

GANADO CEBU: I. ORIGEN Y ADAPTACION*

Por:

Luis Jair Gómez G.**

CONTENIDO:

Pag.

1. INTRODUCCION	4
2. CAPITULO I: ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL GANADO CEBU	5
2.1. Origen	5
2.2. Distribución mundial	5
2.3. Distribución en Colombia	10
3. CAPITULO II: CLASIFICACION Y DISTRIBUCION DEL GANADO CEBU	12
3.1. Clasificación zoológica	12
3.2. Clasificación general del cebú	15
3.2.1. Ganado de la India y Pakistán	18
3.2.2. Ganado africano	19
3.2.3. Cebuínos mejorados	22
4. CAPITULO III: MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCION	26
4.1. Genética y medio ambiente	26
4.2. Características del ganado para ambiente tropical	28
4.2.1. Factores que afectan la adaptabilidad del ganado a las condiciones tropicales	28
4.2.2. Mecanismos morfológicos, anatómicos, fisiológicos y genéticos de adaptación	29
4.3. Mecanismos de adaptación de los cebuínos a las condiciones tropicales	33
5. BIBLIOGRAFIA	42

* En próxima entrega, Ganado Cebú: II. Reproducción.

** Profesor Asociado, Universidad Nal., Facultad de Ciencias Agrícolas, Medellín.

1. INTRODUCCION

Desde su introducción a fines del siglo pasado el ganado cebú ha venido creciendo en importancia en Colombia, merced a su capacidad de adaptación a las difíciles condiciones tropicales, ya que como se examinará más adelante, sus características fisiológico-anatómicas que lo distinguen del *Bos taurus*, lo habilitan extraordinariamente para producción bajo las condiciones tropicales de altas temperaturas ambientales, alta humedad, condiciones adversas de pastoreo, parasitismo, etc., en forma tal que resulta insustituible como base genética para cualquier programa de producción de carne bovina en el medio tropical.

De otro lado, aunque es ya lugar común, pero no por ello menos cierto, en un programa cualquiera de explotación animal, la reproducción es seguramente la característica individual de valor económico más importante si se quiere producir de manera eficiente y económica. En efecto, en el caso del ganado de carne, la producción de carne por unidad animal o por unidad de tierra, está marcadamente influenciada por el porcentaje de terneros destetos por unidad de tiempo.

De lo anterior se desprende la importancia de lograr un buen comportamiento reproductivo en el ganado vacuno de carne. Sin embargo, es la oportunidad de hacer resaltar el escaso material científico publicado, que sobre aspectos del cebú y en especial sobre su reproducción existe en nuestro medio, en contraste con el gran número de artículos de prensa o revistas populares ganaderas que se ocupan de difundir muchos mitos y leyendas que, de acuerdo con la moda, van apareciendo en los círculos ganaderos.

Es igualmente cierto que existe ya un buen número de trabajos científicos hechos en el medio tropical, pero que, por diversas razones, no se ha difundido ampliamente a pesar de la importancia en el empeño de mejorar nuestra producción.

Es esta la principal razón que ha movido al autor a recoger en una sola publicación la mayor parte de este material científico disperso e intentar una reinterpretación de las características del *Bos indicus* y de la importancia de este tipo de ganado en la explotación bovina tropical.

En la primera parte de este trabajo, se hace énfasis principalmente en las características raciales del cebú con respecto al medio ambiente y, en una segunda parte, a su comportamiento reproductivo, dado que éstos parecen ser los aspectos sobre los cuales se especula más frecuentemente en los círculos ganaderos populares y que, después de todo, son puntos capitales para considerar en la buena marcha de una explotación, con miras a la producción económica de carne en el medio tropical.

2. CAPITULO 1:

ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL GANADO CEBU

2.1. Origen:

Si bien es cierto que existen varias teorías sobre el origen del cebú, hay un considerable cuerpo de evidencias que lo señalan como nativo del área India-Pakistán-Burma-Malaya (Johnson, 1952). Este autor, basándose en un completo análisis de los estudios paleontológicos de Guy E. Pilgrim copilados en su volumen "The fossil Bovidae of India" (1939) en el cual se basa la evolución de *Baselophinae* y *Bovinae* partiendo de aspectos que incluyen: sección transversal de los cuernos; localización, torción y divergencia del interior del cuerno; hueso frontal; conformación de los arcos superciliares; fosa y hueso lacrimal; premaxilares; hueso parietal; hueso occipital; hueso palatal y vómer; dentición, etc., unido a la gran diversidad de razas encontradas en India y a la conclusión de Schneider, quien sugiere la giba como el factor primario de supervivencia en condiciones climáticas como las imperantes en la India y además al análisis de tipo genético, propone dicha zona como cuna del *Bos indicus*.

Desde esta zona se pudo extender al Africa, pasando por Arabia (Maule y Mason, 1960) y más tarde fue traído a América donde ha sufrido notables modificaciones merced al proceso de selección artificial.

La palabra cebú, sea que ella derive del portugués *giba* o del tibetano *zeba*, significa giba y ésta es en efecto la más protuberante característica del *Bos indicus*.

Si bien el interrogante de cual, *Bos indicus* o *Bos taurus*, fué primero, o si ambas formas tuvieron el mismo o diferentes centros de origen permanece oscuro; parece claro, con base en estudios paleontológicos, que el *Bos namadicus* es el ancestro común de ambos (ver gráfico N° 1), y de ahí evolucionaron, aparentemente a principios del Pleistoceno (era cuaternaria), el *Bos taurus* difundiendo hacia el norte y Europa, incluyendo Rusia y el *Bos indicus* tomando la ruta del sur de Asia, Mediterráneo y Africa (Pilgrim, 1939).

La migración a distintas zonas ecológicas bien pudo dar origen a las diferencias que distinguen estas dos variedades del género *Bos*, tales como: número de vértebras (48 en cebú y 52 en ganado europeo), período de gestación (parece ser un poco mayor en cebú), cuernos (conformación), y cráneo (más alargado y estrecho).

2.2. Distribución mundial:

La zona tropical descansa entre los 23° latitud norte, trópico de Cáncer y 23° latitud sur, trópico de Capricornio. Cerca de una cuarta parte de la superficie terrestre está incluida en esta región que comprende el mayor número de los llamados países en desarrollo o países del tercer mundo y alberga casi un tercio de la población humana.

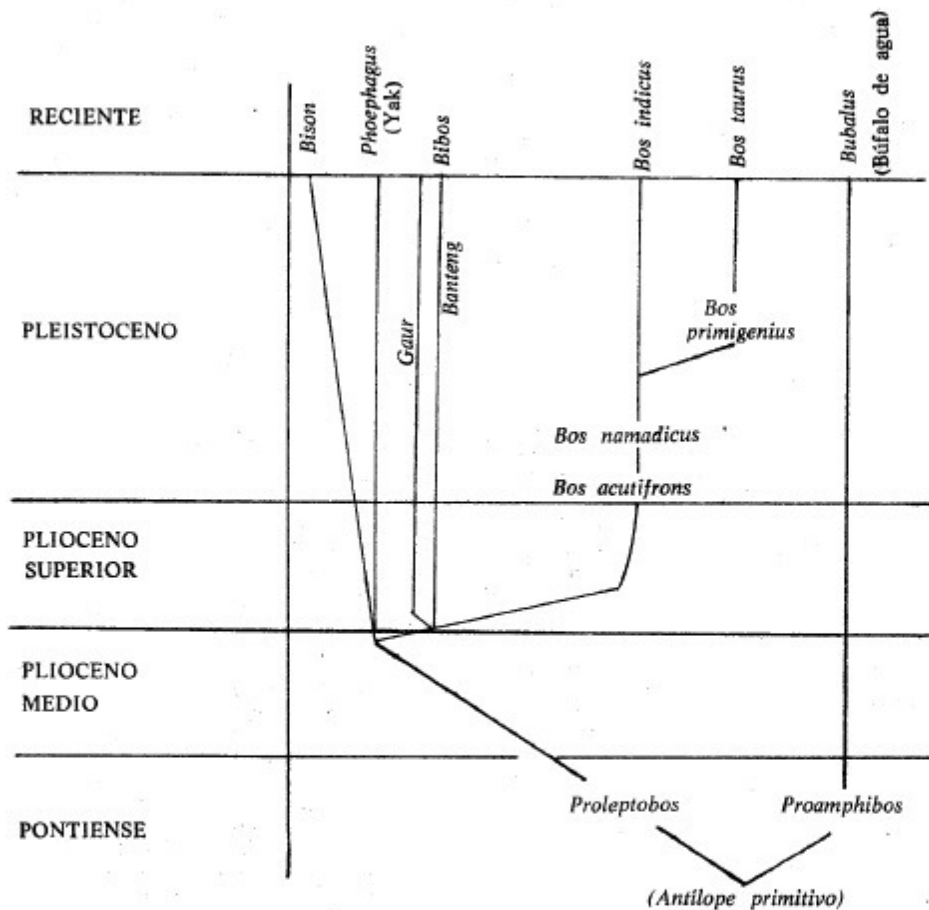


Fig. 1. Probable línea genealógica del *Bos indicus* y sus parientes cercanos

(tomado de Johnson, 1952).

En términos generales, el clima tropical es caliente y húmedo o seco en las zonas desérticas. Las tierras por debajo de 1.000 metros de altitud sobre el nivel del mar, presentan una temperatura ambiental que frecuentemente alcanza más de 32°C., y rara vez cae por debajo de 25°C. y períodos de lluvia que varían de acuerdo a la región. En áreas entre 1.000 y 1.500 metros de altitud, la temperatura raramente alcanza más de 32°C. o desciende por debajo de 22°C. La humedad relativa con excepción de las zonas desérticas, casi siempre es superior a 70% y en algunas regiones difícilmente se encuentra por debajo de 80%. La duración del día y la noche es aproximadamente igual a lo largo del año presentándose diferencias poco marcadas desde el punto de vista de la intensidad luminosa. Bajo estas condiciones habitó el cebú.

En el subcontinente indostano existe el mayor rebaño cebuino del mundo, alcanzando cerca de 170'000.000 de cabezas de ganado, pero dicha circunstancia no es el producto de una explotación económica del ganado, sino fruto de las características culturales peculiares del pueblo indostano. Whyte (1957) destaca el aspecto cultural de la consagración de los animales a los dioses y diosas como una de las causas de la baja productividad de la ganadería hindú. El indica: "La antigua India entendió la importancia del reino animal para la existencia humana y la necesidad de mirar a los animales con grandes consideraciones y es éste el origen de dicha consagración, y el hecho de que los animales sean colocados a la par con lo divino, como está consignado en los Vedas. Desde la época del Rig Veda, hubo una escuela de pensadores que protestaban contra el sacrificio de animales tan útiles como la vaca, como es evidente por la aplicación a ésta del nombre de "Aghnya" y en consecuencia no debía ser sacrificada (Krishnaswamy, 1941). Buda protestó enérgicamente contra el sacrificio de vacas, y esta protesta aumentó hasta que el sacrificio de ellas fue abolido totalmente en una edad posterior; quien sacrificara una vaca era castigado con mutilación o posteriormente (Kautilyá's Arthasastra) por muerte (un castigo que ya no se aplica). El toro ha sido también deificado en la religión hindú; él es el animal en que cabalga el dios Shiva; no hay un solo templo a Shiva que no tenga el emblema del toro. "Hoy en día, en la India moderna, el manejo animal es muy deficiente, semi-inanición es la regla, y la producción de leche por animal está decreciendo constantemente".

Así Whyte (1957) nos revela claramente la influencia que la cultura religiosa ha ejercido en el desenvolvimiento de la ganadería de aquel país y como éste es el factor más importante que explica la formación de aquel núcleo bovino tan numeroso.

Desde la India los cebuinos se desplazaron al continente africano siguiendo el curso del río Nilo hasta alcanzar las regiones del sur (Vicira de Sá, 1965).

También de la India fue traído el cebú al sur de Estados Unidos y a Suramérica, principalmente Brasil, que se constituyó en el segundo rebaño cebuino del mundo con un total de cerca de 90.000.000 de cabezas de ganado, si bien la diversidad en tipos no es tan acentuada como en India o Africa, ya que en estas últimas prácticamente se operó la formación de los cebuinos, mientras al Brasil empezaron a llegar apenas en 1813 (Santiago, A. A., 1967) cuando entraron sólo dos cabezas de ganado; pero en 1826 Don Pedro I estableció el primer plantel cebuino, con ganado de origen africano. Hoy en día, cerca del 70% del rebaño bovino brasilero es del tipo cebú en forma pura o en cruces (Santiago, A. A., 1967). Posteriormente se extendió a todos los países americanos desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina.

Estados Unidos merece especial atención, ya que fue allí donde se formó un tipo de ganado mejorado que ha superado ampliamente en producción de carne a los tipos Indo-Africanos nativos y que es el llamado Brahman o Cebú estadounidense. Fue en 1854 (Whitcomb, 1952) cuando Richard Barrow, de Luisiana, llevó por primera vez ganado cebú originario de la India (como animales de zoológico) a Estados Unidos. Estos animales fueron cruzados con ganado local (*Bos taurus*), obteniéndose animales que dieron una buena impresión a otros ganaderos, quienes empezaron a importar directamente desde la India. En 1885 llegó a Texas un toro Guzerat y uno Nellore y en 1904 dos toros más fueron llevados a Texas, después de haber sido comprados en San Luis a donde llegaron procedentes de la India; pero sólo a principios del siglo se intentaron importaciones más numerosas. En efecto, en 1909 Shearer informaba el considerable incremento de las exportaciones ganaderas hacia Africa, Norte y Suramérica, agregando que los tipos Guzerat y Nellore fueron los de mayor demanda por ser originarios de regiones cercanas a los puertos de embarque. Sin embargo, en recientes importaciones de los Estados Unidos, el Guzerat, Hissar, Krishna Valley, Nellore y Gir estuvieron representados y se utilizaron para cruces con vacas de pastoreo del sur del país. Posteriormente, en 1925, fueron llevados a los Estados Unidos algunos animales directamente del Brasil, vía México y este hecho se repitió posteriormente en 1946, lo que constituyó la última gran importación americana de ganado cebú (Whitcomb, 1952).

Con base en dichas importaciones se formó el Cebú estadounidense que constituye hoy en día, un tipo definido del cebú y que a su vez ha contribuido a la formación de varias razas modernas tales como Brangus, Santa Gertrudis, Charbray, Beef Master, etc.

