

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA
BOVINA DE LOS PAISES CENTROAMERICANOS

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Luis Phanor Manrique Portocarrero



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ganadería Tropical
Turrialba, Costa Rica
Julio, 1972

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA
DE LOS PAISES CENTROAMERICANOS

Tesis

Sometida al Consejo de la Escuela para Graduados como
requisito parcial para optar al grado de

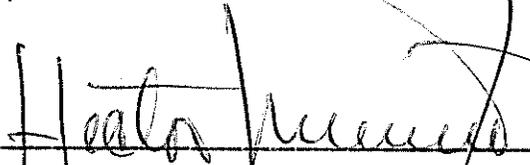
Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

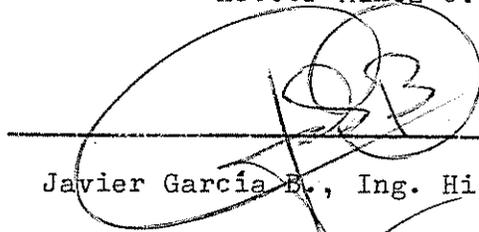
Permiso para su publicación, reproducción total o
parcial, debe ser obtenido en dicho Instituto

APROBADA:



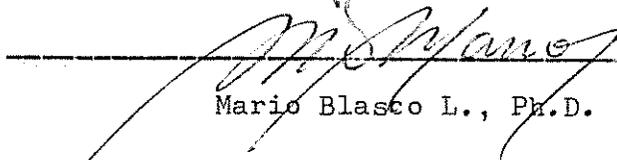
Héctor Muñoz C., Ph.D.

Consejero



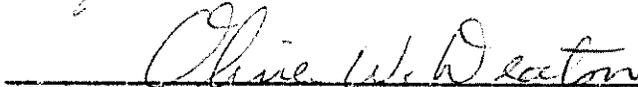
Consejero

Javier García B., Ing. Hidrometeorologista



Comité

Mario Blasco L., Ph.D.



Comité

Oliver W. Deaton, Ph.D.

Julio, 1972

DEDICATORIA

A mis padres: por sus principios inflexibles que han guiado mi vida por los caminos de la inquietud intelectual

A mis hermanos, a Iván, Aleida y a Marcela María: por dar ellos valoración a mis inquietudes

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

El Personal Directivo y Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo y estímulo brindado para realizar los estudios de postgrado en el IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina, por la ayuda becaria recibida, para realizar los estudios de postgrado.

Al Ing. Javier García B., quien ofreció al autor su amistad sincera y orientó, asesoró y colaboró en todas las fases del presente trabajo de tesis, dándole la orientación necesaria para su exitosa culminación.

Al Dr. Héctor Muñoz, Consejero Principal, por la orientación académica en el transcurso de los estudios en el IICA-CTEI, la cual será provechosa para su vida profesional.

Al personal técnico, auxiliar y a todas aquellas personas del Departamento de Ganadería Tropical y del IICA-CTEI, que contribuyeron en los estudios de postgrado y a la realización del presente trabajo de tesis.

BIOGRAFIA

El autor nació en Palmira, departamento del Valle del Cauca, República de Colombia, el 22 de abril de 1944.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Tolima, Ibagué, Colombia, graduándose de Médico Veterinario Zootecnista en 1967.

En 1968 perteneció al Programa Nacional de Porcinos en el Instituto Colombiano Agropecuario en Palmira. El mismo año, fué nombrado como Instructor Asistente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, en el Departamento de Zootecnia, y en agosto de 1970 fué ascendido a la categoría de Profesor Asistente en la misma Facultad, hasta el presente.

En setiembre de 1970, ingresó como Estudiante Graduado al IICA-CTEI, Departamento de Ganadería Tropical, realizando estudios de postgrado en el campo de Eco-fisiología Animal y recibiendo el grado de Magister Scientiae en Julio de 1972.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS.....	xix
LISTA DE MAPAS.....	xxi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 El clima,sus factores y elementos.....	3
2.2 Elementos del clima de acción directa sobre la Fisiología Animal.....	4
2.2.1 Radiación Solar	4
2.2.2 Temperatura Ambiente.....	6
2.2.3 Altitud.....	11
2.2.4 Precipitación y humedad relativa.....	12
2.2.5 Movimiento del aire.	13
2.3 Elementos del clima de acción indirecta sobre la producción ganadera en los trópicos.....	14
2.4 Antecedentes sobre métodos para determinar áreas homoclimáticas ganaderas.....	15
2.4.1 Métodos que utilizan elementos del clima de acción directa.....	15
2.4.2 Métodos que utilizan elementos del clima de acción indirecta.....	16
3. MATERIALES Y METODOS.....	19
3.1 Primera etapa.....	19
3.1.1 Requerimientos térmicos.....	20
3.1.2 Requerimientos hídricos.....	21
3.2 Segunda etapa.....	22

3.2.1	Estimaciones térmicas.....	22
3.2.2	Estimación de la humedad rēlativa.....	22
3.2.3	Balance hídrico.....	23
3.3	Tercera etapa.....	24
3.4	Cuarta etapa.....	24
3.5	Quinta etapa	25
3.6	Sexta etapa.....	26
4.	RESULTADOS.....	29
4.1	Costa Rica.....	29
4.1.1	Zonas térmicas ganaderas bovinas	29
4.1.2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas.....	31
4.1.2.1	Zonas hídricas.....	31
4.1.2.2	Zonas de alimentación complementaria.....	31
4.1.2.3	Zonas de alimentación suplementaria.....	32
4.1.3	Síntesis factorial: Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	33
4.1.3.1	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical.....	33
4.1.3.2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado.....	36
4.2	Nicaragua.....	38
4.2.1	Zonas térmicas ganaderas bovinas.....	38
4.2.2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas.....	40
4.2.2.1	Zonas hídricas.....	40
4.2.2.2	Zonas de alimentación complementaria.....	41
4.2.2.3	Zonas de alimentación suplementaria.....	42
4.2.3	Síntesis factorial: Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	42

4.2.3.1	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical.....	42
4.2.3.2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado.....	45
4.3	El Salvador.....	47
4.3.1	Zonas térmicas ganaderas bovinas.....	47
4.3.2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas.....	49
4.3.2.1	Zonas hídricas.....	49
4.3.2.2	Zonas de alimentación complementaria.....	49
4.3.2.3	Zonas de alimentación suplementaria.....	50
4.3.3	Síntesis factorial: Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	50
4.3.3.1	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical.....	50
4.3.3.2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado.....	52
4.4.	Guatemala.....	54
4.4.1	Zonas térmicas ganaderas bovinas.....	54
4.4.2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas	57
4.4.2.1	Zonas hídricas.....	57
4.4.2.2	Zonas de alimentación complementaria.....	57
4.4.2.3	Zonas de alimentación suplementaria.....	58
4.4.3	Síntesis factorial: Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	59
4.4.3.1	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical.....	59
4.4.3.2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado.....	61
4.5	Honduras.....	64
4.5.1	Zonas térmicas ganaderas bovinas	64
4.5.2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas	64

