproducción e inseminación artificial en animales. *Interamericana McGraw-Hill*. 1989.
- 47.- HALNAN C.R.E. : Autosomal deletion and infertility in cattle. *Vet. Rec.* 91:572.1972.
- 48.- HALNAN C.R.E. Y WATSON I. : Y-chromosome variants in cattle *Bos taurus* y *Bos indicus*. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 14:1-16.1982.
- 49.- HALNAN C.R.E., WATSON J.I. Y McKEE J.J. : G-band patterns of the karyotype of *Bos indicus*. *Vet. Rec.* 109:34-37.1981.
- 50.- HAM R.G. Y VEOMETT M.J. : Mechanisms of development. *Mosby Company*. St.Louis U.S.A.1980.
- 51.- HANADA H. Y MURAMATSU S. : A case of subfertile cow with structural abnormalities of the X-Chromosome. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 12(2), 209-213.1980.
- 52.- HARRIS E.J., WEIRMANS J.E. Y NEL N.D. : An investigation of chromosomal abnormalities in certain Southern African cattle breeds. *Proceedings of the 2nd world congress on sheep and beef cattle breeding*, Pretoria, South Africa, Abril,1984.

- 53.- HAVRIANKOVIA J., SLAVILICKOVIA M. Y SIAPNICKA J. : Incidence of the 1/29 Robertsonian translocation in the cattle population in Czechoslovakia. *Vet. Med.* 32:151-60.1987.
- 54.- HERZOG A. Y HOHN H. : Two new chromosome abnormalities 60,XX,t(12/12)+12 and 60,XX,t(20/20)+20 in cattle. *Tierarztliche Umschau.* 41:54-56.1986.
- 55.- JUNQUEIRA C. Y LOPEZ S. : Biología celular. *La prensa médica mexicana.* México. 1976.
- 56.- KACHURA V.S. : Chromosome aberrations in cattle economic and evolutionary aspects. *Moscow. URSS.* 95-96.1987.
- 57.- KAJII T. Y NIKAWA N. : Origin of triploidy and tetraploidy in man:11 cases with chromosome markers. *Cytogenet.Cell.Genet.*18:109-125. 1977.
- 58.- KANAGAWA M.H. Y ISHIKAWA T. : Chromosomal and clinical studies on XY/XYY mosaic bull. *J. Dairy. Sci. suppl.* 66.1:246.1983.
- 59.- KING K.K., SEIDEL G.E. Y ELSDEN R.P. : Bovine embryo transfer pregnancies. I. Abortion rates and characteristics of calves. *J. Anim. Sci.* 61:4.747-57.1985.
- 60.- KING W.A. Y LINARES T.A. : Cytogenetic study of repeat-breeder helpers and their embryos. *Camp. Vet. J.* 24:112-15.1983.
- 61.- LACADENA J.R. : La genética una narrativa histórico conceptual. *Alhambra.* México.1986.
- 62.- LANGHAMMER H. Y SCHWERIN M. : Citogenetic population analysis of the beef bull stock of the German Democratic Republic. *Archiv Fur tierzucht.* 29:213-23.1986.
- 63.- LEWIN B. : Gene expression. *Jhon Wiley & Sons.* New York.1980.

- 64.- LEWIN B. : Genes. *Jhon Wiley & Sons*. New York. 1987.
- 65.- LINARES T. : Embryonic development in repeat breeder and virgin helpers seven days after insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 4:189-98.1982.
- 66.- LIVESCU B.E., CIOPERCESCU D.D. Y LUNGEANU A. : Distribution of chromosome aberrations in bull populations from AI centres in Romania. *Lucrarile Institutului de Cercetari Veterinare Si Biopreparate "Pasteur"*. 17:101-108.1985.
- 67.- LOZANO C.B.: La morfología cromosómica rige la reproducción de la vaca y el toro. *México Holstein*, Marzo:34-35. 1990.
- 68.- LUBOS H. : Bases biológicas de la reproducción bovina. *Diana*. 1983.
- 69.- MARIN L.P. : La agroindustria y la comercialización de la leche en México. *Memoria de la cuarta conferencia internacional sobre ganado lechero*. México. 1988.
- 70.- MARTINEZ A., GALINA C.S. Y ALUJA A. : Evaluación de la actividad reproductiva en diferentes sistemas de producción lechera en el municipio de Tlapacoyan, Ver. México. *Vet. Méx.* 19:4. 1988.
- 71.- MAURER R.R. : Hormonal asynchrony and embryonic development. *Theriogenology*. 17:1.11-22.1982.
- 72.- MAYR B. Y BURGER H. : Nucleolus organizer regions in the chromosomes of the llama. *J. Hered.* 76:222-223.1985.
- 73.- MAYR B. : Demonstration of Robertson's translocation Austrian Simmental cattle. *Tierarzth Monatsschr.* 76:186-87.1977.
- 74.- MAYR B. Y AVER H. : A viable calf with trisomy 22. *Cytogenetics and cell genetics*. 39:1.1985.