El ganado cebú, constituye hoy en día un tercio de la población bovina total del mundo y está difundido en todas las regiones tropicales y subtropicales.

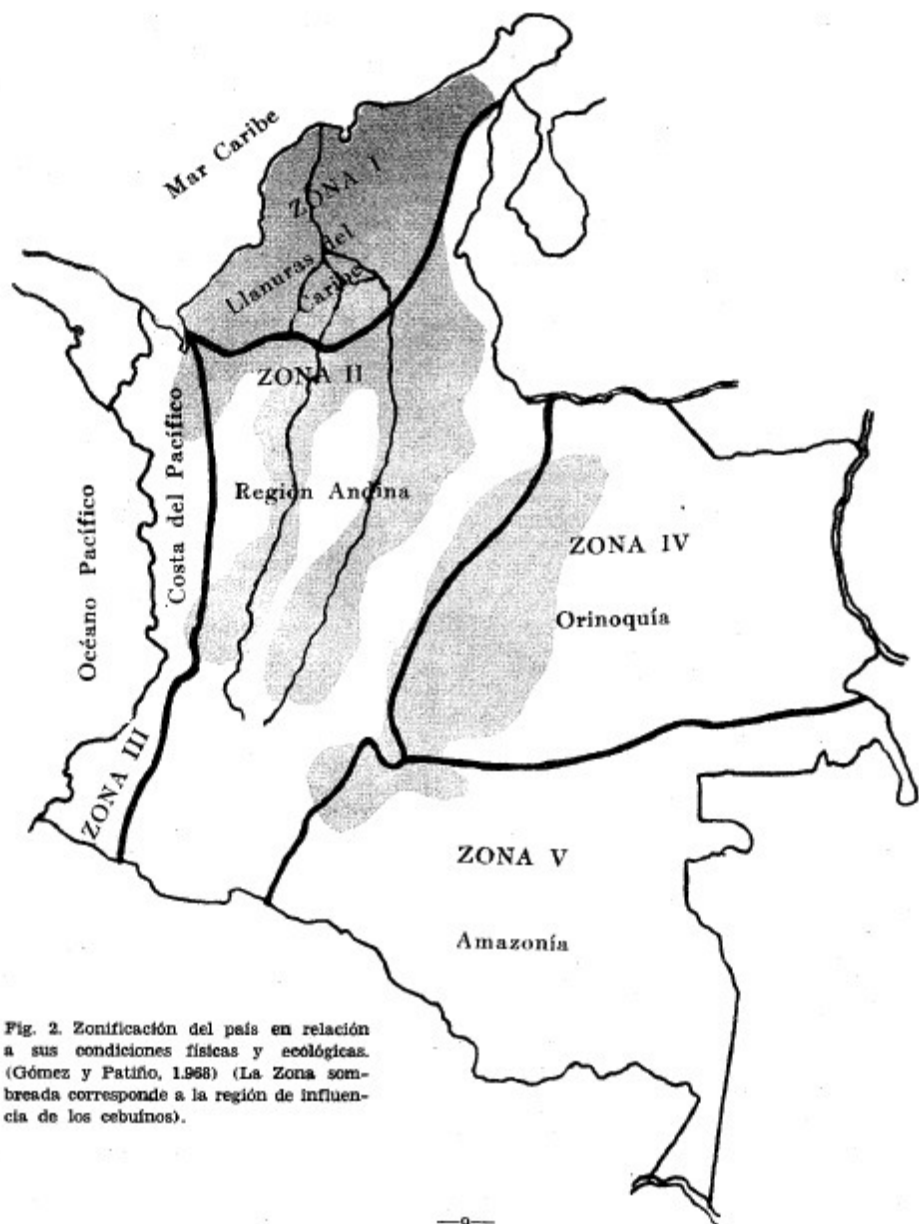


Fig. 2. Zonificación del país en relación a sus condiciones físicas y ecológicas. (Gómez y Patiño, 1968) (La Zona sombreada corresponde a la región de influencia de los cebuños).

2.3. *Distribución en Colombia:*

Colombia tiene una población ganadera superior a los 20'000.000 de cabezas de ganado bovino de las cuales la gran mayoría son de los tipos cebuinos. Gómez (1966), encontró que de los animales sacrificados en Antioquia, el 71,53% de la muestra, pertenecía al tipo cebú o a altos mestizajes; esta cifra puede estar cerca del porcentaje real de la población total del país. De acuerdo con Gómez y Patiño (1968), desde el punto de vista de las condiciones físicas, el país puede dividirse en cinco zonas (Ver Fig. 2), así:

2.3.1. *Zona I:*

Comprende las llanuras del Caribe con una extensión total de 9'850.000 hectáreas, de las cuales hay en pastos alrededor de 7'200.000 con una población ganadera correspondiente al 39% del total del país.

La temperatura promedio es superior a 24°C y la altura sobre el nivel del mar va desde 0 a 1.000 metros. Se observa que existen dos períodos lluviosos y dos épocas de sequía. Los dos períodos de lluvia comprenden los meses de marzo, abril y mayo para la primera época y septiembre, octubre y noviembre para la segunda. Los períodos de más fuerte sequía se presentan en diciembre, enero y febrero y luego en julio y agosto. (Espinel y Montenegro, 1963). La precipitación anual alcanza un promedio entre 1.000 y 2.000 mm.

2.3.2. *Zona II:*

Comprende la región andina del país, con una extensión total de 28'324.000 hectáreas de las cuales existen en pastos 11'600.000 y una población ganadera correspondiente al 49% de los bovinos del país.

La temperatura de esta zona varía entre 30° centígrados, en los valles correspondientes a los ríos, hasta nieve perpetua en los páramos, predominando las temperaturas entre 12 y 24°C. con altitudes desde 500 hasta 5.400 metros sobre el nivel del mar. La precipitación pluviométrica alcanza hasta 4.000 mm. anuales. En las vertientes de las cordilleras se nota gran cantidad de lluvias debido a efectos orográficos. (Espinel y Montenegro, 1963).

2.3.3. *Zona III:*

Comprende las regiones selváticas de la Costa del Pacífico. su extensión es de 6'531.400 hectáreas, de las cuales sólo hay en pastos 68.000 con una población ganadera de sólo el 2% del total ganadero del país.

La temperatura promedio es superior a 24°C y está entre 0 y 1.000 metros sobre el nivel del mar, con la mayor parte de su territorio cubierto de bosques y una precipitación pluviométrica promedio anual superior a los 8.000 mm. al año. Esta alta pluvic-

sidad es debida a las masas de aire muy húmedo provenientes del Pacifico, las cuales son detenidas en su marcha por la cordillera occidental.

2.3.4. Zona IV:

Comprende los Llanos Orientales del país, con una extensión de 25'240.000 hectáreas de las que hay en pastos 16'500.000 y una población ganadera que representa aproximadamente el 10% de los bovinos totales. La temperatura promedio es de 24°C y la altura sobre el nivel del mar oscila entre 50 y 1.000 metros. Tiene un régimen de lluvias similar al descrito para la zona I.

2.3.5. Zona V:

Comprende parte de la Orinoquia y toda la Amazonia con una extensión de 40'569.000 hectáreas de las que sólo tienen pastos aprovechables 5'700.000 hectáreas. Su precipitación pluviométrica alcanza hasta 8.000 mm. al año.

De acuerdo con la Asociación Colombiana de Criadores de Gando cebú, fundada en 1946, y con Cárdenas Quijano (1971), el primer toro cebú llegó a Colombia, hacia el año de 1913, procedente de la India. En 1915 se empezaron a diseminar animales media sangre, hijos de este toro y otros importados por la misma época desde Jamaica y que eran del tipo Nellore. El hecho es que para 1927 se producían en Colombia ejemplares de 7/8 de sangre cebú (87.5%) y en ese mismo año se hizo la última importación de que se tenga noticia de este primer ciclo, que incluyó cuatro vacas y un toro procedentes del Brasil. En 1930 el gobierno nacional cerró dicho primer ciclo de importaciones (Cárdenas, Q., 1971), mediante una resolución en que alegaba que la raza "no era propia para nuestro medio". Esta medida fue mantenida hasta su revocatoria en el año de 1939 en que de nuevo se inició el segundo ciclo de importaciones sin interrupción ninguna hasta el momento, siendo las fuentes de procedencia, el sur de los Estados Unidos, y en menor escala, Venezuela y Brasil, lo que ha favorecido el aumento en número del tipo Cebú estadounidense y en menor proporción del Gyr, el Nellore, el Guzerat y el Indú-Brasil.

La difusión hoy en día abarca casi todo el territorio nacional, en especial la zona I, la zona II a lo largo de los grandes ríos y la parte más occidental de la zona IV, tal como se indica en el mapa. Estas regiones corresponden precisamente a localizaciones con altitudes no mayores de 1.000 metros sobre el nivel del mar que presentan dos períodos estacionales muy marcados; una época de sequía desde mitad de diciembre hasta fines de abril o principios de mayo, cuando empieza la estación lluviosa que se extiende hasta mitad de diciembre. En este orden de ideas se aprecia fácilmente que las zonas cebuínas de Colombia no son regiones de pastoreo permanente, aunque en los sistemas de explotación corrientes así se practica.

Existe gran similitud entre estas condiciones, las que Santiago (1967) indica para el Brasil, las descritas por Kelley (1959) para algunas regiones del Africa y Australia y para la India por Whyte (1957), áreas en donde predomina el ganado cebú. Así Whyte (1957) señala que la India no es un país apto para pastoreo durante todo el año, aunque esta resulta ser la práctica corriente; en la mayoría de las regiones de la India la estación efectiva para pastoreo no se extiende por más de cuatro o cinco meses, agregando que el valor nutritivo de los pastos en su mejor época es tal que no puede siempre proveer una ración adecuada de mantenimiento y producción para explotaciones ganaderas de alta calidad.

3. CAPITULO II:

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DEL CEBU

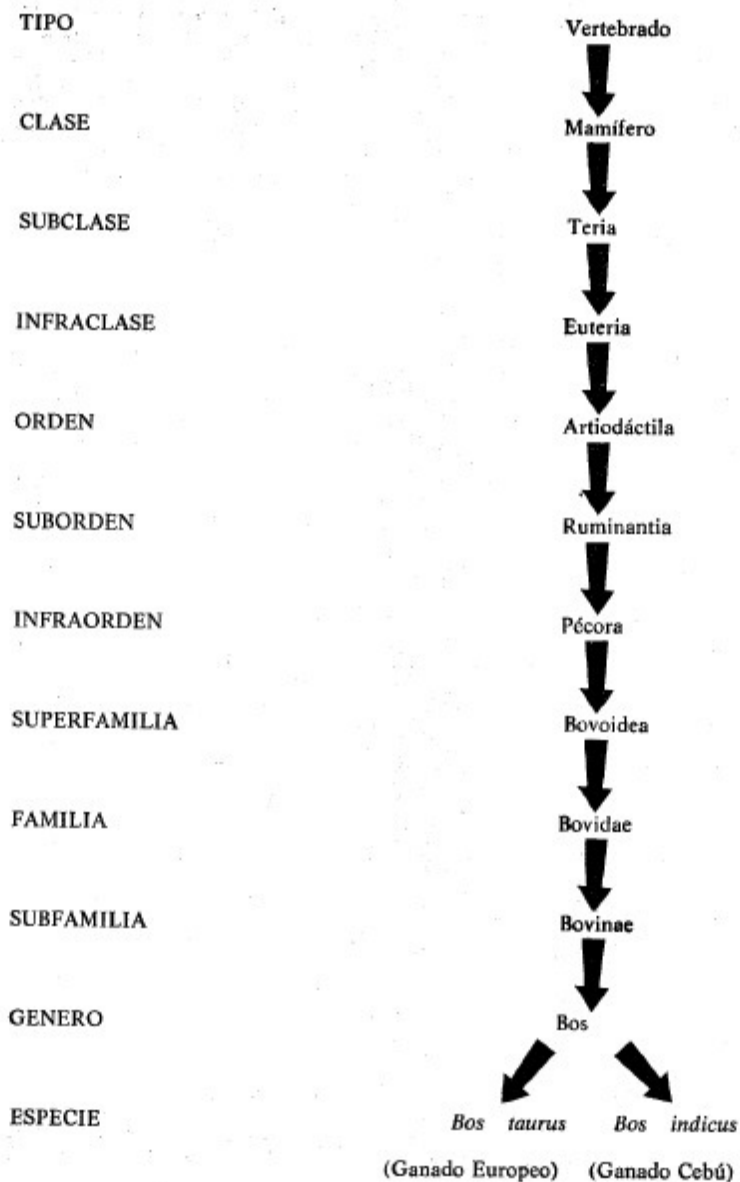
3.1. *Clasificación zoológica:*

Los cebuinos son mamíferos pertenecientes a la familia bovidae, que a su vez se divide en varios géneros, algunos de ellos de gran importancia económica. Siguiendo las definiciones de Emerson (1938) y Dobzhansky (1955) la clasificación de Linneo (1758) sigue siendo válida; sin embargo algunos taxonomistas posteriores a éste han reclasificado al cebú como una variedad de la especie *Bos taurus*, así: *Bos tauros* Var. *taurus* (ganado europeo) y *Bos taurus* Var. *indicus* (cebú), según lo recoge Santiago (1967).

El *Bos taurus* y el *Bos indicus* son animales que producen crías fértiles cuando se cruzan entre sí, pero muestran diferencias genéticas muy amplias, lo que les da un gran valor para prácticas de cruzamiento.