4.5.2.1	Zonas hídricas.....	64
4.5.2.2	Zonas de alimentación complementaria.....	66
4.5.2.3	Zonas de alimentación suplementaria.....	68
4.5.3	Síntesis factorial: Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	68
4.5.3.1	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical.....	68
4.5.3.2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado.....	71
5.	DISCUSION.....	74
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
7.	RESUMEN.....	90
7a.	SUMMARY.....	91
8.	LITERATURA CITADA.....	92
9.	APENDICE.....	99

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Zonas térmicas ganaderas bovinas.....	100
2	Zonas hidrológicas ganaderas bovinas.....	101
3	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas.....	102
4	Kilómetros cuadrados del área ocupada por las macro- áreas ganaderas bovinas de los países Centroamerica- nos.....	103
5	Número de estaciones meteorológicas de los países Centroamericanos estudiados y tipo de registros me- teorológicos utilizados.....	104
6	Ecuaciones de la estimación Térmica para Costa Rica, por el procedimiento de De Fina y Sabella (19).....	105
7	Ecuaciones de estimación térmica media mensual.....	106
8	Ejemplo de balance hidrológico mensual de una Esta- ción Meteorológica de Costa Rica.....	107
9	Ejemplo de balance hidrológico mensual de una Esta- ción Meteorológica de Nicaragua.....	108
10	Ejemplo de balance hidrológico mensual de una Esta- ción Meteorológica de El Salvador.....	109
11	Ejemplo de balance hidrológico mensual de una Esta- ción Meteorológica de Guatemala	110
12	Ejemplo de balance hidrológico mensual de una Esta- ción Meteorológica de Honduras.....	111

LISTA DE MAPAS

<u>Mapa No.</u>		<u>Página</u>
1	Síntesis factorial final para Costa Rica.....	30
2	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical para Costa Rica.....	34
3	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado para Costa Rica.....	37
4	Síntesis factorial final para Nicaragua.....	39
5	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical para Nicaragua.....	43
6	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado para Nicaragua.....	46
7	Síntesis factorial final para el Salvador.....	48
8	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical para El Salvador.....	51
9	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado para El Salvador.....	53
10	Síntesis factorial final para Guatemala.....	56
11	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical para Guatemala.....	60
12	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado para Guatemala.....	62
13	Síntesis factorial final para Honduras.....	65
14	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima tropical para Honduras.....	69
15	Macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima-templado para Honduras.....	72

I. INTRODUCCION

Una de las limitaciones más notables del desarrollo del hombre en los trópicos es la dificultad de proveerle una adecuada alimentación. Si bien los alimentos que suministran hidratos de carbono, son fáciles de obtener y asegurar en una provisión suficiente y permanente, la dieta de proteínas no siempre alcanza los niveles mínimos que requiere la alimentación humana, sobre todo en las clases sociales de menores recursos, que son las expuestas al mayor esfuerzo físico, en el trabajo. La posibilidad de mejorar el equilibrio dietético de estas poblaciones está decididamente vinculada al grado de desarrollo que puede alcanzar la ganadería en las regiones tropicales.

La producción de alimentos proteicos para el consumo humano, es de primordial importancia en cualquier parte del mundo, sobre todo en los países tropicales donde adquiere carácter de un problema básico para el desarrollo.

El desarrollo de la ganadería para la producción de carne y leche, en los trópicos ha tenido una evolución que, sobre todo en los últimos años muestra grandes avances. Sin embargo, desde la época colonial en que se introdujeron directamente ganados europeos, hasta nuestros días, los trabajos se han realizado en forma empírica. Tal ha sido el carácter de muchos trabajos, aún de los más recientes, de introducción de razas incluyendo las del trópico que han producido tipos con una mayor posibilidad de adaptación al ambiente tropical. Sin un análisis completo del ambiente físico en que se desea introducir el ganado se sacan conclusiones no siempre correctamente equiparadas, sobre el complejo causal del éxito o del fracaso de la empresa. De este modo, el desarrollo pecuario resulta lento y costoso. En los últimos años, al dar importancia a los factores físicos del ambiente, se ha conseguido orientar con éxito el intercambio de razas pecuarias en las regiones tropicales.

Las investigaciones y la aplicación de los conocimientos actuales sobre la Fisiología Ambiental Animal y la Agroclimatología, son la base para ayudar en la planificación de la ganadería bovina en zonas tropicales. Establecer una delimitación de ellas, en base a los requerimientos de las razas, implantadas por el conocimiento de las características pecuoclimáticas de cada especie bovina y ayudados con ciertos índices agroclimáticos de los cultivos, usados en la zonificación de los mismos, aplicando metodologías

adecuadas para ello, los cuales serán los aplicables a los pastos que sobre todo posibiliten el conocimiento de su permanencia en el suelo.

Por las razones expuestas y teniendo en cuenta la importancia que tiene la ganadería bovina en los países Centroamericanos, es de utilidad inmediata procurar una zonificación bioclimática ganadera bovina específica, para alcanzar principalmente los siguientes objetivos:

11. Establecer mediante la síntesis cartográfica sucesiva las zonas homoclimáticas y heteroclimáticas en el espacio físico de los países Centroamericanos para las especies bovinas de origen de clima templado y las de clima tropical, para adoptar de esta manera, las orientaciones zootécnicas en los trabajos de selección, cruzamientos, nutrición, manejo, etc.
2. Determinar estas analogías y diferencias climáticas de las áreas ganaderas bovinas, mediante la aplicación del moderno concepto de los tipos péneo climáticos y agroclimáticos, con su clasificación racional en índices, para las especies bovinas mencionadas.
3. Obtención de mapas factoriales definidos, referentes a las zonas térmicas e hidrológicas.
4. Obtención de macro-áreas ganaderas bovinas, para apreciar la situación bioclimática cuantificada, de cada una de las ganaderías estudiadas en los países Centroamericanos incluidos en el estudio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 El clima, sus factores y elementos

Durante el siglo pasado, el concepto de clima de un lugar alcanzó forma concreta, significando lo típico y característico en el conjunto de los elementos meteorológicos del lugar, y por ende llevaba implícito lo anormal y extemporáneo. Otro concepto, sino opuesto al menos distinto, es el que se refiere a la combinación de los diferentes elementos meteorológicos en un lugar y en un momento dado. (48).

En el estudio del clima a veces se analizan las magnitudes y las modalidades de sus componentes, como la temperatura, humedad del aire, presión atmosférica, precipitación, viento, etc. y en otras ocasiones se indaga sobre las causas que determinan sus variaciones. En el primer caso se refiere a los elementos, y en el segundo, los factores del clima. (34). Los elementos podrían ser definidos como aquellas características que sirven para definir, evaluar y clasificar el clima; sus factores, con hechos astronómicos, geográficos y aún meteorológicos que determinan las particularidades de los elementos.

El factor astronómico fundamental del clima, es el movimiento diario y anual de la tierra, porque determina, para cada lugar de su superficie y, en cada momento de su tiempo, la relación sol-atmósfera, de la cual resultan las estaciones del año para la zona templada del planeta. A pesar de que este hecho es universalmente conocido, se considera que no es común el conocimiento de su mecanismo y de sus consecuencias en las diversas latitudes de la tierra. (34).