- 75.- McWHIR J. : Incidence and inheritance of the 1/29 and 14/20 Robertsonian translocations in Canadian beef cattle. *Genome*, 29:504-509.1987.
- 76.- MIYAKE Y. I. Y KANEDA Y. : A new type of Robertsonian translocations 1/26 in a bull with unilateral cryptorchidism probably occurring *de novo*. *Japanese. J. Veterinary Sci.* 49:1015-19.1987.
- 77.- MORAES J.C. Y SALZANO F.M. : A cytogenetic survey of five breeds of cattle from Brazil. *J. Hered.* 71:146-8.1980.
- 78.- MAURA W.J. : Chromosome aberration in cattle raised on bracken fern pasture. *Experientia*. 44.1988.
- 79.- MULLERI R.H. Y PINHEIRO L.E.L. : Physical and morphological evolution of semen from normal bulls and carriers of the 1/29 Robertsonian translocation. *Ars. Veterinaria*. 1:103-110.1985.
- 80.- MURRAY W.A. Y KIRSCHNER W.M. : What controls the cell cycle. *Scientific American*. March: 34-41. 1991.
- 81.- NAGARAJA C.S. Y HEDGE B.P. : Cytogenetic studies on cows with reduced fertility. *Indian. J. Animal Sci.* 57:220-21.1987.
- 82.- NAHASS E. : Mosaics of X-Chromosome aberration as a possible cause of sterility in a heifer. *Dtsch. Tierärztl Wochenschr.* 81:405-6.1974.
- 83.- NEL N.D. Y HARRIS E.J. : A 1/29 Chromosome translocation in Southern African Nguni cattle. The identification, occurrence and origin of the translocation. *Genetique, Selection, Evolution*. 17:293-302.1985.
- 84.- NEL N.D. Y MEYER E.H. : The recent introduction of a 1/29 chromosome translocation in SouthAfrican Brahman cattle. *Genetique, Selection, Evolution*. 20:239-46.1988.

- 85.- NOGACH V.K. Y AVAKOVA A.G. : Karyotyping of bulls. *Zhiroprovodstvo*. 11:44-46.1985.
- 86.- PATHIRAJA N. Y BUVANENDRAN V. : Robertsonian translocation in a Zebu bull. *Theriogenology*. 24:4.1985.
- 87.- PHILLIP S. Y DONALD E.B. : Cell and molecular biology. *John Wiley & Sons*. New York. 1987.
- 88.- PINHEIRO L.E.L. Y ALMEIDA I.L. : Trisomia X and 1/29 translocation in infertile heifers. *Theriogenology*. 28:891-98.1987.
- 89.- PINHEIRO L.E.L. Y FERRARI I. : Incidence of chromosome aberrations in *Bos taurus* cattle. *Revista brasileira de reproducao animal*. 8:230-34.1984.
- 90.- PINHEIRO L.E.L. Y LOBO R.B. : Influence of chromosome anomalies on the reproductive performance of a crossbred cattle herd. *10th International congress on animal reproduction and artificial insemination*. Brazil, Jun. 10-14.1984.
- 91.- POPESCU C.P. : A new type of Robertsonian translocation in cattle. *J. Hered.* 68:139-42.1977.
- 92.- POPESCU C.P., COTINOT C. Y KIRSZENBAUN M. : Chromosomal localization of a bovine male specific probe. *Ann. Génét.* 31:39-42.1988.
- 93.- POPESCU C.P. : L'étude du caryotype bovin (*Bos taurus* L.) par les methodes de bands. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 16:751-56.1975.
- 94.- POPESCU C.P. : New data on pericentric inversion in cattle (*Bos taurus* L.) *Ann. Génét. Anim.* 8:443-48.1976.
- 95.- POPESCU C.P. : Observations on the normal and abnormal karyotype of cattle. *Can. Vet. J.* 18:143-49.1977.