Las mayores diferencias son:

- 3.1.1. *Giba:* Es seguramente ésta la característica más destacada, aunque en Africa es posible ver algunos tipos clasificados como cebuinos con gibas muy rudimentarias o prácticamente inexistentes. Este fenómeno ha sido explicado por Mason y Maulle (1960) citando a Slijper, quien encontró que cuando se cruza un cebú con un animal sin giba, ésta se modifica avanzando su posición hacia adelante y reduciendo su tamaño, en ocasiones, en forma considerable; en consecuencia es posible que los cebuinos africanos de giba pequeña o sin ella, sean derivados de cruces de cebú con ganado europeo. En efecto Kelley (1959) explica cómo la expansión Islámica (principios del siglo VII D. C.) estuvo acompañada de invasiones desde Europa por ejércitos evangelizadores que iban acompañados con sus ganados. Esto dió oportunidad para que este ganado europeo se mezclara con el cebú nativo del norte de Africa y diera origen al grupo africano de cebú con giba pequeña o sin ella. Boston (1954), citado por Bangham, 1957, también habla en favor de la posible mezcla del ganado europeo con cebú africano, cuando especula sobre la genealogía de las



razas Jersey, Guernsey y Devon del Sur, y traza una posible línea genealógica desde el Indus Valley, a través de Mesopotamia, Egipto y Africa del Norte hasta llegar al sur de España y de allí a sus zonas de formación como razas modernas. Con base en este estudio de Boston, Bangham (1957; 1958) hizo un análisis de la distribución por razas de las hemoglobinas electroforéticamente diferentes, A, B, AB* en las razas británicas, encontrando que entre éstas, sólo en Jersey, Guernsey y Devon existe la hemoglobina B cuya frecuencia es alta sólo en cebúños. En consecuencia, Bangham (1958) atribuye esta incidencia de hemoglobina B en dichas razas británicas a la influencia del ganado cebú, cuando aquellas en su proceso de formación cruzaron por el norte de Africa.

La giba en ganado de origen indú, es musculosa, marmoreada, de localización torácica, y de mayor desarrollo en machos que en hembras. En el cebú africano la giba varía en localización, desde torácica hasta cervico-torácica y en tamaño, desde grande como es el caso del cebú en Madagascar, hasta casi inexistente como en algunos animales del grupo Sanga.

- 3.1.2. *Vértabras:* Respecto al número de vértebras, Johnson. (1952) presenta la siguiente tabla que da una idea clara de tales diferencias:

CUADRO N° 1

Número de vértebras en ganado Cebú y Británico o Europeo
(Según Johnson, 1952)

	NUMERO DE VERTEBRAS					
	Cervical	Dorsal	Lumbar	Sacras	Caudales	Total
Cebú (<i>Bos indicus</i>)	7	13	6	4	18	48
Británico o Europeo (<i>Bos taurus</i>)	7	13	6	5	21	52

Epstein (1955 b) indica que la mayoría de los cebúños examinados, con pocas excepciones del grupo Sanga, muestran, a diferencia del *Bos taurus*, espina bifida. Se podría especular que las pocas excepciones reportadas en las cuales no se en-

* En ganado bovino existen dos tipos de hemoglobina A y B, distinguibles en la sangre por medios electroforéticos. La presencia o ausencia de estas hemoglobinas es determinada por dos genes alélicos autosómicos y se expresa completamente en heterocigotos dando origen a tres genotipos: A, B y AB.

cuentra esta particularidad, confirma la tesis de la diferencia en esta característica entre el *Bos tauros* y *Bos indicus*, si se acepta que precisamente aquellos animales africanos del grupo Sanga son los que están genealógicamente más cerca al ganado europeo.

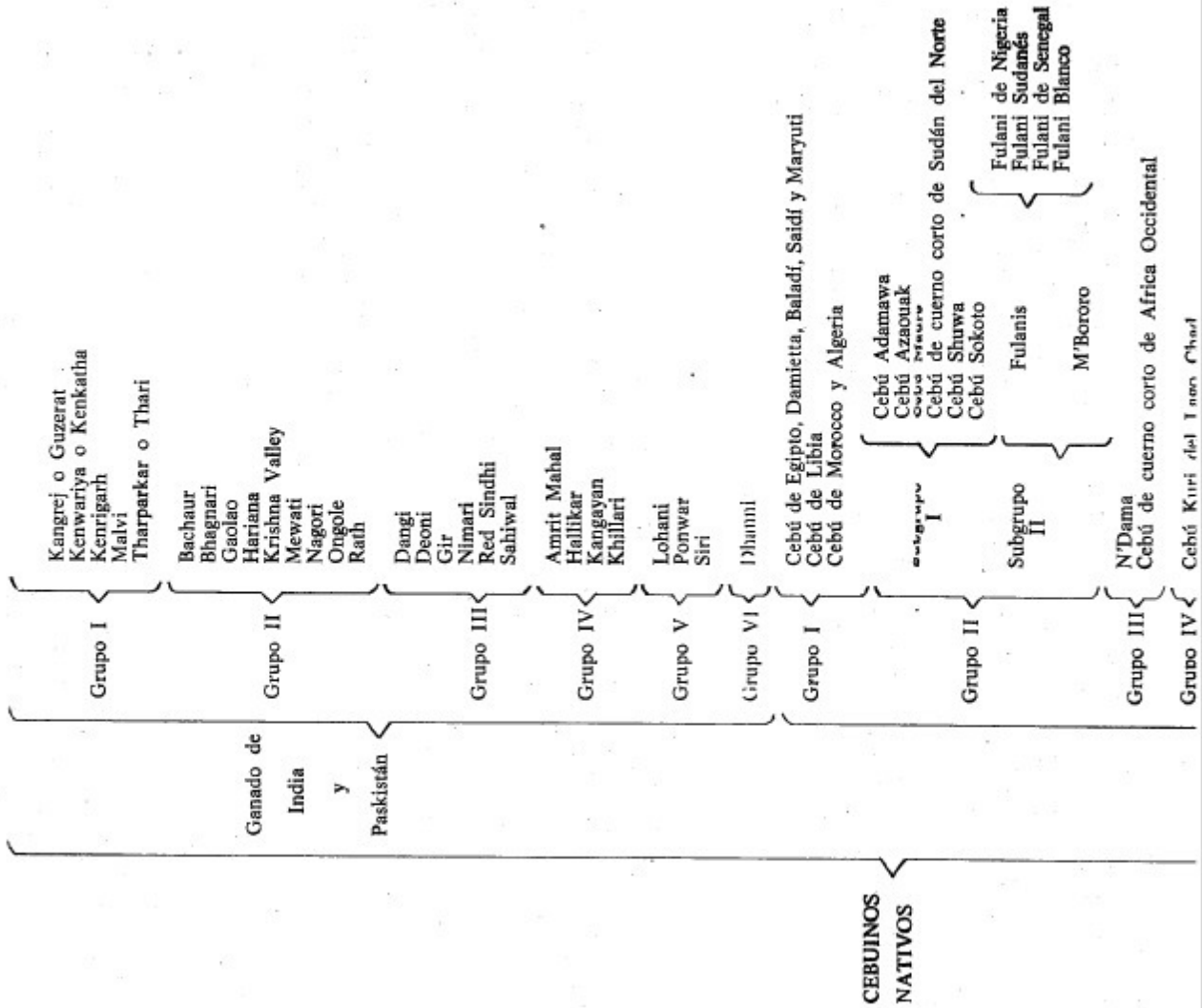
- 3.1.3. *Piel y extremidades*: En general la piel de los cebuínos es más suelta y con mayor superficie de exposición, sus remos más largos aunque el proceso de selección hecho por el hombre ha acortado las extremidades.
- 3.1.4. *Glándulas sudoríparas*: Son morfológicamente diferentes y presentan en los cebuínos una densidad de población mucho mayor que en ganado europeo (Brody, S., 1956; Hayman y Nay, 1958; Nay y Dowling, 1957; Pan, 1963).
- 3.1.5. *Sistema digestivo*: Quarterman, Phillips y Lampkin (1957) han reportado diferencias en el punto de congelación, materia seca y presión osmótica del contenido del intestino grueso del cebú y ganado cruzado con europeo. Los mismos autores agregan que el mayor contenido de materia seca puede estar relacionado con la economía de agua del cebú que lo habilita para altas temperaturas y medios secos.

Otras diferencias muy importantes hacen relación a las características reproductivas y a medios de defensa contra el ambiente, capacidad de supervivencia y adaptación y serán tratados en detalle en capítulos posteriores.

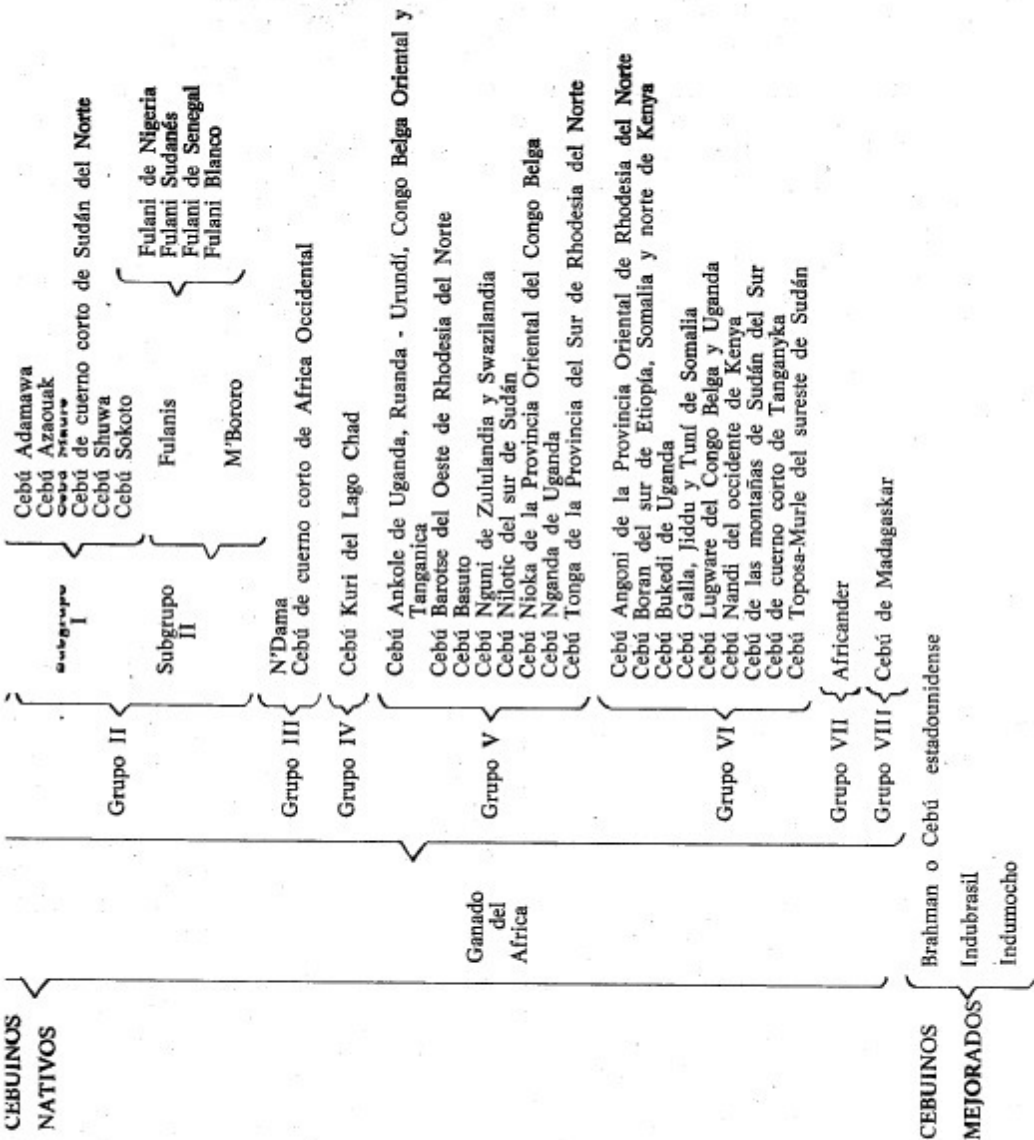
- 3.2. *Clasificación general del Cebú*:
Varias son las clasificaciones generales que se han intentado, pero ellas han sido hechas para cada región por separado, esto es, para India y Pakistán y para Africa.

Así, Olver (1938) presentó una clasificación de cebuínos de la India basado en características generales comunes a algunas variedades; posteriormente, Joshi y Phillips (1953), lograron una reclasificación, que es la que realmente ha venido a ser reconocida entre los estudiosos del cebú; estos mismos autores (1957) presentaron una clasificación para los tipos y razas de los cebuínos africanos. Mason y Maule (1960) presentaron una descripción y clasificación de los tipos de ganado del oriente y sur de Africa, clasificación ésta, diferente de aquellas presentadas anteriormente por Curson y Thornton (1936) y por Faulkner y Epstein (1957).

En el presente trabajo se tratará de hacer una clasificación general con base en las ya presentadas separadamente para el subcontinente Indostano y para Africa, adicionando los nuevos tipos que han surgido en el proceso de selección en América.



**CEBUINOS
NATIVOS**



Las características de cada grupo tal como las describe Joshi y Phillips (1953; 1957) para los cebuinos nativos son como siguen:

3.2.1. *Ganado de la India y Pakistán*
Grupo I:

Este grupo incluye ganado gris de cuerno en forma de lira, frente amplia, arcos orbitales prominentes y cara delgada, siendo de perfil recto y cóncavo. El Kangrej y el Malvi son las razas más importantes de este grupo.

3.2.1.1. *Grupo II:*

A este grupo pertenecen animales gris claro y blanco, de cuerno corto y con cabeza en forma de ataúd alargado, arcos orbitales no prominentes y con perfil ligeramente convexo. El Bhagnari, Hariana y Ongole parecen ser los más importantes tipos de este grupo.

3.2.1.2. *Grupo III:*

El ganado de este grupo muestra una conformación más fuerte y presenta gola y prepucio pendulosos, frente prominente y cuernos que se dirigen lateralmente y a menudo se retuercen sobre sí mismos. Son animales generalmente manchados ya sea de rojo o blanco, o con varias sombras de rojo y blanco o rojo, castaño oscuro o castaño claro uniforme.

El Gir es la más importante raza de esta división y parece haber influido en la mayoría de los restantes del grupo.

3.2.1.3. *Grupo IV:*

Este ganado es de tamaño medio, compacto, con cuartos fuertes y un prepucio grueso. La característica más sobresaliente es la conformación de la cabeza y los cuernos. La frente es prominente y los cuernos emergen de lo alto del testuz, con origen muy próximo el uno del otro, dirigiéndose hacia arriba y hacia atrás y terminando en agudas puntas. El color de estos animales varía generalmente desde casi blanco, a casi gris acerado o negro, presentando algunas sombras grises. Se conoce a veces como "ganado de tipo Mysore".

3.2.1.4. *Grupo V:*

Incluye una mezcla heterogénea de distintas líneas. Son pequeños, de color negro, rojo o castaño, menudo con grandes manchas blancas. El testuz y la giba pueden estar cubiertos de pelo erizado. Son animales activos y de prepucio pequeño, presentando cuernos cortos o en forma de lira. En casi todas las razas de este grupo la posición de la giba puede describirse como cérvico-torácica, anotando que en el Siri la posición es torácica asemejándose a algunos cebúes africanos.