Así como los factores del clima son indispensables para interpretar la génesis y características esenciales de éste, los problemas específicos o de

aplicación exigen el análisis de la acción y la interacción de sus elementos que, en forma simple o combinada influyen sobre la productividad, en este caso particular, de los animales.(34,48).

La acción que ejerce el complejo climático sobre el desarrollo y la producción ganadera puede ser de dos tipos o formas: directa e indirecta. Es directa, cuando los elementos climáticos, radiación solar, temperatura, humedad, viento, precipitación, etc. determinan el grado de equilibrio, entre la fisiología del animal y el ambiente físico que lo circunda, el cual se ha denominado "confort" y que permite así, un buen aprovechamiento de los alimentos y la adecuada transformación de los mismos en elementos de producción ganadera, como son el crecimiento, producción de carne y leche y la reproducción. Es indirecta, cuando esos mismos elementos climáticos, determinan el nivel de producción de alimentos en el ambiente natural que los debe sustentar y contribuyen a su vez, al mayor o menor aprovechamiento del grado de "confort", y cuando favorecen a limitar sus enfermedades y parásitos, etc.(14).

2.2 Elementos del clima de acción directa sobre la Fisiología Animal.

2.2.1 Radiación solar

Sin duda, el elemento del clima más importante es la radiación solar que recibe la superficie terrestre. El sol, al ser la fuente de casi toda la energía disponible en la tierra, le es por cierto de la energía que constantemente se transforma en el proceso climático. Por ello se considera más como un factor del clima que como un elemento. No obstante su reconocida importancia, no es mucho lo que se sabe de ella actualmente, a causa de su complicada esencia y a las dificultades de su valoración. (54).

La radiación solar ejerce sobre los animales efectos unas veces be neficiosos y otras veces perjudiciales, dependiendo del balance calórico

del animal. Los elementos del tiempo más importantes que intervienen en el balance calórico de los animales son: los diferentes flujos de radiación, la temperatura del aire, su contenido de humedad y las condiciones del viento. (43,58).

La radiación es un elemento que se encuentra íntimamente ligado a la temperatura ambiental, siendo mayor su influencia en zonas tropicales especialmente en áreas secas y áridas. En un estudio sobre la calidad del pelaje del Shorthorn, expuesto a la luz solar y a la radiación, se demostró que la temperatura corporal aumentaba más en los animales de pelo largo, pero ésta temperatura no era extrema en animales de pelo corto y de pelo trasquilado, por la alta capacidad de retener los rayos calóricos los animales de pelaje largo. (20).

La evaporación del cuerpo, está ligada a la radiación y por tanto influye en el consumo de agua y en la pérdida de saliva. (11,38,46).

Un estudio sobre la influencia de la reflexión solar y determinación de la capacidad media efectiva de absorción, se comprobó que el pelaje del ganado Blanco Sulú tiene 49% de capacidad, el Africander 70% y el Aberdeen Angus 89%, probando sobre la mayor absorción de calor por el ganado de color oscuro con las consecuencias secundarias. (55).

Se ha demostrado que la radiación produce el "stress", afectando especialmente la producción, habiéndose estudiado la acción directa de los rayos del sol y los ultravioleta que son los que más afectan los procesos fisiológicos. La longitud de iluminación es independiente de la temperatura y puede incrementar en algunos casos la actividad sexual por acción de los rayos solares sobre la glándula pituitaria y otros órganos endocrinos y rechazarlo en otros casos. (32).

Los estudios realizados sobre el efecto de los rayos solares, han de-

mostrado que la temperatura corporal de vacunos expuestos al sol, aumenta en mayor proporción que en la ~~s~~ombra y que la ducha con agua fría es una solución para descender las temperaturas rectales de los animales expuestos a la acción directa del sol. (11).

Un estudio amplio sobre el problema de la radiación y su relación con la temperatura y su influencia en los animales, se demostró en un experimento donde se expusieron vacas a extremos de radiación y a temperaturas de 7,2, 21,0, y 37,0°C, tratamientos con los que la temperatura corporal y la respiración subieron paulatinamente cuando la intensidad luminosa fué aumentando. (67).

2.2.2 Temperatura ambiente

Elemento importante del clima que ha sido objeto de muchos estudios y es considerado el decisivo en la explotación pecuaria. Los ensayos de campo y laboratorio en cámaras con clima controlado, permiten concluir que la temperatura del aire determina en cierto modo el grado de bienestar de los animales y que, dentro de ciertos límites, la amplitud de la temperatura de bienestar es una característica de la especie o raza, de la edad de los individuos y del estado natural o artificial del equilibrio fisiológico en que se encuentran los animales. (33).

En un estudio con novillos, se observó que cuando la temperatura del aire estuvo entre 13,5 y 22,0°C no experimentaron alteraciones en su metabolismo (zona termoneutral), si la piel de los animales es normal, pero animales esquilados sometidos a temperaturas ambientales de 22°C se encuentran por debajo de la temperatura crítica. (21). En vacunos europeos se determinó que la temperatura crítica en animales en ayunas y con piel normal era de 13,0°C, mientras que en animales esquilados era de 23,0°C. (50). Se ha demostrado en forma más precisa que la zona de termoneutralidad en vacas

Aberdeen Angus se halla entre 15,0 y 25,0°C ; a temperaturas de 5,0°C se registró el fenómeno de piloerección y los escalofríos; a más de 5,0°C las vacas tiritaban en forma no continua y a más de 35,0°C registraban la respiración acelerada y la anorexia. (7). En este mismo estudio, además se calcularon las temperaturas críticas a diferentes niveles de alimentación, para vacas bien alimentadas 7,0°C, mal alimentadas 12,0°C y sin alimentar 18,0°C. (7).

Se han determinado las temperaturas críticas de los terneros Ayrshire, dándole valores de 13,0°C para los recién nacidos y 8,0°C cuando tienen 3 semanas de vida y determinaron una zona de termoneutralidad entre 11,0 y 19,0°C, por debajo de la primera empiezan los fenómenos de piloerección y vasoconstricción. (30).

Las acciones de las temperaturas ambientales sobre las funciones fisiológicas, en relación con el bienestar de los animales, han sido estudiadas bajo diferentes condiciones. En un trabajo con seis pares de vacas Holstein, Jersey, Guernsey se encontró que entre 26,0 y 29,0°C se encuentra un punto donde estos animales no pueden mantener el equilibrio de su balance calórico sin trastornos manifiestos como: anorexia, baja producción de leche y se altere la composición de ésta, al mismo tiempo que se observan aumentos en el ritmo respiratorio, en la temperatura rectal y en el pulso. (60).

En un estudio sobre el comportamiento de las razas de carne Aberdeen Angus, Shorthorn, Hereford y Africander, se concluyó que la raza Africander no es afectada por las altas temperaturas, en cambio se observó que las otras razas tuvieron problemas fisiológicos especialmente en las 4 y 5 horas siguientes al medio día. Se estableció que a temperaturas altas, se aumentan el número de respiraciones por minuto en la Shorthorn y Hereford

y no para la Africander; también hay altas pérdidas de saliva para las razas europeas, especialmente la Shorthorn. (11). Se ha demostrado en áreas tropicales que cuando la temperatura ambiental asciende a más de $26,6^{\circ}\text{C}$ hay mayor elevación de temperatura corporal, especialmente en el ganado europeo importado; además, esta alza de temperatura rectal afecta la constitución de la sangre como el índice de hemoglobina, el contenido de azúcar, el equilibrio ácido-básico y la relación suero-calcio. (11).