- 96.- PODER EJECUTIVO FEDERAL. : Plan nacional de desarrollo 1989-1994. S.P.P. México. 1989.
- 97.- PORCELLI F. y SUCCI G. : Chromatin condensation patterns of spermatozoa during epididymal passage in a normal and a chimeric bull. *Basic and applied histochemistry*. 28:159-68. 1964.
- 98.- POTTER W.L. : Sex chromosome mosaicism in heterologo cattle twins. *Aust. Vet. J.* 53:350. 1977.
- 99.- PUTNEY D.J. Y COL. : Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Animal Reproduction Science*, 19,37-51. 1989.
- 100.- REFREGERI S. Y SILVESTRELLI M. : Translocation 1/29 in a Maremma bull. *Atti. della Societa Italiana delle Scienze Veterinaire*. 39:193-95. 1985.
- 101.- REFSDAL A.O. : Low fertility in daughters of bulls with 1/29 translocation. *Acta Vet. Scand.* 17:190-95. 1976.
- 102.- RIVERA J.A., ANTA E., GALINA C., PORRAS A. Y ZARCO L. : Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos III. Factores que la afectan. *Vet. Méx.* 20:1. 1989.
- 103.- SCHEPPER De G.G. Y BRAKE J.H.A. : Double reciprocal translocation heterozygosity in a bull. *Vet. Rec.* 110.197-99. 1982.
- 104.- SCOTT F.G. : Developmental biology. *Sinauer Associates Inc.* Massachusetts. 1988.
- 105.- SILVESTRELLI M., VALFRE F. Y CHICCHIN U. : Robertsonian translocation in a Chianina cow and in its offspring. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 13:429-34. 1981.

- 106.- SLOTA E. : A case of 1/29 translocation in a Polish black and white lowland cow. *Roczniki Naukowe Sootchniki*. 11:9-14.1984.
- 107.- STANIK J. Y IZARIKOVA A. : Chromosome analysis of bulls in relation to disorders of sexual activity. *Vet. Med.* 29:271-8.1984.
- 108.- STEPHAN C. : Negative effect of chromosome abnormalities on bovine reproduction. *Revista de Cresterea Animalor.* 34:56-59.1984.
- 109.- STEWART S. Y BRUERE A. : Distribution of heterozygous translocation and aneuploid spermatocyte frequency in domestic sheep. *J. of Heredity.* 78:37-40.1987.
- 110.- STRYER L. : Bioquímica. Reverté. México.1982.
- 111.- SUCCI G. de GIOVANNI A. Y MOLTENI L. : Nouvelles observations sur une translocation Robersonienne en race bovine Romagnole. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 8:37-40. 1976. (citado por Silvestrelli).
- 112.- SWARTZ H.A. Y VOGHT D.W. : Chromosome abnormalities as a cause of reproductive inefficiency in heifers. *J. Hered.* 74:320-24. 1983.
- 113.- SWITONSKI M. : A Pericentric inversion in an X-chromosome in the cow. *J. Hered.* 78:58-59.1987.
- 114.- VAN V.L.D. Y BRANDFORD O.E.A. : Genetics for the animal sciences. *Freman and Company.* New York U.S.A. 1987.
- 115.- WEIBOLT J.L. : Embryonic mortality and the uterine environment in first service lactating dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 84:393-99.1988.
- 116.- WIJERATNE W.V.S. Y WILKES P.R. : Heifer sterility associated with single birth freemartinism. *Vet. Rec.* 100:333-36.1977.

117.- WILLIAMS D.W. : Ganado vacuno para carne cuarto tomo. *Limusa*. México. 1987.

118.- WURSTER D.H. Y BENIRSCKE K. : Chromosome studies in the superfamily Bovoidea. *Chromosoma*. 25:152-71.1968.

119.- YU R.L., CHEN L. Y WANG D.B. : Preliminary study of the 1/29 chromosome translocation of Simental cattle in inner Mongolia. *Acta Veterinaria Ect. Zootechnica Sinica*. 17:1-6.1986.

120.- ZARCO Q.L.A. : Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial. *Memorias curso internacional de reproducción bovina*. Zacatecas. México. 1989.

121.- ZHIGACHEV A.I., NIKITIN N.S. Y CHARKASOV V.V. : The frequency of the 1/29 chromosome translocation in a randomly selected population of cattle. *Doklady Usesoyuznoi Akademik Sel'skokhozyaistvennykn Nauk*. 4:21-22.1984.