3.2.1.5. *Grupo VI:*

La raza Dhanni del norte de Punjab en Pakistán es la única raza difícil de clasificar dentro de alguno de los grupos anteriores, lo que requiere entonces, clasificarla separadamente. Estos animales son de tamaño medio, compactos y activos y presentan gola y prepucio gruesos. La capa de pelo es generalmente blanca con manchas negras o rojas variando desde casi blancos con escasas manchas negras hasta animales predominantemente negros o colorados con manchas típicas visibles sólo en ciertas partes.

3.2.2. *Ganado africano*

Grupo I:

Son animales sin giba o con giba apenas vestigial, que se encuentran en el bajo Nilo y Africa Mediterránea.

3.2.2.1. *Grupo II:*

Comprende animales de la zona del Subsahara. Este ganado presenta similitudes en varios aspectos con los cebúfnos Indo-Pakistanos. Este grupo puede dividirse en dos subgrupos:

- 1) Cebúfnos de cuerno corto o medio en tamaño, y
- 2) Cebúfnos de cuerno largo y en forma de lira.

3.2.2.2. *Grupo III:*

Comprende animales sin giba y dorso recto que se encuentran en Africa Occidental.

3.2.2.3. *Grupo IV:*

Son animales sin giba y con cuernos en forma de bulbo.

3.2.2.4. *Grupo V:*

A este grupo pertenecen animales de Africa Central y del Sur desde las planicies del Nilo en Sudán, pasando por el suroeste de Uganda y Ruanda-Urundi, hasta las Rhodesias, Bechuana-landia, Zwazilandia y Basutolandia. Estos animales están caracterizados por poseer cuernos grandes o de tamaño medio en forma de lira, giba pequeña o vestigial y anca ligeramente caída.

3.2.2.5. *Grupos VI:*

Se reúnen en él animales de Africa Oriental, que parecen formar una gran población más bien heterogénea y compuesta de grupos no muy bien definidos que podrían incluirse en uno u otro de los anteriores y que en algunos casos inclusive, ya han sido señalados en el grupo V, pero que parecen ser derivados predominantemente de rebaños de cebú de la península Indostánica.

3.2.2.6. *Grupo VII:*

El bien definido ganado Africander ha sido asignado al grupo VII, ya que constituye un núcleo homogéneo del sur de Africa.

3.2.2.7. *Grupo VIII:*

Debido al aislamiento geográfico, los cebuinos de Madagascar forman un grupo especial con características muy definidas. Es conveniente mencionar en este momento la clasificación de cebuinos hecha por Mason y Maule (1960) en su obra sobre ganadería nativa de Africa Oriental y del Sur. Si bien se agrupan solo los cebuinos de tales regiones del Africa, es una clasificación hecha en forma tal que obedece más a características fenotípicas claramente distinguibles que a agrupaciones geográficas definidas. Dichos autores utilizan en su estudio la giba, por tamaño y posición y los cuernos de acuerdo con su tamaño.

Ganado Nativo de Africa Oriental y del Sur	Grupo I <i>Sanga</i>	}	1. Nilotic
			2. Danakil
			3. Ankole
			4. Barotse
			5. Tonga
			6. Mashona
			7. Matabele
			8. Tswana
			9. Tuli
			10. Ovambo
			11. Angolan
			12. Nguni
			13. Basuto
			14. Africander
Ganado Nativo de Africa Oriental y del Sur	Grupo II <i>Cebú</i>	}	1. Cebú del Sudán del Norte
			2. Cebú de las montañas de Nubia
			3. Cebú de Abisinia
			4. Pequeño Cebú de Somalia
			5. Borán
			6. Grupo Karamajong
			7. Pequeño Cebú de Africa Oriental
			8. Angoní
			9. Cebú de Madagascar
Ganado Nativo de Africa Oriental y del Sur	Grupo III <i>Intermedio</i>	}	1. Aradó
			2. Tuní o Jiddu
			3. Grupo Nganda
			4. Alur
			5. Sukuma

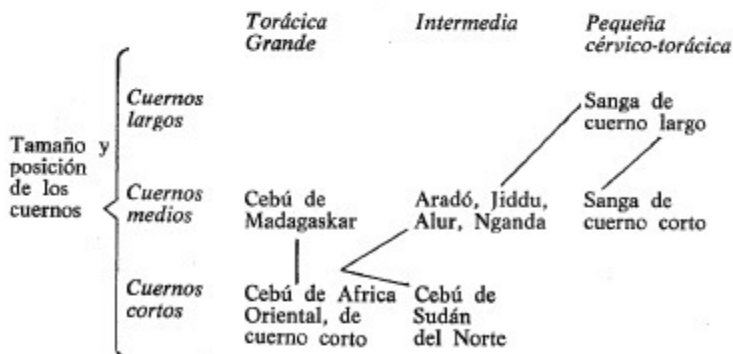
La anterior clasificación la explican los autores así:

El grupo I o Sanga está constituido por animales con giba de tamaño medio de localización cervice-torácica; el Grupo II o verdadero Cebú lo forman animales con giba de buen desarrollo y de localización torácica; mientras al grupo III pertenecen animales que presentan características intermedias con respecto a los dos anteriores. Si bien la distinción entre Cebú y Sanga está basada primariamente en el tamaño y localización de la giba, hay indudablemente otras diferencias morfológicas; así, la giba del Cebú de Africa Oriental o del Cebú Indú es de naturaleza músculo-grasosa (marmoreada), mientras que el Sanga presenta siempre una giba con estructura definitivamente muscular, esto es, con muy poca acumulación de grasa. Curson y Bisschop (1935) demostraron la característica muscular en las gibas de las razas Ovambo y Africander; Milne (1955) llegó a la misma conclusión en ganado Ankole y Bettini (1940) lo demostró en ganado Jiddu.

Milne (1955), Epstein (1955) y Bettini (1940), demostraron la condición músculo-grasosa de la giba de varias razas del grupo II (verdadero Cebú.)

Tomando en consideración el tamaño y posición de la giba y el tamaño de los cuernos Mason y Maule (1960) ofrecen una reagrupación del Cebú nativo de Africa Oriental y del Sur como sigue:

TAMAÑO Y POSICION DE LA GIBA



3.2.5. *Cebuños mejorados* *Brahman:*

El nombre de Brahman es la denominación que los estadounidenses han dado al ganado que posee las características del *Bos indicus*. Este nombre aparentemente se originó en Texas y posteriormente fue adoptado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.), pasando así como denominación oficial para efectos de registro en la Asociación estadounidense de criadores de Brahman, (American Brahman Breeders Association) fundada en 1924, 70 años después de la llegada a ese país de los primeros ejemplares *Bos indicus* *

Los dos primeros ejemplares llegados fueron un obsequio de la Corona Británica al señor Richard Barrow de Luisiana pertenecientes a la raza Nellore, y fueron apareados con novillas de razas europeas. En 1885 viendo las crías de estos cruces los señores J. M. Frost y Albert Montgomery, trajeron de Calcuta para sus explotaciones en Texas dos toros, uno Guzerat (Khedive) y otro Nellore (Richard III). En 1904, Al McFaddin compró en una exposición ganadera en San Luis un toro rojo claro, probablemente Red Sindhi y con él obtuvo descendencia de color rojo, que en posteriores cruces con Gir, se cree dió origen al llamado Brahman Rojo.

La primera de las grandes importaciones fue hecha en 1906 por A.P. Borden en representación de A. H. Pierce-Estate y T. M. O'Connor de Texas, quien trajo directamente de la India alrededor de 60 cabezas, de las cuales sólo 36 sobrevivieron a diversos problemas. Estos animales pertenecían a varias razas sin que se sepa exactamente cuáles; Santiago Valley (1967) indica como probables, Guzerat, Nellore, Gir, Khrisma Valley y Red Sindhi. Si bien se conservaron algunas líneas de cebú puras, muchas de las vacas utilizadas eran de razas europeas, principalmente Hereford (Kelley, 1959), hasta que en 1924 se creó la Asociación Estadounidense de Criadores de Ganado Brahman y se inició el registro de ganado puro. En 1924, hubo otra importación hecha por F. Reffier y J. T. Martin, consistente en cerca de 90 toros de las razas Guzerat, Gir y Nellore. Un año más tarde, 1925, J. Morias importó del Brasil, vía Méjico, 120 toros y 18 novillas de las razas Guzerat principalmente y Nellore en menor cantidad. La última gran importación fue hecha también del Brasil en 1946 y consistió en 18 toros del tipo Indú-Brasil en su gran mayoría, con algunos ejemplares de las razas Nellore, Guzerat y Gir. Sea el momento de anotar que la raza Indú-Brasil para ese tiempo era de muy reciente formación como producto de

* Kelley, R. B. (1959) indica que los primeros cebúes llegaron a Carolina del Sur en 1849, mientras que Whitcomb, G. (1952) indica el año de 1854 como la fecha en que entraron los primeros ejemplares a Estados Unidos. Esta aparente contradicción se explica si se tiene en cuenta que los primeros animales (1849) se extinguieron sin dejar huella durante la guerra de secesión.

cruzamiento principalmente de las razas Gir y Guzerat pero con influencia también de Ongole, Mysore, Hissar, Mehwati, Sindhi y otras.

Aparte de estas importaciones sólo cabe mencionar a manera informativa 2 toros y 2 novillas Red Sindhi importadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en 1945 con el objeto de iniciar un programa de cruzamiento con miras a producción de ganado de leche para la región de la Costa del Golfo de México (Whitcomb, 1952).

Un análisis del bosquejo histórico anterior, revela claramente el origen del Brahman o cebú estadounidense como una mezcla de varias razas indúes entre las que cabe señalar: Nellore, Guzerat, Gir, Ongole, Red Sindhi, Krishma Valley e Indubrasil en cruce probablemente con razas europeas, en especial la Hereford.

De esta mezcla de razas indúes que llegaron a los Estados Unidos en la forma nativa en que aún existen en India y Pakistán surgió un ejemplar con características diferentes en parte, a las de sus ancestros.

3.2.3.1. *Indubrasil:*

"La indubrasil, es la raza cebuina formada por los criadores del Triángulo Minero, razón por la cual fue, durante mucho tiempo, denominada Induberada. Ella no resulta solamente del cruzamiento entre las razas Gir y Guzerat, como puede aparecer a simple examen superficial, sino que está constituida por la fusión de los patrimonios hereditarios de las numerosas razas importadas, entre ellas la Ongole, Mysore, Hissar, Mehwati, Sindhi y otras. De ese mestizaje nació un nuevo tipo, de pelaje generalmente blanco o cenizo, perfil moderadamente convexo, orejas grandes, giba y barbada bastante desarrolladas y notablemente precoces".

Esta descripción de la raza Indubrasil es presentada por Santiago (1967) en su libro "El Cebú". Como se ve claramente, es una mezcla de varios tipos cebuinos procedentes de la India, que fue desarrollada buscando aquellas características fenotípicas que hacen del cebú una raza "llamativa", sin dar importancia especial a los aspectos de producción; para principios del siglo y aún hoy en día, algunos ganaderos consideran que la pureza de un cebú y consiguientemente su valor comercial está dado por el tamaño de la oreja, la giba, la gola y el prepucio, y fueron éstas, precisamente, las características que buscaron quienes iniciaron la formación del Indubrasil. Sólo recientemente, con el avance del mejoramiento animal y la presión del mercado, se ha despertado el interés por pensar en términos de producción más que de oreja u ombligo y la raza Indubrasil no ha sido ajena a esta nueva orientación (Santiago, 1967). Es esta la razón para clasificarla dentro de lo que el autor ha llamado cebuinos mejorados.

3.2.3.2. *Indumocho*:

La presencia de cuernos en las razas bovinas ha venido a perder importancia en los últimos tiempos, ya que desde el punto de vista manejo y transporte, son apéndices que ofrecen algunas desventajas. En las razas lecheras que los tienen, se ha difundido la práctica del descorne; en las razas británicas de carne, Hereford y Shorthorn, se han aprovechado procesos de mutación para fijar la característica de Topo.

En una revisión de los mecanismos de la herencia del carácter cuernos, Lasley (1972) indica cómo el mecanismo de transmisión de este carácter es más complejo que lo que tradicionalmente se había considerado y en lugar de un par de genes parece haber tres, por lo menos para algunas razas como la Charolais. Lasley indica que para las razas británicas existen dos pares de genes así:

- P. Para Topo
- p. para cuernos
- Sc. para topones (scurs.)
- Sn. para no topones

La transmisión del primer par de genes es del tipo simple dominante dando entonces tres genotipos y dos fenotipos así:

CUADRO N° 2

Genotipos y fenotipos en relación con el carácter cuernos.

GENOTIPOS	FENOTIPOS
PP —	Topo puro
Pp —	Topo heterocigótico
pp —	con cuernos

Así que el gene P (Topo) es dominante sobre el gene p (cuernos).

El segundo par de genes Sc y Sn, responsable de la aparición o no del carácter topones, fue descrito inicialmente por Williams y Williams (1952) en Hereford topo y posteriormente, Blackwell y Knox (1958), en ganado Angus, como sigue: el

gene para topones (Sc) es dominante sobre el gene para no topones (Sn) en el macho, pero es recesivo en la hembra. Sin embargo, algunas variaciones de este tipo de herencia fueron observadas en un hato Brangus en Arizona, variaciones éstas que parece que ocurren también en Charolais estadounidense. Así el modo de herencia propuesto para las razas británicas del carácter topones sería: topones aparece solamente en individuos topos, pero los individuos con cuernos pueden ser portadores. El carácter de topones debe aparecer más frecuentemente en machos que en hembras de las razas británicas ya que solamente se requiere un gene Sc (topones) para hacer aparecer el carácter en toros, siendo necesaria la presencia de los dos genes (Sc, Sc) para que la hembra exprese dicha condición.