Se ha establecido que la temperatura crítica en Puerto Rico para la Holstein es de $24,0$ a $27,0^{\circ}\text{C}$, para la Jersey de $27,0$ a $30,0^{\circ}\text{C}$ y se indica además, que reduciendo la temperatura del ambiente a $15,0$ y $18,0^{\circ}\text{C}$ las funciones se normalizan, pero sí se eleva a $40,0^{\circ}\text{C}$ o más, prácticamente se inhibe la producción lactea. (29). En Filipinas el ganado Charolais es afectado en su respiración, temperatura rectal, etc., por la temperatura ambiental y consideran que no está adaptada esta raza. (56). En cambio en esta misma zona, se ha reportado que la raza Santa Gertrudis se adaptó bien aunque su respiración, pulso, temperatura corporal, fueron más bajas que las normales para la raza. (49).

La reproducción es un fenómeno fisiológico controlado por muchos sistemas. Desde luego se puede adelantar que ella puede ser influida directamente por la temperatura ambiental, en ocasiones alterando la formación de espermatozoides, óvulos y embriones y que muy especialmente actúa sobre las condiciones del medio interno donde los últimos se desarrollan. El traslado de razas de clima templado y frío a zonas calurosas, ha sido objeto de numerosas investigaciones, particularmente en razas productoras de carne. (69). Así al estudiarse el comportamiento de toros de las razas Africander, Holstein y Jersey en Sud Africa, se observó que los Africander no eran afectados por la elevación de la temperatura ambiental. En general se afirma, que cuando

la temperatura asciende a más de $41,0^{\circ}\text{C}$, mata los espermatozoides; también se señala que toros mantenidos a la sombra cubrieron vacas mantenidas al sol, la alta temperatura de ellas, tuvo efectos marcados contra la vitalidad del espermatozoide y éstas no concibieron. (11).

Estudiando la producción de semen en toros Rojo Danés, se encontró que temperaturas de $33,8$ a $42,0^{\circ}\text{C}$ afectan la calidad del semen, disminuyendo la cantidad del eyaculado, utilidad y número de espermatozoides por milímetro cúbico. (40). Por otro lado, estudios hechos en ambiente frío en cámaras climáticas y su comparación con ambientes normales, no se encontró diferencia significativa en la calidad del semen. (66). Se indica que se han encontrado bajos porcentajes de fertilidad en vacas cuando los toros viven a bajas temperaturas. (1). En zonas con verano caluroso e invierno de temperaturas bajas, hay pérdida de la fertilidad en vacas, lo que se demostró en la raza Holstein en Israel, donde las concepciones decrecieron en el invierno. (41). Se indica como regla general que para tener toros fértiles se debe tener un gradiente térmico de la zona abdominal testicular, no mayor de $5,0$ a $7,0^{\circ}\text{C}$. (70).

Sobre el celo de las vacas, se indica que el ganado Cebú en Africa Oriental, tiene períodos de celo muy cortos, apenas de una a una y media horas, que dificultan los programas de inseminación artificial. (32). Muchos datos demuestran que el problema es mayor en zonas calurosas, donde la inseminación puede reducir muchos problemas de esterilidad debidos al calor. (45).

Las razas Cebuinas no presentan diferencias del tamaño, desarrollo y peso de los terneros al nacer, según las estaciones del año. Se ha observado que vacas Africander, adaptadas al calor, servidas por toros Hereford, produjeron terneros más pesados al nacer; las vacas Hereford poco adaptadas y servidas por toros Africander, produjeron terneros poco pesados. Esta

diferencia se debe a la influencia del calor sobre la madre no adaptada. (9). La influencia de la temperatura ambiental sobre la iniciación de la pubertad, se ha estudiado en muchas razas bovinas; existe una experiencia con las razas Brahman, Shorthorn y Santa Gertrudis, donde se observó que a mayor temperatura ambiente, la pubertad se retardaba. Para obtener estas conclusiones se criaron las terneras a partir de un mes de edad a una humedad relativa de 50 y 70%, con periodos de oscuridad y luz iguales y a las temperaturas de 10,0 y 26,6^oC. Las terneras criadas a 26,6^oC llegaron a la pubertad en un promedio de 398 días y las criadas a 10^oC, la iniciaron a los 300 días. La demora en presentar la pubertad en el grupo criado a la temperatura alta, se atribuyó a un índice de crecimiento menor, motivado por el calor. (18).

El desarrollo comprende no sólo el crecimiento de los animales, sino que es suma de varios factores. Esta relación, se observa en primera instancia, cuando se trata de establecer una raza a un medio ambiente diferente al de su origen. Un hecho comprobado, es la disminución de peso y talla de las crías de razas europeas trasladadas a zonas térridas en comparación con el ganado Cebú, Africander y sus cruces. (10). Los bovinos adultos que son llevados a climas tropicales, son afectados tanto por la fatiga térmica como por las consecuencias de falta de consumo de alimentos (10,38,51,56). Por otro lado, las temperaturas bajas afectan el desarrollo de las crías y también la salud de los adultos. (46,69).

Un hábito que adquieren los vacunos mantenidos en ambientes cálidos consiste en la búsqueda de superficies con agua o de lugares donde hay aguas corrientes, como arroyos, canales, ríos. Estando allí, se introducen en la masa líquida y permanecen durante horas en ella. Otro signo indicador de incomodidad que manifiesta el bovino por las temperaturas ambientales elevadas, es el aumento del consumo de dicho elemento, ya que es un factor importante,

especialmente para la producción láctea, por eso las vacas lactantes y preñadas son las más afectadas por la sequía. (2).

2.2.3 Altitud

Es difícil considerar los efectos de los diversos elementos climáticos en combinación con los cambios de altura. Aunque evidentemente los cambios de altura moderados no afectan a los vacunos, las altitudes extremas tienen marcada influencia. Uno de los problemas más graves que se presentan en los vacunos, es el mal de las alturas, cuya naturaleza no está bien definida aún. Este trastorno no sólo reduce el crecimiento, la reproducción, las funciones fisiológicas y la producción sino que produce la muerte, principalmente en animales de alta producción o importados de zonas sobre el nivel del mar, sufriendola menos los animales de razas criollas. (3,31,47,69). Se menciona que mamíferos trasladados a más de 3,500 metros sobre el nivel del mar, presentaron esterilidad, citándose el caso también para humanos. Se hace énfasis en que la baja presión atmosférica causa trastornos en la espermatogénesis del macho, no encontrándose efecto similar en las hembras. (1).