CUADRO N° 3

Genotipos y Fenotipos respecto al carácter cuernos

Genotipo	Fenotipo	
	Macho	hembra
P— Sc Sc	Topones presentes	Topones presentes
P— Sc Sn	Topones presentes	Ausencia de topón
P— Sn Sn	Ausencia de topón	Ausencia de topón

Sin embargo, en los cebuinos parece existir un tipo distinto de herencia del carácter cuernos y sus características, tal como había sido sugerido por White e Ibsen (1936). Ellos planteaban la posibilidad de un par diferente de genes no encontrado con frecuencia muy alta en ganado británico, pero de común ocurrencia en el cebú, genes éstos que también afectan la presencia o ausencia de cuernos. Dichos autores denominaron a este carácter "Cuerno africano" y lo expresaron con las letras Ha. Los cuernos africanos se desarrollan de una manera característica así: del lugar de origen se desprenden hacia atrás y luego hacia arriba, retorciéndose en ocasiones sobre sí mismos y terminando en punta no muy larga ni muy aguda. Su modo de herencia sería como sigue: en el macho se requiere solamente la presencia de un gene para que se manifieste el carácter, mientras que en la hembra se requieren ambos. Además el gene P (topo) cubre la expresión del gene p (cuernos) como ya se había indicado, pero a su turno, aquel gene P (topo) es cubierto en su expresión por un gene Ha (cuerno africano) en el macho y por dos Ha, Ha en la hembra, esto es:

CUADRO N° 4

Genotipos y Fenotipos con respecto a los caracteres cuerno africano y cuerno simple

Genotipo	Fenotipo	
	Macho	Hembra
P— Ha Ha	Cuerno africano pres.	Cuerno africano pres.
P— Ha Hn	Cuerno africano pres.	Topo
P— Hn Hn	Topo	Topo

Como puede apreciarse, el carácter topo vs. cuernos, es en realidad complejo, desde el punto de vista de su modo de herencia, y se explica así claramente lo sorprendente de la aparición de un animal topo en el ganado cebuino, donde tradicionalmente no se han conocido animales topos. Fue ésta, la razón que hizo al criador Julio del Valle (según Santiago, 1967), interesarse en propagar la descendencia de un reproductor Nellore que dió un hijo topo (mocho) que no fué admitido para inscripción en el registro genealógico de las razas indostanas, por la ausencia de cuernos. Con base en este animal se creó un rebaño de cebú que expresaba el carácter topo (mocho) hasta formar la que hoy se llama en el Brasil, la raza Indumochó de Tabapuan o Cebú Mocho Brasileño.

4. CAPITULO III:

MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCION

4.1. *Genética y medio ambiente:*

Se puede decir que el animal es el producto de la interacción, medio ambiente y herencia, Lush (1943) decía: "En el estricto sentido de la palabra, la pregunta de si una característica es hereditaria o ambiental no tiene sentido. Cada característica es a la vez hereditaria y ambiental, ya que es el resultado final de una larga cadena de interacciones de los genes entre sí, con el ambiente y con los productos intermedios en cada estado del desarrollo".

De ahí que las características de un animal expresadas en un medio ambiente dado, dependen de la interacción medio ambiente-herencia y en consecuencia un animal con un equipo genético dado, se comporta distinto si se le cambia el medio ambiente. Kelley (1959), desde el punto de vista de herencia y medio ambiente, clasifica los genes en tres clases, así: La primera clase corresponde a los genes determinantes de las características propias de la especie, esto es, aquellos

que hacen que una vaca o un toro sean ellos mismos y no una oveja, un caballo o cualquier otra especie. Esta condición hace que una especie no se pueda cruzar con otra, y aún, si ellas están muy cerca en la escala biológica, den descendencia infértil.

La segunda clase de genes interaccionan de tal manera que un solo par en combinaciones relativamente simples, determina la aparición o no de un carácter cualquiera que él sea. Genéticamente, ellos encajan en lo que constituye la base de la llamada herencia cualitativa; esto es: un animal es topo o no; blanco o negro, etc., en forma tal que las gradaciones son discontinuas.

La tercera clase de genes no tiene una acción tan determinante en sí misma, pero tiene la característica de modificar la manifestación de un carácter más complejo como sería, peso a los 18 meses, o altura de un animal, o producción de leche. Es decir, la variación es continua.

La tercera clase es responsable de la mayoría de los caracteres de importancia económica y probablemente de la mayoría de aquellos que tienen que ver con los mecanismos de adaptación a las condiciones ambientales. Conviene agregar que estas características de adaptación son el resultado de la conformación tanto anatómica como fisiológica y corresponden generalmente a funciones fisiológicas que exigen una integración neuro-hormonal realmente compleja. Si se analiza con cuidado este aspecto de la herencia y el medio ambiente, fácilmente se llega a la conclusión de que la adaptación de un animal a un medio dado, depende en buena parte de su equipo genético y no es solo cuestión de tiempo o manejo.

En general se puede afirmar que no hay sino dos posibilidades de explotar ganadería bajo condiciones tropicales: la primera es mediante la alteración del ambiente en forma tal que el animal puede manifestar su capacidad de producción sin distracción de fuerzas en lucha contra el medio; y la segunda es mediante el desarrollo de tipos o razas de ganado, equipados con mecanismos de adaptación al medio tropical, de tal condición que permitan una producción económica. Esta última posibilidad implica que se llenen requisitos mínimos que permitan al animal manifestar su capacidad genética de producción, tales como alimentación y sanidad adecuadas.

En los países tropicales el ganado cebú ha demostrado buena adaptación, capacidad de supervivencia y producción económica, bajo las condiciones ambientales, prevalecientes probablemente porque el *Bos indicus* se originó en países como India y Pakistán.

La amplia difusión de los cebuínos en el medio tropical vino como consecuencia de la inaptitud de las razas europeas

mejoradas para producir económicamente bajo dichas condiciones. Así que frente a la necesidad de producir en medios adversos solo quedaba la posibilidad de buscar la manera de mejorar, mediante selección adecuada, animales ya adaptados a tales condiciones, no sin mejorar, paralelamente, el medio dentro de límites compatibles con una producción económica. Es así como las razas tropicales mejoradas dan un claro ejemplo de la interacción herencia y medio ambiente.

4.2.

Características del ganado para ambiente tropical:

Las razas europeas de ganado bovino se caracterizan por su alta producción cuando se explotan en condiciones adecuadas, merced al proceso de selección a que han sido sometidas por el hombre desde finales del siglo XVIII, proceso éste, que es relativamente reciente en los cebuinos. Algunos ganaderos de las zonas bajas del trópico han introducido ganado europeo, altamente especializado, tanto para producción de leche como de carne, obteniendo resultados insatisfactorios por el bajo rendimiento económico, lo que ha venido a demostrar la importancia de buscar ganado adaptado a las condiciones tropicales de altas temperaturas, alta precipitación, pastos toscos y de bajo valor nutricional, suplementación limitada o inexistente y condiciones favorables para la infestación parasitaria. Naturalmente, es necesario mejorar el medio ambiente para cualquier tipo de explotación de ganado, pero el productor tiene que moverse dentro de límites económicos. Bonsma (1952) cita un ejemplo de una ganadería en Sudáfrica que ilustra perfectamente el problema. En un período de 22 años fueron compradas 404 cabezas de ganado puro de razas europeas, pero 279 o 69,1% murieron antes de cumplir un año en la ganadería. Durante todo el período de explotación el porcentaje de natalidad fue de 39% y la rata de mortalidad en terneros ascendió a 18%.

Si bien estas cifras no son distintas de las obtenidas aún con ganados cebuinos, en algunas regiones tropicales, seguramente el factor principal en el caso citado por Bonsma es la falta de adaptación de los animales al ambiente en que fueron explotados.

Al hablar en forma específica de las características de los cebuinos que le permiten adaptarse a las condiciones tropicales, conviene hacer una descripción de los factores que afectan la adaptabilidad del ganado a dichas condiciones, así como de los mecanismos generales de defensa utilizados por los animales para sobrevivir en condiciones adversas.

4.2.1.

Factores que afectan la adaptabilidad del ganado a las condiciones tropicales:

4.2.1.1.

Temperatura. En las regiones por debajo de 1.000 metros de altitud la temperatura del aire es con frecuencia superior

a los 25°C, a menudo cercana a la temperatura corporal de los bovinos (38.5°C) y en algunos casos superior a ésta.

- 4.2.1.2. *Radiación.* Ya que las áreas tropicales reciben luz solar directa, un factor que debe considerarse es la radiación, principalmente los rayos infra-rojos y los ultravioleta, con especial atención estos últimos porque son causa importante en la aparición del eritema solar en animales con piel no pigmentada.

La intensidad de la radiación solar depende en gran parte de la claridad del firmamento, y en consecuencia, en los climas cálido-húmedos la radiación es menor que en las zonas cálido-secas, ya que la nubosidad de las zonas húmedas detiene gran parte de la radiación solar.

- 4.2.1.3. *Disponibilidad de agua y alimentos.* Debido a las condiciones climáticas imperantes en la mayoría de las zonas tropicales la disponibilidad de pastos es limitada a la estación lluviosa. En el período de sequía los pastos son generalmente escasos, leñosos y de bajo valor nutritivo. En este período es posible encontrar pasto verde sólo en las orillas de las fuentes de agua. En algunas áreas localizadas en la zona ecológica llamada bosque húmedo tropical, se encuentra pasto verde durante todo el año pero la humedad es excesiva y ésta limita la capacidad de carga de tales pastizales.

En la estación lluviosa el agua es muy abundante, pero la lluvia misma limita la aprovechabilidad de las zonas bajas y las orillas de los grandes ríos, debido a la inundación, mientras que en la estación seca sólo hay agua corriente en los grandes ríos; los demás cauces se secan completamente o pierden mucho de su caudal de agua hacia el final del período. Para defenderse de esta situación el ganado busca pozos donde haya quedado agua estancada, apareciendo el problema del parasitismo.

- 4.2.1.4. *Parasitismo.* Las condiciones climáticas en estas áreas son óptimas para la proliferación de parásitos internos y externos, especialmente en las zonas cálido-húmedas. Este aspecto es de gran importancia cuando se habla de adaptación. La variedad de parásitos es supremamente amplia mereciendo especial atención: *Trichostrongylus*; *Ostertagia*, *Haemonchus*; como parásitos internos e Ixodidae (garrapatas) como parásitos externos.

- 4.2.1.5. *Otros factores.* La precipitación, la duración del día y la noche y los vientos, son factores que afectan al animal de manera indirecta. Así, la precipitación influye en el tipo y cantidad de pasto disponible, la cantidad de agua para beber y los ciclos parasitarios. La relación de duración día-noche afecta ciertos mecanismos hormonales y los vientos tienen influencia en la disipación del calor.

- 4.2.2. *Mecanismos morfológicos, anatómicos, fisiológicos y genéticos de adaptación.*

4.2.2.1. *Mecanismos morfológicos y anatómicos:*

Dentro de los mecanismos de adaptación a condiciones ambientales adversas son importantes ciertas características anatómicas y morfológicas tales como:

Longitud de las extremidades: la cual tiene influencia en la capacidad de pastoreo en pastizales de gran extensión, ya que los remos largos permiten un medio más efectivo de locomoción en busca de agua y alimentos cuando las condiciones climáticas los hacen escasear.

Superficie corporal: El intercambio de calor entre el animal y el medio ambiente depende en gran medida de la superficie corporal; en efecto, existe relación entre superficie corporal de exposición al medio y disipación del calor.

Capa de pelo: Las características de la capa de pelo guardan relación con la capacidad de adaptación del ganado a las condiciones climáticas. Una cubierta de pelo suave es superior comparativamente, a una capa de pelo lanoso en áreas calientes (Bonsma, 1949).

El ganado bovino en las zonas templadas muestra un bien definido cambio estacional de la cobertura de pelo (Bonsma, 1949; Yeates, 1955).

Pigmentación de la piel: Una piel pigmentada (pigmentación oscura) absorbe completamente las ondas ultravioletas, las cuales producen el eritema solar (Yeates, 1965; Bonsma, 1943 y 1949), mientras que una piel no pigmentada es altamente susceptible a irritaciones en áreas tropicales. En climas estacionales la pigmentación de la piel no tiene la importancia que tiene en clima tropical.

Orejas: El tamaño de las orejas (relación área de la superficie a peso) varía en las diferentes razas de ganado y puede permitir una corriente de circulación sanguínea de acuerdo con las condiciones ambientales.

Glándulas sudoríparas: Ha sido ampliamente demostrado que la densidad de población de las glándulas sudoríparas varía con la raza en los bovinos (Brody, 1956; Hayman y Nay, 1958; Nay y Dowling, 1957; Pan, 1965). Este aspecto juega un papel muy importante en la tolerancia al calor, ya que aumenta la capacidad de vaporización.

Conformación: La conformación del cuerpo tiene relación con las condiciones ambientales. El ganado europeo presenta, en general, una conformación más compacta que el *Bos indicus*, siendo a su vez de menor tolerancia al calor. El ganado cebú tiene gola, ombligo, prepucio y orejas de mayor desarrollo que el *Bos taurus*, y este aspecto tiene relación con el sitio de origen y la adaptación al trópico (Johnson, 1952).

4.2.2.2. Mecanismos fisiológicos de adaptación:

Los mecanismos fisiológicos de adaptación pueden dividirse en cuatro categorías:

1. Termorregulación
2. Regulación del fluido corporal
3. Regulación cardiovascular
4. Ritmo biológico

4.2.2.2.1. Termorregulación: Los mamíferos son clasificados como animales homeotermos, lo que significa que la temperatura corporal varía dentro de un rango muy estrecho. Los mecanismos de control de la temperatura corporal dentro de tan estrechos límites revisten especial importancia, si se considera que la producción en los bovinos depende en gran parte de la habilidad del organismo para mantener la temperatura corporal dentro de límites óptimos.

Para todas las especies existe un límite superior e inferior de temperatura ambiental dentro del cual ellas pueden mantener su temperatura corporal normal sin necesidad de alterar de manera apreciable la producción de calor; es la llamada "Zona termoneutral" por Findlay (1961) o "Zona comfortable" por Brody (1956) quien la definió como el "Intervalo de temperatura durante el cual no hay demanda de los mecanismos de regulación de temperatura".

Esta zona descansa entre -2°C y 16°C para *Bos taurus* y entre 10°C y 27°C para *Bos indicus* según Brody, (1956); si bien, Razdan y colaboradores (1968) determinaron como zona termoneutral para el ganado Tarparkar (*Bos indicus*) entre 15 y 38°C ; siendo así, el *Bos indicus* está 12°C o más por encima del *Bos taurus* en términos de zona comfortable. Cuando la temperatura ambiental es diferente a la temperatura corporal normal, el calor tiende a fluir siguiendo las leyes físicas de radiación, conducción y convección; en consecuencia el animal puede ganar o perder calor si la temperatura del aire es mayor o menor que la corporal.

Además de estos mecanismos puramente físicos, el animal puede regular su temperatura corporal a través de la evaporación y el metabolismo. Respecto a los mecanismos de evaporación, existen dos vías utilizables; la piel y el tracto respiratorio. Así, la pérdida de calor, en una atmósfera de 40°C está restringida casi enteramente a la evaporación del agua a través de la piel y de las vías respiratorias (Bianca, 1966). Findlay (1961) dice que la primera reacción del ganado al calor es el aumento de su actividad respiratoria, y agrega: "los animales tolerantes al calor difieren de los intolerantes en que tienen un más alto volumen periódico nominal, una mayor habilidad para reducirlo de manera progresiva y una mejor capacidad para aumentar su frecuencia respiratoria cuando hay aumento del "stress" térmico, pudiendo así mantener su ventilación dentro de límites muy estrechos".

4.2.2.2.2. *Regulación del fluido corporal.* Desde el punto de vista de adaptación a ambientes cálidos resulta importante considerar la influencia de la regulación del fluido corporal principalmente en lo que hace relación a la capacidad para compensar pérdida de fluidos por evaporación. Esta compensación en ambientes cálidos depende de varios mecanismos tales como cantidad y concentración de la orina, alimento ingerido, rata metabólica, heces, ingestión de líquidos, etc.

4.2.2.2.3. *Regulación cardiovascular.* Es importante considerar los mecanismos de regulación sanguínea y linfática periférica. Goodall y Yang citados por Findlay (1961) investigaron la anatomía de las vías de acceso de la sangre a la piel en vacunos y demostraron las características especiales de este dispositivo. Ederstrom (1954), ha demostrado que en perros, el flujo sanguíneo a la lengua aumenta en seis veces con la aparición del jadeo. Findlay (1961) puntualiza la ventaja que para la disipación del calor tiene una gran superficie capilar, que a su turno, está en relación directa con la cantidad de folículos pilosos, en cuanto concierne a bovinos. Esto es: cada folículo piloso está rodeado de círculos de capilares, así que el número de capilares guarda relación directa con el número de folículos pilosos.

4.2.2.2.4. *Ritmo biológico.* Desde hace algún tiempo se ha venido trabajando insistentemente en el efecto que tienen la luz u oscuridad continuas en los ajustes fisiológicos. El resultado de tales investigaciones ha mostrado que en alguna forma este fenómeno, que es común a plantas y a animales, está relacionado con el ciclo de luz y oscuridad. En mamíferos ha recibido especial atención el ritmo reproductivo estacional en ovejas. Yeates (1955 y 1957) estudió la fotoperiodicidad en ganado bovino asociada con los cambios de la capa de pelo del ganado europeo y llegó a la conclusión de que el fotoperiodismo ecuatorial elimina la característica cíclica del cambio de pelo en ganado europeo y crea la tendencia a mantenerlo dentro de un tipo que sea capaz de repeler el calor. Ganado vacuno con la capa suave de pelo del verano muestra una marcada superioridad en tolerancia al calor sobre aquellos con una densa capa de invierno (Yeates, 1955).

4.2.2.3. *Mecanismos genéticos de adaptación:*

Kirmiz (1962) clasificó los mecanismos de adaptación a los ambientes calientes y desérticos como morfológicos, fisiológicos, ecológicos y etológicos y agregó que todos estos tipos de adaptación debían ser genéticos en su naturaleza. En consecuencia, es realmente difícil separar de manera precisa algunos mecanismos de adaptación como estrictamente genéticos.

El criterio genético para medir la adaptabilidad es la capacidad de adaptación o habilidad para producir progenie que

a su vez sobreviva y produzca progenie por sí misma (Hafez, 1968). Este criterio muestra claramente la complejidad del fenómeno biológico en sí mismo.

Lush (1943) indicó que los animales de cría deben mantenerse en un ambiente similar a aquel en el cual se va a reproducir su descendencia. Más aún, si los animales se están criando con el objeto de que desarrollen resistencia a condiciones desfavorables, ellos deben mantenerse bajo dichas condiciones, de tal manera que el criador tenga la oportunidad de aprender cuáles animales tienen el equipo genético más adecuado para sus propósitos.

Sobre esta base se han hecho varias aproximaciones al problema con el objeto de obtener conocimiento en la línea de la influencia genética en algunos aspectos de la tolerancia al calor. Así, Seifert (1971) concluyó que hay una gran diferencia en la capacidad de resistencia a las garrapatas entre cruces de cebú y razas británicas y los estimativos de heredabilidad fueron demostrados por la mayor resistencia en generaciones siguientes a la F_1 en cruces de cebú. Bangham (1958) mostró una alta correlación entre la ausencia de hemoglobina B y la relativamente alta tolerancia a la tripanosomiasis; los cebuínos, que muestran una alta frecuencia de hemoglobina B, son en general de poca resistencia a la tripanosomiasis, en contraste con ganados europeos o africanos no cebuínos con alta frecuencia de hemoglobina A o AB que tienen gran resistencia a este protozooario (Viera de Sá, 1965; Bangham, 1958).

4.3. *Mecanismos de adaptación de los cebuínos a las condiciones tropicales.*

Los cebuínos han desarrollado un considerable número de adaptaciones para sobrevivir bajo las rigurosas condiciones del trópico.

4.3.1. *Superficie corporal.* Folk (1969) indica que "la tolerancia al calor probablemente requiere una tendencia hacia una masa corporal pequeña, extremidades atenuadas, poca grasa y un extenso lecho venoso superficial". Esta afirmación es aparentemente incongruente con la idea popular de que los apéndices grandes o pendulosos del cebú actúan a manera de radiadores. Yeates (1965) había señalado que mirado desde el punto de vista teórico, estos apéndices son desventajosos, ya que favorecen la transferencia de calor del medio ambiente al animal siempre que la temperatura del aire exceda la temperatura corporal, pero sin embargo, "el ganado cebuino debe su superior tolerancia al calor mucho más a la posesión de una piel altamente funcional, que simplemente a una superficie cutánea mayor en proporción a la masa corporal".

McDowell, *et al.* (1953) hicieron un estudio sobre la relación área de superficie a tolerancia al calor en ganado Jer-

sey y cruces Sindhi-Jersey y encontraron, que ni la relación área de superficie a peso corporal, ni la relación área de superficie a peso corporal elevado a $2/3$, mostraron una diferencia significativa entre los dos grupos. Este resultado los llevó a concluir que a pesar de la estrecha similaridad en área de superficie proporcional, la tolerancia al calor fué marcadamente diferente en ambos grupos, lo que indica que la diferencia en tolerancia al calor no es primordialmente debida al área superficial proporcional, aún teniendo en cuenta la presencia de los grandes apéndices cutáneos del grupo de cruces con cebú.

Es así como el punto más importante en cuanto hace relación a la piel, es el de que los cebuínos tienen más alta densidad de población de glándulas sudoríparas comparados con ganado europeo (Nay y Dowling, 1957). Hayman y Nay (1956 y 1958) al hacer un estudio comparativo de la estructura, densidad y profundidad dentro de la piel de las glándulas sudoríparas del *Bos indicus* y del *Bos taurus*, encontraron que los cebuínos tienen glándulas mucho mayores y más numerosas que el ganado europeo, y que, a su vez dichas glándulas están localizadas más cerca a la superficie cutánea y son de mayor longitud. En su estudio agregan que las glándulas sudoríparas del cebú tienen un diámetro mayor y muestran mayor actividad que en *Bos taurus*.

En un análisis de las diferencias cuantitativas y morfológicas de las glándulas sudoríparas, espesor y soltura de la piel en varias áreas de la superficie cutánea de Sahiwal y Jersey, Pan (1963) encontró que los cebúes tienen un mayor espesor cutáneo y a la vez una mayor soltura de la piel en casi todas las regiones cutáneas examinadas, siendo dichas diferencias altamente significativas desde el punto de vista estadístico.

El hecho de que las glándulas sudoríparas del cebú sean más numerosas en la parte media del flanco que en la gola (Nay y Hayman, 1956), contribuye a explicar los resultados obtenidos por McDowell (1958), quien mediante remoción quirúrgica de los apéndices, no obtuvo efecto adverso ninguno en la capacidad para tolerar el calor en cebú. Teniendo presente estos resultados se ve claramente la validez de la afirmación de Yeates (1965), cuando dice que los cebuínos deben más su capacidad para tolerar el calor a la posesión de una piel altamente funcional, que simplemente al mayor tamaño de la superficie cutánea en proporción a su masa corporal.

Podemos, entonces, concluir que existe cuerpo de evidencias suficientes que indica que más bien que a la amplia superficie cutánea, el cebú es más tolerante al calor por las características funcionales de su piel.

4.3.2. *Largo de las extremidades.* Un punto importante, en cuanto hace referencia a adaptación morfológica es el largo de los remos, si se tiene en cuenta que bajo condiciones tropicales es muy frecuente que en la estación seca el animal tenga que caminar largas distancias en busca de pasto o agua. Esto explica claramente por qué en su medio, el cebú exhibe remos largos y ágiles, aunque, las prácticas de selección de algunos criadores los han acortado un poco.

4.3.3. *Capa de pelo.* Bonsma (1943), resaltó la importancia que el color y las características de la capa de pelo tienen como factor de adaptabilidad para el ganado bovino en climas cálidos. El indicó que los animales de pelo claro se adaptan mucho mejor a las condiciones tropicales y subtropicales que los animales con capa de pelo oscuro, siempre y cuando la piel sea pigmentada.

En 1949 el mismo autor, anotó la influencia que el color del pelo tiene con respecto a la reflexión de los rayos luminosos e infrarrojos, haciendo énfasis en que bajo condiciones similares el pelo largo (lanoso) produce en los animales una mayor temperatura corporal y una mayor tasa respiratoria por unidad de tiempo que el pelo corto y suave.

Riemerschmid (1940) en un estudio sobre la radiación solar en Sudáfrica, había demostrado que la absorción promedio del espectro total de la energía solar era de 80% para bovinos de color pardo, mientras que para blancos era solamente de 50%. En el mismo estudio el autor muestra cómo el ganado pardo absorbe tanto calor solar radiante durante las 14 horas de un día de verano, como tres veces lo que produce su propio metabolismo en el mismo período de tiempo, mientras que el animal provisto de pelo blanco absorbe solo 2/3 de la cantidad de radiación absorbida por el pardo. En consecuencia la reflexión de la radiación depende del color y consistencia del pelaje. Sobre estas bases Bonsma (1949), señala que el color blanco, amarillo o rojo sobre piel de pigmento oscuro, es la combinación ideal para dar al animal los medios de resistencia a la temperatura, a la radiación intensa del calor y a los rayos de onda corta.

Estudiando el efecto de distintas temperaturas con respecto a la reflexión de la radiación visible en el pelo de animales Pardo-suizo y Brahman, Stewart y otros (1951) encontraron que cuando se aumenta la temperatura lentamente (en un período de tres meses) de 18°C (65°F) hasta 35°C (95°F) el color del pelo cambia hacia blanco y consecuentemente su reflectividad. Estos investigadores mostraron que el aumento de reflexión con un incremento más rápido de la temperatura, ocurrió a una temperatura más baja en Brahman (*Bos indicus*) que en Pardo-suizo (*Bos taurus*), lo que indica una mejor capacidad de adaptación del Cebú a aumentos de temperatura ambiental.

Estudiando el fenómeno de cambios fotoperiódicos en el pelaje de vacunos, Yeates (1955) concluyó que los animales con el pelaje suave de verano exhiben una decisiva superioridad en cuanto a tolerancia al calor cuando se comparan con aquellos de pelaje largo y lanoso de invierno; en 1957, el mismo investigador pudo demostrar que en un ambiente luminoso ecuatorial el ciclo natural de fotoperiodicidad, producido en la capa de pelo del ganado europeo, desaparece.

Sobre la línea de investigación iniciada por Bonsma, con respecto a las características del pelo como un indicador de la adaptabilidad de los bovinos, Turner y Schleger (1960) indicaron la gran importancia que el pelaje tiene como una medida de la eficiencia metabólica o de la capacidad de reacción frente a diferentes causales de "stress". Otro punto que hace relación a la importancia de la capa de pelo es la dependencia existente entre la eficiencia de la disipación del calor, mediante la vaporización de agua, y el tipo de pelaje del animal; esto es: la efectividad con que el calor latente producido por la vaporización es retirado de la piel del animal.

4.3.4. *Pigmentación de la piel.* Desde hace ya largo tiempo se conoce que el eritema solar es producido en animales de piel depigmentada que pastan en áreas de intensa luz solar, como es el caso de las regiones tropicales (Lasley, 1963; Yeates, 1965). En 1943, Bonsma ya había sugerido la importancia, además del pelaje claro, del color oscuro de la piel. Posteriormente (1949) el mismo autor, mostró que el pelaje claro refleja una más alta proporción de las ondas caloríficas infrarrojas que la capa de pelo rojo o negro, y que la pigmentación negra (melanina) en la piel, absorbe completamente las ondas eritematosas ultravioletas. En consecuencia, una capa de pelo blanca, amarilla o castaño clara, con una piel oscura, es la combinación ideal que da a los animales más resistencia a la radiación y temperaturas intensas del calor y los rayos de onda corta.

4.3.5. *Orejas.* La observación hecha por Yeates (1965), acerca del papel de la piel funcional más bien que el tamaño de la superficie, es importante cuando se considera el suministro de sangre a la piel. Findlay (1961) puntualizó que ciertas estructuras especializadas en la función de vascularización, pueden ayudar considerablemente en la disipación del calor, especialmente en las extremidades. Las orejas de casi todas las razas de cebuínos representan una masa de tejido con una más alta relación de área superficial a peso corporal que en el ganado europeo. Es posible, entonces, que la vascularización de la oreja puede estar caracterizada por unas anastomosis arteriovenosas tales que incrementarían la habilidad para la disipación del calor de los cebuínos en las áreas tropicales bajas. Brody, *et al* (1954) reportaron que uno de los rasgos que hacían al Brahman más

tolerante al calor es la posesión de una extensa área superficial disipante del calor en su gola, prepucio, ombligo y orejas amplios, aunque esta afirmación no ha sido completamente aceptada por otros autores.

4.3.6.