La esterilidad causada por la altitud, ya sea aparente o total, es reconocida porque los animales tienden a presentar una piel muy gruesa, con una capa de grasa en el interior, lo que permite mantener y producir cierta temperatura. (56). En un estudio hecho en Filipinas para determinar las zonas apropiadas en temperatura y altitud para razas europeas, se encontró que las zonas favorables eran las que estaban de 1,200 a 1,300 m sobre el nivel del mar y con temperaturas de $-6,6$ a $18,0^{\circ}\text{C}$; en cambio las zonas desfavorables estaban entre 300 a 900 m sobre el nivel del mar y temperaturas de $21,0$ a $32,0^{\circ}\text{C}$, lo cual demuestra la función de la altitud en la temperatura, siempre que la primera no sea muy elevada. (55).

2.2.4 Precipitación y humedad relativa

Cuando se trata de establecer ganado en medio desfavorable, se tienen siempre dos extremos, uno que comprende la sequedad y el otro la extrema humedad, ambos pueden presentarse en los trópicos aunque la sequedad es también factor observado en regiones menos calurosas o frías. (32). En un estudio para determinar la influencia de la temperatura ambiente en la reproducción, se encontró que en toros Sophia Brown, sometidos a temperaturas ambientes de 18,0 a 24,0^oC y humedad relativa de 52 a 69%, hubo un cambio en la temperatura del escroto y cordón espermático, asociado con la reducción del volumen de eyaculado, concentración y motilidad. (62).

La sequedad afecta la producción de vacas lecheras preñadas, , ocurriendo inclusive muertes de vacas de 6 a 9 meses de preñez, mantenidas en lugares secos. (2). Se informa que en condiciones de sequedad, las novillas Hereford no tienen la misma productividad que en épocas húmedas, encontrándose que en época seca sólo se consigue 76% de gestaciones y sólo 28% en vacas lactantes en comparación con el 90% obtenido en época húmeda. (17).

La humedad relativa está asociada indudablemente con la temperatura, encontrándose valores extremos que afectan más a razas especializadas que producen bien en medios ambientales ideales. (67). En Venezuela se encontró que el índice de temperatura-humedad, no está acorde a los requerimientos de la raza Holstein y que afecta a dicha raza. (6). Por otro lado, se encontró que la producción de vacas criollas aumenta en la época de mayor precipitación pluvial, en cambio en el verano seco la producción disminuye. (8).

Se ha demostrado que hay correlación directa entre producción y la humedad relativa (22), aunque en Puerto Rico no se encontró correlación significativa para la producción láctea con razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo, Ayrshire, pero sí la encontraron para el ganado de carne. (29).

Se ha informado haber encontrado relación entre la precipitación y el consumo de ~~energía~~ energía para el Pardo Suizo, Jersey y Holstein, demostrándose que a mayor precipitación hay disminución del consumo de ~~energía~~ energía, mientras que a humedad baja, no hay influencia significativa. (67).

Enfocando la investigación a relaciones de nutrición y factor suelo, se ha afirmado que en zonas de extrema precipitación pluvial, hay deficiencias de calcio y fósforo con disminución de la fecundidad del ganado; en cambio las deficiencias de vitaminas, se presentan en mayor grado en regiones secas. (2).

2.2.5 Movimiento del aire

El viento actúa en el medio ambiente controlando la temperatura, la humedad y otros factores ecológicos de importancia, de tal manera, no se puede hablar del viento independientemente, sino de su relación con los demás elementos del clima.

En el uso provechoso del viento para controlar la extrema temperatura, se hizo un estudio sobre la influencia del viento en el ganado de carne mantenido a $32,0^{\circ}\text{C}$ de temperatura ambiente, encontrándose que los becerros Hereford aumentan de peso en mayores proporciones, cuando se administraba viento artificial durante la noche, aunque no hubo diferencias significativas con aplicación de viento en otras horas. (27). Por otro lado, comparando la aplicación de viento artificial y sombra, se obtuvo mayor ganancia de peso por día con el uso de sombra, aunque no hubo diferencias significativas y se concluye indicando, que el viento artificial favorece el descenso de la temperatura corporal cuando no hay sombra disponible. (27).

El semen de toros mantenidos en estable con temperaturas ambiente de 18 a 25°C , aumentó su calidad cuando se les aplicó viento artificial. (37). En zonas frías, el viento en conjunto con la temperatura y la precipitación

causan "stress" en el ganado vacuno. Sin embargo, cuando la humedad relativa es extrema, la baja temperatura y el viento afectan poco a los animales. Así mismo, sometiendo a vacas lecheras a velocidades de viento de 0,5 a 9 millas por hora, y a temperaturas de -3,0, 10,0 y 18,0°C no se encontraron efectos detectables en producción de leche, peso corporal, consumo de alimentos y agua, inclusive a temperaturas bajas. Las ventajas del sudor se evidencian especialmente, en el efecto de la ausencia del mismo que favorece el descenso de la temperatura corporal..(67).

2.3 Elementos del clima de acción indirecta sobre la producción ganadera en los trópicos.

La más importante influencia indirecta de los elementos del clima sobre el ganado, es la que se manifiesta a través de la producción del forraje, con respecto a su edad, calidad y época del año en que abunda o falta. En estos casos, la descripción climática se ha basado en los elementos climáticos que son responsables de la producción vegetal en cantidad y calidad, como la temperatura, precipitación y evapotranspiración, los cuales integrados pueden dar a conocer el balance de agua en el suelo. Estos elementos, que determinan el rendimiento cualitativo y cuantitativo de los forrajes, son posibles de considerar en las regiones tropicales.

La temperatura ambiente es siempre suficiente para el crecimiento, y por ende, para que la producción forrajera pueda sostener una población ganadera. (33). La precipitación exige una consideración especial por su mayor complejidad en las regiones tropicales y, sobre todo, en zonas de baja altura donde la humedad y la sequía se alternan con mucha intensidad en el curso del año.

Además del uso de un índice hídrico anual, el cual proporciona un criterio del grado de humedad o aridez de las diferentes regiones, es neces-

sario considerar la duración de la estación seca, la cual da un índice del tiempo en que es necesario proporcionar a los animales alimentación complementaria, y simultáneamente la magnitud del exceso de agua entre la precipitación y la evapotranspiración, orienta sobre la necesidad de suplementar la alimentación o de corregir el suelo, por la disminución en la calidad que experimentan los forrajes producidos en suelos lixiviados sobre todo de los elementos calcio y fósforo. (15).

La estimación del balance hidrológico por el método de Thornthwaite (64,65), proporciona los elementos necesarios para efectuar el análisis de la aptitud forrajera de las regiones tropicales. El criterio de humedad general puede definirse con el índice hídrico; la duración del período con alimentación suplementaria puede indicarse mediante el número de meses con deficiencias de agua, y el grado de lixiviación de los suelos, con los valores de la magnitud del exceso de agua en los mismos.

2.4 Antecedentes sobre métodos para determinar áreas homoclimáticas ganaderas.

2.4.1 Métodos que utilizan elementos del clima de acción directa.

El conocimiento de los elementos meteorológicos señalados anteriormente, en una red de estaciones suficientemente densa, permitiría el trazado de las regiones bioclimáticas ganaderas de un país sobre una base racional. En este trabajo se podría usar tanto los valores de aquellos elementos que se consideran aisladamente, así, como el de una expresión integral de todos o la combinación de algunos, posibilidad ésta que ofrecen los climogramas de Ball(5) y Wright (68), los diagramas de Lee (43) y los de la American Society of Heating and Ventilating Engineers (4), etc. Sin embargo, por las limitaciones de contar con escasos materiales meteorológicos disponibles, hacen difícil por el momento este trabajo en regiones tropicales.