Glándulas sudoríparas. Esta es, probablemente, la característica que ha recibido más atención en ganado cebú, como particularidad importante que lo habilita para ser más tolerante al calor que el *Bos taurus*. Brody *et al* (1954) consideraban que los Brahman son más tolerantes al calor, en base a igual peso corporal, debido a que su producción de calor metabólico es menor, como consecuencia de una menor producción; sin embargo, el mejoramiento del ganado cebú reflejado en el aumento de su producción en algunas regiones tropicales y subtropicales no ha disminuído su tolerancia a dichas condiciones. Es así como el conocimiento actual que sobre el funcionamiento de las glándulas sudoríparas existe, principalmente en ganados cebuínos, quita casi completamente el piso a la tesis de Brody y sus colaboradores.

Las glándulas sudoríparas en efecto, tienen una importancia capital cuando se habla de regulación del calor, ya que el enfriamiento por evaporación, ya sea que se haga a través del tracto respiratorio o a través de la piel, confieren al animal gran habilidad para sobrevivir bajo condiciones de temperaturas altas. Dowling (1958) demostró que cuando los bovinos son expuestos a la radiación solar en un medio seco, muestran buena tolerancia al calor, pero cuando se les expone a la radiación solar y se les cubre su cuerpo con polietileno, con el objeto de prevenir la vaporización de la humedad de la piel proveniente de la superficie del cuerpo, aumentan considerablemente la temperatura rectal. De acuerdo a Dowling (1955), en ganado vacuno, cada folículo piloso está asociado con una glándula sudorípara y el número de aquellos sirve para comparar la población de glándulas sudoríparas de *Bos indicus* y *Bos taurus*; este análisis condujo a la conclusión de que la población de folículos pilosos de los cebuínos es mucho mayor que en cruces con cebú o en Shorthorn.

Nay y Dowling (1957) estudiaron el tamaño de las glándulas sudoríparas en razas de cebú y ganado cruzado cebú con Shorthorn. Su investigación mostró que el volumen de las glándulas sudoríparas por unidad de área era diferente para los distintos grupos raciales y que dicha diferencia guardaba relación directa con la capacidad para tolerar el calor, esto es: los más bien adaptados a climas cálidos tenían el mayor volumen y la más alta densidad de glándulas, en este caso los cebuínos.

En el estudio de Nay y Hayman (1958) los cebuínos mostraron tener glándulas sudoríparas más grandes y numerosas que el ganado europeo, siendo además dichas glándulas de mayor longitud y diámetro. Dentro del cebú las

glándulas sudoríparas son ligeramente más grandes y numerosas hacia la mitad del flanco que en la gola.

Un estudio acerca de las variaciones morfológicas y cuantitativas de las glándulas sudoríparas del Sahiwal y Jersey (Pan, 1963) demostró que comparando con ganado Jersey de edad similar y bajo las mismas condiciones ambientales, el Sahiwal tiene glándulas sudoríparas más grandes, más largas y anchas, un mayor volumen medio y un mayor volumen total por unidad de área, en casi todas las partes corporales examinadas. El volumen total de glándulas por unidad de área de piel fué de 340% mayor. Aunque en ambas especies la densidad media de las glándulas sudoríparas fue virtualmente la misma (1130/cm.² en Jersey y 1200/cm.² en Sahiwal), el enorme volumen glandular por cm.² de piel en Sahiwal, a más de la mayor superficie de piel de sus apéndices, contribuye decisivamente a su mayor tolerancia al calor. Este trabajo, confirma los hallazgos de Nay y Hayman (1956), particularmente en lo que respecta al tamaño glandular. El ganado tolerante al calor, *Bos indicus*, muestra una glándula sudorípara grande y en forma de bolsa, mientras que el *Bos taurus* posee una glándula estrecha en forma de espiral. En cruces de cebú y Africander es característico encontrar una glándula de tipo intermedio en forma de gotera, con base ancha que se va estrechando rápidamente hacia la superficie.

En un plano más fisiológico se pueden considerar los siguientes mecanismos de adaptación:

4.3.1.1. *Termorregulación.* Yeates (1965) indica que "cuando la temperatura del aire iguala la temperatura corporal, el calor del cuerpo puede disminuirse por vaporización". Cuando la temperatura del aire excede la temperatura corporal, no solamente el calor generado por el cuerpo, sino también el calor adicional absorbido del medio ambiente tienen que ser disipados por vaporización. Miradas así las cosas, las características funcionales de la piel, en lo que respecta a vaporización y al tracto respiratorio, adquieren una especial importancia.

4.3.1.1.1. *Vaporización cutánea.* A pesar de que cierta cantidad de vapor de agua pasa a través de la piel por simple difusión, siendo este fenómeno controlado principalmente por la presión parcial del vapor existente en ambos lados del integumento, la cantidad total de agua que se pierde a través de la piel es mayor que la que puede pasar por simple difusión, lo que indica la existencia de algún otro mecanismo, como es la sudoración en ganado.

McDowell, *et al* (1961) encontraron que la mayor porción de sustancias disponibles para vaporización en la superficie de la piel bajo condiciones de intenso calor, proviene de las glándulas sudoríparas. En climas secos (20% de humedad relativa) la rata de vaporización superficial aumenta

con el incremento de la temperatura de 29,9°C. a 44,7°C. mientras que con una humedad relativa de 80% la vaporización superficial aumenta de 28,2°C. a 32,6°C. pero cuando alcanza 54,9°C decrece. Joshi, *et al.* (1968) indicaron que después de la incapacitación de las glándulas sudoríparas, el proceso de transudación normal a través de la superficie de la piel tratada, no sufrió cambios marcados. Es así, como la mayor parte del material de vaporización proveniente de la superficie cutánea en los bovinos bajo "stress" térmico viene de las glándulas sudoríparas.

Kibler y Brody (1954) trabajando con vacas Brahman, Jersey y Holstein encontraron que a 21°C, el ganado Brahman, en oposición a las otras razas, no mostró ninguna modificación en la producción de calor, como tampoco a 26,8°C, concluyendo que la mayor tolerancia al calor del Brahman se debe, en gran parte, a su baja rata de producción de calor. Esta explicación ha sido cuestionada por Yeates, por las dificultades para probar esta afirmación en base a medidas precisas de las varias fracciones de la producción total de calor animal, y a lo debatible del concepto de que la producción de los cebuínos pueda considerarse aún como baja. En un estudio comparativo entre Brahman, Pardo-suizo, Holstein y Jersey, sobre la influencia de la temperatura en la pérdida insensible de peso y la humedad de vaporización, Thompson y sus colaboradores (1951) encontraron que con una humedad relativa de 65%, en temperaturas de -17,7 a 40,3°C. hubo un aumento en rata de vaporización por unidad de superficie antes de los 34,9°C., pero el aumento de la temperatura rectal fue mucho menor en Brahman que en ganado europeo. En términos generales, el Brahman mostró una rata de vaporización mucho menor en todas las temperaturas anteriores a 32,1 y 34,9°C.

Allen (1962), en un experimento con novillos cebú, Jersey y cruces de cebú con Jersey encontró que los novillos Jersey responden a un aumento a temperatura ambiental primero que las otras razas, con aumento de la temperatura cutánea y rata de sudoración. Este aumento en ambas variedades fue casi lineal con el aumento en la temperatura ambiental. Los novillos cebú también tuvieron un aumento lineal en la temperatura cutánea, pero la sudoración no aumentó hasta que la temperatura había alcanzado entre 29,30 y 32,1°C. De estos resultados el investigador concluyó que la ventaja del cebú en su comportamiento en cuanto a sudoración, fue posiblemente debido a la mayor economía de agua corporal, ya que no teniendo que sudar tan ampliamente como las otras razas, pierde menos agua por sudoración.

El conocimiento de la estructura y función de las glándulas sudoríparas en vacunos es aún escaso. Findlay (1961) las clasificó como un tipo intermedio entre apocrinas y eccrinas, en tanto que McDowell, *et al.* (1961) señalan que ellas no

son del tipo apocrino, ya que una vez se inicia la sudoración en la vaca, ella continúa sudando a una rata muy uniforme.

La composición química de la sudoración ha sido estudiada por Joshi, *et al.* (1968), quienes encontraron que el sudor de las razas Harijana, Tarparkar y Gir es similar a la de las razas de ganado europeo tanto vacuno como equino.

Johnson (1970) indicó haber encontrado diferencias entre especies, cuando estudió el *Bos indicus* y el *Bos taurus* a este respecto. Agregó además que las ratas de sudoración del *Bos indicus* fueron consistentemente más altas que aquellas del *Bos taurus* bajo condiciones de "stress", aunque las diferencias entre especies no fueron estadísticamente significativas.

Pan, Y. S. (1970), publicó una investigación acerca del contenido de lípidos en la piel y en el pelo en vacunos y encontró que el ganado Sahiwal (*Bos indicus*) tiene significativamente una mayor cantidad de lípidos sobre la superficie cutánea y el pelo que el ganado Jersey (*Bos taurus*) y que a su vez esta mayor cantidad de lípidos, sobre la superficie cutánea y/o el pelo en Sahiwal, al ser comparada con la de Jersey, coincide con la habilidad comparativa en tolerancia al calor y a la resistencia a las garrapatas, si bien esta última se debe en gran medida, además de otros factores, a características inmunológicas.

- 4.3.1.1.2., *Vaporización respiratoria.* La rata respiratoria ha sido usada por muchos años como un indicador de la tolerancia al calor, Stewart y Brody (1954), Kibler y Brody (1954 b) y posteriormente Johnson y Webster (1967) encontraron que se necesitan temperaturas ambientales mayores en Brahman que en razas europeas, para que la rata respiratoria aumente, Kibler y Yeck (1959) concluyeron que a 26,8°C., como temperatura constante, la disipación promedio del calor metabólico, por vaporización total, fue de 46% en Brahman; 52% en Santa Gertrudis y 53% en Shorthorn, y de estos porcentajes, 8% en Brahman, 11% en Santa Gertrudis y 17% en Shorthorn, fueron disipados por vaporización respiratoria; en consecuencia a 26,8°C., el Brahman, la más tolerante al calor de las razas estudiadas, tuvo la rata de vaporización más baja. En un estudio de las diferencias en cuanto a fisiología respiratoria en animales tolerantes al calor y animales no tolerantes, Findlay (1961) concluyó que cuando la temperatura ambiental sube, los animales tolerantes al calor aumentan la frecuencia respiratoria al mismo tiempo que el volumen por periodicidad respiratoria cae casi linealmente; sin embargo, en los animales no tolerantes al calor, con el aumento de la temperatura ambiental ocurre un gran aumento de la frecuencia respiratoria y una muy ligera disminución en el volumen por periodicidad, de donde se desprende que una de las características de los animales

tolerantes al calor es la habilidad para reducir considerablemente su volumen por periodicidad respiratoria en cada aumento de la temperatura ambiental, pudiendo así mantener el volumen por minuto dentro de límites estrechos.

- 4.3.1.1.3. *Producción de calor.* Los mecanismos bioquímicos y fisiológicos de producción de calor mediante el metabolismo basal, no están aún completamente claros, pese a la intensa investigación de que han sido objeto. Esta situación podría probablemente explicar en gran parte la fuerte controversia que ha girado en torno a la capacidad de tolerancia al calor y a producción económica del animal. Brody *et al.* (1954) consideran que la excelente tolerancia al calor que exhiben los cebuínos, se debe en gran parte, a su baja tasa de producción de calor como consecuencia del bajo metabolismo y consiguientemente su baja productividad.

Otros investigadores (Yeates, 1955; Kelley, 1959, etc.) consideran que el cebú puede ser más eficiente en conversión de energía metabolizable a energía útil y sufrir menos el impacto del calor sobrante que emerge del proceso fisiológico de la producción. Kennedy y Turner (citados por Johnson, 1965) creen que la tolerancia al calor y la capacidad de producción no son necesariamente una combinación incompatible. Yeates (1965), agrega a dichos puntos de vista que: "es muy discutible si la productividad del cebú puede aún considerarse como baja".

- 4.3.1.1.4. *Consumo de agua y alimento.* En un ambiente cálido el mantenimiento del balance térmico del organismo depende principalmente del frío derivado de la evaporación del agua, ya sea a través del pulmón o de la piel, lo que pone de relieve la importancia de un suministro adecuado de agua, ya que su escasez podría interferir con la evaporación refrescante, causando así depresión en la capacidad de tolerancia al calor del animal. Es así como la reducción en tolerancia al calor en animales deshidratados (Bianca, 1966) es considerada como una consecuencia de una reducida tasa de evaporación, a pesar de que el Brahman y el Santa Gertrudis aumentan su tasa de evaporación más rápidamente que su consumo de agua, fenómeno éste que no se observa en ganado Shorthorn. Johnson, Ragsdale y Yeck (1958), trabajando en un cuarto de temperatura controlada (39,5° y 28,2°C) encontraron que los cebuínos no fueron severamente afectados por la alta temperatura y en total consumieron una mayor cantidad de alimento que los Jersey. Además, a pesar de un aumento tangible en el consumo de agua a alta temperatura, éste fue menor en cebú que en Jersey. Phillips (1960) encontró que a cualquier temperatura el requerimiento de agua fue más bajo en el *Bos indicus* que en el *Bos taurus*. El autor explica este menor consumo de agua en los cebuínos, al menos en parte, por el menor contenido de humedad de las heces del cebú. Este planteamiento está de acuerdo con los resultados obtenidos por

Payne y Hutchison (1963), quienes afirman que el ganado cebú está mejor adaptado a ambientes secos que el ganado europeo. McFarlane y Howard (1966) en una investigación sobre el contenido de agua y el tiempo en que el agua cumple el ciclo completo al pasar por el organismo, llegaron a la conclusión de que en condiciones de clima tropical (Kenya) el cebú come más por cada 100 Kgs. de peso corporal que el *Bos taurus*, aún bajo condiciones de agua intermitente. En conclusión, bajo las mismas condiciones ambientales, el tipo *Bos indicus* utiliza menos agua que el *Bos taurus*.