2.4.2 Métodos que utilizan elementos del clima de acción indirecta.

La más importante influencia indirecta de los elementos del clima sobre el ganado, es la que se manifiesta a través de la producción del forraje, con respecto a su edad, calidad y época del año en que abunda o falta. En estos casos, la descripción climática se ha basado en los elementos climáticos que son responsables de la vida vegetal, como la temperatura, precipitación, evaporación y de los elementos climáticos que se puede resumir en forma general, los del balance de agua en el suelo. (33).

La forma más simple de describir la influencia de los elementos del clima que actúan indirectamente en la producción ganadera y que determinan homoclimas ganaderos, es posiblemente la que se realiza con los hiterógrafos de Huntington (36), Wright (68) y Landsberg (42), donde en un gráfico plano de coordenadas ortogonales se combinan valores de temperatura, precipitación, dirección de vientos, nubosidad y fenómenos especiales, etc., para obtener localidades aptas para especies y razas ganaderas.

Otra forma de descripción para la localización de homoclimas ganaderos, se basa en los elementos del balance de agua en el suelo. Así Gausson (28), ha generalizado y simplificado las diferentes relaciones entre temperaturas y precipitación en un gráfico ortogonal, donde se representan los meses y los valores absolutos de precipitación correspondientes al doble de la temperatura. Este modelo pudo ser sintetizado en un índice hidrológico (I H), relacionando los valores de la superficie del área húmeda y de la seca. De tal modo, los valores superiores a 1 serían de climas húmedos y los inferiores, de climas secos. (28).

El modelo de Thornthwaite (63) se representa en un gráfico plano de coordenadas ortogonales, donde la precipitación y la evapotranspiración potencial y real, se representan mensualmente sobre una misma escala; de esta

manera, es posible indicar en el gráfico las áreas de exceso y deficiencia de agua, así como las que corresponden a períodos en que el suelo la retiene hasta saturarse o que entrega la retenida por la evaporación. Con el modelo siguiente se ayuda a clasificar el clima de acuerdo al conocimiento de un índice hídrico(IH).

$$IH = \frac{(100 \times \text{Exceso de agua}) - (60 \times \text{Deficiencia})}{ETP}$$

En este caso, los valores positivos indican los climas húmedos y los negativos los áridos.(63).

En los sistemas mencionados se indican además, la forma en que los valores representados corresponden a un determinado tipo de vegetación, de acuerdo con el análisis de los autores. Del tipo de vegetación natural se puede deducir a su vez, gran parte de la influencia indirecta que el clima del lugar ejerce sobre la producción ganadera. Es el caso de un trabajo presentado en Colombia (53), donde se determinaron zonas de vida apropiadas para la ganadería ovina, siguiendo la metodología de observación de la vegetación natural propuesta en el Diagrama para la Clasificación de las Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo de Holdridge. (35).

Sin embargo, estos criterios resultaron insuficientes para su aplicación al desarrollo ganadero. Se hace necesario usar elementos más específicos y más significativos para la biología animal, que pueden no ser los mismos en todas las latitudes y en las diferentes circunstancias. La necesidad de contar en estos estudios, con una información de puntos ubicados, lo más densamente posible, sobre una extensión considerable, hizo necesario trabajar con elementos simples y de fácil observación. En realidad son los únicos disponibles, consiguiendo de esta manera obtener el criterio bioclimático, seguido de la selección de índices mediante la aplicación de muchas experiencias mencionadas sobre fisiología animal, y sus relaciones estableci-

das con índices climáticos y tipos de vegetación natural y de suelos. El ambiente tropical para el ganado, debe definirse sobre la base de la temperatura del aire, que es el elemento climático de observación corriente que representa mejor al balance de calor orgánico. Otros elementos importantes como humedad relativa, la radiación y el viento, aunque condicionan el efecto de la temperatura, no son tan conocidos como ésta. (33).

Un trabajo de esta naturaleza se realizó en Venezuela, en que se ensayó una tipificación o regionalización de los climas tropicales para la ganadería bovina de ese país, utilizando índices bioclimáticos fundamentados en los efectos psicofisiológicos de la temperatura ambiente, y de índices hidrológicos, que afectan directa e indirectamente el desarrollo y la producción de la ganadería en los trópicos. (15).

El conocimiento de los elementos meteorológicos señalados anteriormente en una red de estaciones relativamente densa, permitió el trazado de las regiones bioclimáticas ganaderas de un país sobre una base racional, y mediante la utilización de la metodología propuesta, se encontraron las diferentes zonas homoclimáticas y heteroclimáticas, para el caso particular de las ganaderías bovinas de origen de clima tropical, siendo el caso de las razas Cebuinas y los grupos Criollos, y para las ganaderías bovinas de origen de clima templado en Costa Rica. (24), y mediante la aplicación de esta metodología, se obtuvieron las correspondientes a los países Centroamericanos propuestos.

3. MATERIALES Y METODOS

El material utilizado para el presente trabajo fué obtenido de los registros de datos climatológicos de 765 estaciones meteorológicas de los países Centroamericanos del estudio (Cuadro No. 5), que se encuentra en los archivos de la oficina del Proyecto de Zonificación de Cultivos IICA-CTEI. Se obtuvieron de estos registros, los índices pecuoclimáticos y agroclimáticos usados por medio del registro, cálculo y estimación de los elementos integradores de los balances de agua en el suelo, para una capacidad de saturación de 125 mm. Los integrantes que formaron los balances hidrológicos mensuales usados para este estudio, fueron temperatura, humedad relativa, evapotranspiración potencial y real, precipitación, almacenaje y las magnitudes de las deficiencias y excesos de agua en el suelo.

El esquema metodológico propuesto para este estudio de zonificación, se hizo empleando la primera aproximación de detalle, que es el resultado de una expresión cartográfica sintética del análisis de variables pecuoclimáticas y agroclimáticas que inciden en la fisiología ambiental de la especie estudiada, y a un primer nivel de precisión pecuoclimática y agroclimática, por considerar balances hidrológicos en sus valores promedios. (26). La zonificación se realizó para los países de Costa Rica, Nicaragua, Guatemala, El Salvador y Honduras.

Para lograr esta primera aproximación y el primer nivel de precisión en la zonificación bioclimática, la metodología presenta las siguientes etapas sucesivas:

3.1 Primera etapa:

Determinación de los requerimientos pecuoclimáticos y agroclimáticos.

Se determinaron en forma análoga a los agroclimáticos usados en el

Proyecto de Zonificación Ecológica de Cultivos, deducidos de las relaciones bioambientales del ganado bovino, siguiendo las normas propuestas para la obtención de índices pecuoclimáticos y agroclimáticos. (16).

- a. Estudio del pecuoclima y agroclima del área de origen de la especie. Este elemento dió una información muy valiosa, ya que hay que suponer que en ella la especie se encuentra en una adaptación perfecta a las condiciones climáticas.
- b. Índices deducidos del pecuoclima y agroclima de las áreas donde la especie ha sido introducida con éxito.
- c. Índices pecuoclimáticos y agroclimáticos límites, deducidos donde la introducción ha fracasado. Estos índices dan el rango de adaptación de la especie a cada elemento climático que se considere decisivo.
- d. Índices pecuoclimáticos deducidos de las investigaciones de laboratorio y de campo, sobre influencias climáticas en el ganado bovino. (16).

Mediante las normas anteriores, se pudo determinar el bioclima de las especies bovinas consideradas y teniendo en cuenta que la amplitud comprendida entre los valores extremos de los índices, éstos se jerarquizaron para obtener los tipos pecuoclimáticos y agroclimáticos, que facilitaron la clasificación y permitieron establecer diferencias y analogías.

Los requisitos bioclimáticos térmicos fueron determinados en base de una extensa revisión de literatura, de experiencias personales, que permitieron según los casos, determinar el tipo bioclimático de las especies estudiadas (1, 2, 7, 9, 10, 11, 21, 29, 30, 32, 33, 40, 41, 45, 47, 49, 56, 60, 66, 69, 70).

3.1.1 Requerimientos térmicos

Los requerimientos térmicos determinados para la ganadería bovina de clima tropical y templado, se observan en el cuadro 1. Estos requerimientos

se basan en las normas de bienestar, definidas por la aplicación de las usadas para buscar los índices bioclimáticos. Presentan cada uno de los tipos pecuoclimáticos su correspondiente clasificación del 1 al 5, siendo el primer número, o sea el 1, la mejor categoría y 5 la peor.

3.1.2 Requerimientos hídricos

En el caso de la determinación de los requerimientos hídricos, la información compilada en la revisión bibliográfica fué hecha para los pastos y se obtuvo en forma general y extremadamente variable. (2, 17, 32, 67).

De acuerdo con las normas propuestas anteriormente, se considera que la aptitud ganadera bovina debe estimarse sobre la base de tres criterios hidrológicos. Así el balance hidrológico estimado, puede determinar el grado de humedad o aridez de los climas; las fases de duración del período con alimentación complementaria y el grado de lixiviación de los suelos. El balance hidrológico estimado por el método de Thornthwaite (64, 65), el cual fué modificado en varios aspectos como se verá más adelante, puede proporcionar los elementos necesarios para efectuar el análisis de la aptitud forrajera en la forma referida anteriormente.

Los valores que se proponen para caracterizar el régimen hidrológico y que determina la aptitud forrajera de las regiones, se muestra en el Cuadro 2. En él se incluyen los índices numéricos y sus clasificaciones correspondientes a la mejor o peor aptitud del índice. Para el caso de las zonas hídricas y de alimentación complementaria se consideraron cinco índices cada una con sus respectivas cinco clasificaciones, lo que no sucedió para las zonas de alimentación suplementaria, que sólo se le dieron tres índices y sus tres clasificaciones, teniéndose en cuenta, que la lixiviación puede estar afectada no sólo por las precipitaciones, las cuales a su vez, influyen sobre la acidéz o alcalinidad del suelo, sino que también, el material paren-

tal puede afectar intensamente esta característica determinante del valor nutricional del forraje.

3.2 Segunda etapa.

Estimación de los elementos meteorológicos del estudio.

Teniendo en cuenta que los servicios de meteorología son deficientes en los países del estudio, por ser la mayoría de las estaciones del cuarto orden o pluviométricas solamente, como se puede observar en el Cuadro 5, fué la razón para estimar diversos elementos climatológicos que sirvieron posteriormente en el análisis agroclimático y pecuoclimático detallado.

Los procedimientos que se siguieron para las estimaciones de los elementos meteorológicos fueron así:

3.2.1 Estimaciones térmicas.

Para Costa Rica las estimaciones térmicas se realizaron empleando el procedimiento de De Fina y Sabella. (19). La precisión de esta estimación fué comprobada por Montoya y García (50), siendo alta su confiabilidad. Las ecuaciones obtenidas se pueden observar en el Cuadro 6.

En el caso de la estimación térmica para localidades carentes de información térmica de los otros países del estudio, se empleó la técnica de estimación por el establecimiento de la relación existente entre la temperatura y la altura. En el Cuadro 7 se pueden observar las ecuaciones de estimación térmica media mensual para cada uno de los países restantes del estudio.

3.2.2 Estimación de la humedad relativa.

La humedad relativa sólo fué estimada para Costa Rica, ya que se usó para este país en el balance hídrico, una fórmula de evapotranspiración potencial que incluye dicha variable. El método de su estimación es descrito por García y Montoya (25), teniendo comprobada una alta confiabilidad.

3.2.3 Balance hídrico

En el análisis pecuoclimático y agroclimático se requiere de un estudio relativo al balance hídrico mensual. En este caso particular, el análisis fué realizado para cada una de las localidades de las cuales se disponía de información meteorológica real o estimada.

Para que el análisis del balance hídrico tienda a determinar en forma precisa cada una de las variables agroclimáticas necesarias para las estimaciones de los tres criterios hidrológicos referidos anteriormente, se siguió el método de Thornthwaite y Mather (64, 65) modificado en los siguientes aspectos: la evapotranspiración potencial fué obtenida para Costa Rica, por la metodología propuesta por García y López (23), los cuales en su fórmula requieren valores de humedad relativa, pero se ajusta mejor a las condiciones tropicales, estando comprobado experimentalmente por Legarda y Forsythe. (44).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial de los otros países se usó la fórmula de Papadakis.(52). Esta fórmula presentó la ventaja de requerir solamente parámetros térmicos y de ser más precisa que otras fórmulas similares de zonas templadas usadas para las condiciones tropicales. (23, 44). Otra modificación, fué el de no haber seguido la tabla que Thornthwaite propone para estimar la capacidad de retención de agua en el suelo para diferentes combinaciones de éste y la vegetación. En esta forma, el almacenaje de agua en el suelo se calculó en base de valores medios de capacidad de campo y punto de marchitez, asumiendo profundidades radiculares específicas para los estudios, en este caso particular los pastos, que correspondan aproximadamente a la profundidad en la cual se absorbe el 90% del agua usada por las plantas. Para este caso correspondiente, se usó una capacidad de saturación de agua en el suelo de 125 mm. Para el cálculo del Índice Hídrico (IH) de cada estación meteorológica, se usó el modelo empleado por Thornthwaite (63), implantando la relación existente entre la deficiencia y el exceso, con

la evapotranspiración potencial encontrados al realizar los diferentes balances hídricos. Como ejemplos, se pueden observar en los cuadros 8,9,10, 11, 12, algunos balances hidrológicos mensuales de algunas estaciones meteorológicas de cada uno de los países Centroamericanos.