5. BIBLIOGRAFIA

- Allen, T. E. Responses of Zebu, Jersey and Zebu x Jersey crossbred heifers to rising temperature, with particular reference to sweating. *Aust. J. Agric. Res.* 13: 165. 1962.
- Allen, T. E., Y. S. Pan y R. H. Hayman. The effect of feeding on evaporative heat loss and body temperature in Zebu and Jersey heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 580. 1963.
- Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Cebú. ACCGC. Historia del ganado Cebú en Colombia. Plegable publicado por la ACCGC. Bogotá. 4 p. Sin fecha.
- Bangham, A. D. Distribution of electrophoretically different haemoglobins among cattle breeds of Great Britain. *Nature* 179: 467. 1957.
- Bangham, A. D. Distribution of electrophoretically different haemoglobins among some cattle breeds of Europe and Africa. *Nature* 181: 1551. 1958.
- Bettini, T. M. Sulla gobba degli zebú de lla Somalia. *Agric. Agric. Colon.* 34 (3): 9. 1940.
- Bianca, W. Heat tolerance in dehydrated steers. *J. Agric. Sci.* 66: 57. 1966.
- Blackwell, R. L. y J. H. Knox. Scurs in a herd of Aberdeen Angus cattle. *J. Hered.* 49: 117. 1958.
- Bonsma, J. C. Influence of colour and coat cover on adaptability of cattle. *Farming in South Africa* 18: 101. 1943.
- Bonsma, J. C. Breeding cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environments. *J. Agric. Sci.* 39: 204. 1949.
- Bonsma, J. C. Heat tolerant cattle bred at Mara. *The Farmers' Weekly. Bloemfontein, S. Africa.* 1952.
- Brody, S. Climatic physiology of cattle. *J. Dairy Sci.* 39: 715. 1956.
- Brody, S., A. C. Ragsdale, H. J. Thompson y D. M. Worstell. The thermal effects of radiation intensity (light) on milk production, feed and water consumption and body weight in Holstein, Jersey and Brahman cows at air temperatures of 45°, 70° and 80° F. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 556, 20 p. 1954.

- Cárdenas, Q. G. Origen de Cebú en Europa. Rev. El Cebú. XIV. (155 y 156): 13. 1971.
- Curson, H. H. y J. H. R. Bisschop. Some comments on the hump of african cattle. Onderstepoort J. Vet. Sci. 5: 621. 1935.
- Curson, H. H. y R. W. Thornton. A contribution to the study of African native cattle. Onderstepoort J. Vet. Sci. 7: 613. 1936.
- Dale, H. E., A. C. Ragsdale y C. S. Cheng. Effect of constant environmental temperatures of 50° and 80° F., on appearance of puberty in beef calves. J. Anim. Sci. 18: 1363. 1959.
- Dobzhansky, T. Genética y el origen de las especies. Trad. F. Cordon. Revista Occidente. Madrid. 1955.
- Dowling, D. F. The hair follicle and apocrine gland populations of Zebu (*B. indicus* L.) and Shorthorn (*B. taurus* L.) cattle skin. Aust. J. Agric. Res. 6: 645. 1955.
- Dowling, D. F. An experimental study of heat tolerance of cattle. Aust. J. Agric. Res. 7: 469. 1956.
- Dowling, D. F. The significance of sweating in heat tolerance of cattle. Aust. J. Agric. Res. 9: 579. 1958.
- Ederstrom, H. E. Blood flow changes in the dog during hyperthermia. Am. J. Physiology 176: 347. 1954.
- Emerson, A. E. The origin of species. Ecology 19: 152. 1938.
- Epstein, H. The Zebu cattle of East Africa. E. Afri. J. 21: 83. 1955 a.
- Epstein, H. Phylogenetic significance of spina bifida in Zebu cattle. Indian J. Vet. Sci. 25: 313. 1955 b.
- Espinel, L. S. y E. Montenegro. Formaciones Vegetales de Colombia. Inst. Geog. Agustín Codazzi. Bogotá, D. E. 1963.
- FAO. Production Yearbook, 24: 3. 1970.
- Faulkner, D. E. y H. Epstein. The indigenous cattle of the British Dependent Territories in Africa. With material on certain other African countries. Publ. Colon. Adv. Coun. Agric. Anim. Hlth. For N° 5. London. 186 p. 1957.
- Findlay, J. D. The eighth middleton memorial lecture: Cattle and Climate. Agric. Progr. 36: 7. 1961.
- Folk, G. E., Jr. Introduction to environmental physiology. Lea & Febiger. Philadelphia. 1969.
- Gangwar, P. C. The effect of environmental temperature on growth of dairy heifers. Indian Vet. J. 47: 128. 1970.
- Gomes, P. A pecuaria no Brasil. Rev. Zebu. XXII (215): 26. 1964.
- Gómez, G. L. J. Sacrificio de vacas en Antioquia. Secr. Agric. Antioquia. Publ. Esp. N° 75. Medellín, 43 p. 1966.

- Gómez, G. L. J. y O. Patiño. Estado actual de la industria animal en Colombia. ICA, Fondo Ganadero de Antioquia. Bogotá. 17 p.p. 1968.
- Hafez, E. S. E. Adaptation of domestic animals. Lea & Febiger. Philadelphia. 1968.
- Hayman, R. H. y T. Nay. Sweat glands in Zebu (*Bos indicus*) and European (*Bos taurus*) cattle. II. Effects of season and exercise on sweat gland volume. Aust. J. Agric. Res. 9: 385. 1958.
- Hammel, H. T. The regulator of body temperature. (Brody Memorial Lecture VI). Univ. Mo. Exp. Sta. Special Report. 73, 34 p.p. 1966.
- Hardy, J. D. Brain sensors of temperature (Brody Memorial Lecture VIII). Univ. Mo. Agric. Exp. Sta. Special Report. 103, 28 p. 1969.
- Johnson, C. W. The origin and domestication of *Bos indicus*. Cattleman 38 (2): 17. 1952.
- Johnson, H. D. Response of animals to heat, Metereological Monographs 6: 109. 1965.
- Johnson, H. D., A. C. Ragsdale, R. G. Yeck. Effects of constant environmental temperatures of 50° and 80°F on the feed and water consumption of Brahman, Santa Gertrudis and Shorthorn calves during growth. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 683, 31 p. 1958.
- Johnson, K. G. Sweating rate and the electrolyte content of skin secretions of *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cows. J. Agric. Sci. 75: 397. 1970.
- Johnson, K. G. y M. E. D. Webster. Extremity skin temperature in British and Zebu cross cattle. J. Agric. Sci. 69: 1. 1967.
- Joshi, B. C., H. B. Joshi, R. E. McDowell y D. P. Sadhu. Composition of skin secretions from three Indian breeds of cattle under thermal stress. J. Dairy Sci. 51: 917. 1968.
- Joshi, N. R. y R. W. Phillips. Types and breeds of African cattle. FAO. Agricultural studies N° 37 Rome. 1957.
- Joshi, N. R. y R. W. Phillips. Zebu cattle of India and Pakistan. FAO Rome. 1953.
- Kelley, R. B. Native and adapted cattle. Angus and Roberston. Australia. 1959.
- Kibler, H. H. Energy, metabolism and cardiorespiratory activities in Shorthorn, Santa Gertrudis and Brahman heifers during growth at 50° and 80° F., temperatures. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 643, 32 p. 1957.
- Kibler, H. H. y S. Brody. Influence of radiation intensity on evaporative cooling, heat production and cardiorespiratory activities in Jersey, Holstein and Brahman cows. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 574. 31 p. 1954.
- Kibler, H. H. y S. Brody. Influence of wind on heat exchange and body temperature regulation in Jersey, Holstein, Brown Swiss and Brahman cattle. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 552: 39 p. 1954 b.

- Kibler, H. H. R. G. Yeck. Vaporization rates and heat tolerance in growing Shorthorn, Brahman and Santa Gertrudis calves raised at constant 50° and 80°F, temperatures. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 701: 44 p. 1959.
- Kirmiz J. P. Adaptation to desert environment. A study on the jeroba, rat and man. Butterworth & Co. Washington, D. C. 1962.
- Lasley, J. F. Genetics of livestock improvement. Prentice Hall. Inc. Englewood. Cliffs, New Jersey. 1963.
- Lasley, J. F. Further information about the inheritance of polledness and horns in american Charolais cattle. Mimeografiado, 1972.
- Lush, J. Breeding Plans. The Iowa State College Press. Ist. ed. Ames Iowa. 1943.
- Mason I. L. y J. P. Maule. The indigenous livestock of Eastern and Southern Africa. Commonwealth Agric. Bureau. Farnham Royal, Bucks, England. 1960.
- McDowell, R. E. Physiological approaches to animal climatology. J. Hered. 49: 52. 1958.
- McDowell, R. E., D. H. K. Lee y M. H. Fohrman. The relationship of surface area to heat tolerance in Jerseys and Sindhi Jersey (F₁) crossbred cows. J. Anim. Sci. 12: 747. 1953.
- McDowell, R. E., B. T. McDaniel, M. S. Barrada y D. H. K. Lee. Rate of surface evaporation from the normal body surface and with sweat glands inactivated under hot conditions. J. Anim. Sci. 20: 380, 1961.
- McFarlane, W. V. y B. Howard. Water content and turn over of identical twins *Bos indicus* and *Bos taurus* in Kenya. J. Agric. Sci. 66: 297. 1966.
- Milne, A. H. The humps of East African cattle. Emp. J. Exp. Agric. 23: 234. 1955.
- Moran, J. B. Seasonal and diurnal variations in body temperatures of Hereford and Brahman cross cattle in a cool temperature environment. J. Agric. Sci. 74: 205. 1970.
- Nay, T. y D. F. Dowling. Size of sweat glands in Shorthorn strains and Zebu x Shorthorn crossbred cattle. Aust. J. Agric. Res. 8: 385. 1957.
- Nay, T. y R. H. Hayman. Sweat glands in Zebu (*Bos indicus*) and European (*Bos taurus*) cattle. I. Size of individual glands, the denseness of their population and their depth below the skin surface. Aust. J. Agric. Res. 7: 89. 1956.
- Olver, A. A brief survey of some of the importance breeds of cattle of India. I. C. A. R., Misc. Bull. N° 17. Government of India Press, New Delhi. 1938.
- Pan, Y. S. Quantitative and morphological variation of sweat glands, skin thickness and skin shrinkage over various body regions of Sahiwal Zebu and Jersey cattle. Aust. J. Agric. Res. 14: 425. 1963.

- Pan, Y. S. Breed and seasonal differences in quantities of lipids on skin surface and hair in cattle. *J. Agric. Sci.* 75: 37. 1970.
- Payne, W. J. A. y H. G. Hutchison. Water metabolism of cattle in East Africa, I. The problem and the experimental procedure. *J. Agric. Sci.* 61: 255. 1963.
- Phillips, G. D. The relationship between water and food intakes of European and Zebu type steers. *J. Agric. Sci.* 54: 231. 1960.
- Phillips, R. W. Informe de la segunda reunión interamericana de producción pecuaria. FAO. Cuaderno de Fomento N° 33. Agricultura, Roma, p. 33. 1953.
- Pilgrim, G. E. The fossil Bovidae of India. *Paleont. Indica*, XXVI. Memoir N° 1. New Delhi. 1939.
- Quarterman, J., G. D. Phillips y G. H. Lampkin. A difference in the physiology of the large intestine between European and indigenous cattle in the tropics. *Nature* 179: 467. 1957.
- Ragsdale, A. C., Chu Shan Cheng y H. D. Johnson. Effects of constant environmental temperatures of 50° and 80°F, on the growth responses of Brahman, Santa Gertrudis and Shorthorn calves. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 642: 32 p. 1957.
- Razdan, M. N., M. R. Bhosrekar y S. N. Ray. Physiological behaviour of Tharparkar cattle under different environments. II. Physiological reactions and zone of thermoneutrality. *Indian J. Dairy Sci.* 21: 82. 1968.
- Resende, J. P. O ciclo da carne. *Rev. Zebú*. XXII (215): 10. 1963.
- Rhoad, A. O. The Santa Gertrudis breed. *J. Hered.* 40: 115. 1949.
- Riemerschmid, G. South African solar radiation survey 1937-1938. *Onderstepoort J. Vet. Sci. and Anim. Ind.* 15: 343. 1940.
- Santiago, A. A. El Cebú. Trad. de A. Contin. 1ª ed. Uteha. México. 1967.
- Seifert, G. W. Variations between and within breeds of cattle in resistance to field infestations of the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Aust. J. Agric. Res.* 22: 159. 1971.
- Shearer, E. Recent exports of high class Indian cattle (Notes) *Agric. J. India* 4: 390. 1909.
- Stewart, R. E. y S. Brody. Effect of radiation intensity on hair and skin temperatures and on respiration rates of Holstein, Jerseys and Brahman cattle at air temperatures of 45°, 70° and 80°F. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 561, 36 p. 1954.
- Stewart, R. E., E. E. Pickett y S. Brody. Effect of increasing temperatures, 65° to 95°F, on the reflection of visible radiation from the hair of Brown Swiss and Brahman cows. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 484, 23 p. 1951.
- Thompson, H. J., R. M. McCroskey y S. Brody. Influence of temperatures on insensible weight loss and moisture vaporization in Brahman, Brown Swiss and Jersey cattle. *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 479, 26 p. 1951.

- Turner, H. G. Genetics and tropical adjustment in cattle: Symposium on man and animals in the tropics. Univ. of Queensland. Proc. p. 104. 1956.
- Turner, H. G. y A. V. Schleger. The significance of coat type in cattle. Aust. J. Agric. Res. 11: 645. 1960.
- Vercoe, J. E. y J. E. Frisch. The effect of increased rectal temperatures on nitrogen metabolism in Brahman cross and Shorthorn Hereford steers fed on a low nitrogen roughage. Aust. J. Agric. Res. 21: 857. 1970.
- Vieira de Sá, F. Lechería tropical. Trad. por C. L. de Cuenca. UTHEA. México. 1965.
- Whitcomb, G. The Brahman in America. Cattleman 38 (2): 22. 1952.
- White, W. T. y H. L. Ibsen. Horn inheritance in Galloway Holstein cattle crosses. J. Genet. 32: 33. 1936.
- Whyte, R. O. The grassland and fodder resources of India, Ind. Coun. Agric. Res. New Delhi. 1957.
- Williams, H. D. y T. Williams. The inheritance of horns and their modification in polled Hereford cattle. J. Hered. 43: 267. 1952.
- Worstell, D. M. y S. Brody. Comparative physiological reactions of European and Indian cattle to changing temperature. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 515, 42 p. 1953.
- Yeates, N. T. M. Photoperiodicity in cattle. I. Seasonal changes in coat character and their importance in heat regulation. Aust. J. Agric. Res. 6: 891. 1955.
- Yeates, N. T. M. Photoperiodicity in cattle. II. The equatorial light environment and its effects on the coat of European cattle. Aust. Agric. Res. 8: 733. 1957.
- Yeates, N. T. M. Modern aspects of animal production. Butterworths. Washington. 1965.