3.3. Tercera etapa:

Elaboración de mapas factoriales

Se usan mapas básicos que puedan reproducirse en copias, donde se dé una expresión cartográfica a los diversos valores analizados de las variables estudiadas anteriormente; mediante el ploteo y el análisis de cada uno de los mapas correspondientes a cada variable, se obtiene una expresión verdadera de la situación pecuo-climática y agroclimática de cada país. De acuerdo a lo anterior, se elaboran mapas factoriales en base a la información obtenida de las etapas primera y segunda.

Los fondos cartográficos usados, corresponden a diversos mapas hipsométricos oficiales en la escala de 1:500.000 que tienen los países estudiados.

Se plotearon y analizaron los siguientes mapas para cada uno de los países del estudio: zonas térmicas ganaderas, zonas hídricas, zonas de alimentación complementaria y zonas de alimentación suplementaria en base de los índices agroclimáticos y pecuo-climáticos propuestos en los cuadros 1,2.

3.4 Cuarta etapa:

Síntesis cartográfica sucesiva.

Por medio del método simple de superposición y síntesis sucesiva se realizó esta etapa. Una primera síntesis se logró al superponer los mapas factoriales correspondientes a las variables de zonas térmicas y zonas hídricas, superponiendo el mapa factorial de zonas hídricas sobre el de las zonas térmicas. Después, sobre esta síntesis parcial, se superpuso el mapa de zonas de

alimentación complementaria y por último, el de las zonas de alimentación suplementaria, para lograr de esa manera una síntesis cartográfica final, como se presenta en los mapas 1, 4, 7, 10 y 13. A cada zona definida, se le colocó el respectivo número de clasificación del índice pecuo-climático y agroclimático, presentando de esta manera el mapa final síntesis, áreas definidas e identificadas por un quebrado con dos números en el numerador y dos en el denominador. En el numerador, el número de la izquierda corresponde a la clasificación de la categoría térmica y el de la derecha a la correspondiente a la zona hídrica. En el denominador en el mismo orden, las clasificaciones de las categorías de las zonas de alimentación complementaria y suplementaria respectivamente.

Teniendo en cuenta todos los pasos sucedidos, se trabajó en base de obtener áreas homoclimáticas y heteroclimáticas para la ganadería bovina, mediante la obtención, expresión y cartografía de una serie de índices que se denominaron en zootecnia pecuo-climáticos y agroclimáticos, abandonando el concepto clásico de clima en este tipo de trabajos aplicados por el de pecuo-clima y agroclima, el cual se ha definido, como el conjunto de características climáticas determinantes de otras que son su consecuencia, que en sus valores de intensidad, duración, frecuencia y época, posibilitan el establecimiento de una especie determinada (16, 14).

3.5 Quinta etapa:

Macro-áreas ganaderas bovinas.

Con las finalidades de tener una mejor apreciación de la situación ganadera bovina de los países del estudio, desde el punto de vista bioclimático, se establecieron macroáreas las cuales se clasifican de acuerdo a lo propuesto en el Cuadro 3. Estas macro-áreas se obtienen sumando los números del quebrado de cada una de las áreas definidas del mapa síntesis fi-

nal, para cada una de las ganaderías bovinas, es decir, la ganadería bovina de clima tropical y la de clima templado como se presenta en los mapas 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14 y 15. Este intento de definición de macro-áreas mediante la suma de los quebrados, si bien no tiene una gran precisión, reúne las condiciones suficientes para adoptarlas aquí en esta primera aproximación y primer nivel de precisión. Se tuvo conciencia que al efectuar la simple operación aritmética referida, se consideró que los índices sumados tienen el mismo valor absoluto. Por ello, para efectuar una mejor discriminación de las áreas estudiadas se tendrá que recurrir a un análisis estadístico-matemático discriminatorio, como el Análisis de Componentes Múltiples, u otros análisis que logren detallar el valor real de cada índice y que sea comparable con los demás índices. Esto forma parte de la metodología a la altura de un segundo y tercer nivel de precisión, siendo por ello que no se empleo en el presente trabajo.

Una vez obtenidas estas macro-áreas se planimetraron y de acuerdo a la clasificación propuesta, se hizo una cuantificación de cada una de ellas en cada país del estudio, como se presente en el Cuadro 4, el cual muestra la cantidad en kilómetros cuadrados y en porcentaje de cada categoría de las macro-áreas propuestas en el Cuadro 3.

3.6. Sexta etapa:

Elaboración de mapas e informes

Esta etapa consiste en el dibujo de los mapas finales de la síntesis cartográfica y de las macro-áreas ganaderas bovinas para cada uno de los países Centroamericanos propuestos, mediante el diseño del material cartográfico, las leyendas y textos que los acompañan, siguiendo las reglas y normas establecidas para este fin, en el Proyecto de Zonificación Ecológica de los Cultivos del IICA-CTEI.

Cada una de las unidades delimitadas en los mapas finales síntesis, se encuentran calificadas por medio de un quebrado como se indicó anteriormente.

Una vez elaborados cada uno de los mapas finales de los respectivos países, se procedió a su reducción de tamaño para la presentación final en este trabajo de tesis. Por esta razón se hizo un análisis preliminar exhaustivo de cada uno de ellos y de los mapas básicos de trabajo de las zonas térmicas e hidrológicas ganaderas bovinas, que no aparecen en este trabajo, con la base comparativa del mapa oficial político de cada país. En igual escala que éstos, es decir, 1:500.000, para tener de esta manera una mayor confiabilidad del informe en la parte correspondiente a los Resultados y Discusión de este trabajo.

Para alcanzar una mayor y mejor agilización y comprensión de los Resultados y Discusión de cada mapa de los respectivos países estudiados, se analizaron por separado, quedando definidos cada uno de ellos de la manera siguiente, para cada uno de los países Centroamericanos:

Mapa 1, de la síntesis factorial final para Costa Rica,

Mapa 2, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima tropical para Costa Rica

Mapa 3, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima templado para Costa Rica

Mapa 4, de la síntesis factorial final para Nicaragua

Mapa 5, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima tropical para Nicaragua

Mapa 6, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima templado para Nicaragua

Mapa 7, de la síntesis factorial final para El Salvador

Mapa 8, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima tropical para
El Salvador

Mapa 9, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima templado para
El Salvador

Mapa 10, de la síntesis factorial final para Guatemala

Mapa 11, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima tropical
para Guatemala

Mapa 12, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima templado para
Guatemala

Mapa 13, de la síntesis factorial final para Honduras

Mapa 14, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima tropical para
Honduras

Mapa 15, de las macro-áreas ganaderas bovinas de clima templado para
Honduras

La parte correspondiente a la presentación del informe resultante de la comparación de los mapas de la síntesis factorial, macro-áreas ganaderas bovinas y los mapas básicos de trabajo de las zonas térmicas e hidrológicas, con la del mapa oficial político de cada país, se realizó a un nivel de la unidad política principal, presente en dichos mapas oficiales, dejando aparte detalles geográficos que en algún momento pueden ser de importancia para los planificadores o utilizadores del trabajo; por ello, el material cartográfico de la síntesis final y el de las macro-áreas en la escala usada, permanecerá archivado en el Departamento de Ganadería Tropical del CTEI.

5. DISCUSION

En base a los resultados encontrados en el estudio de las relaciones de los componentes del clima que actúan en forma directa haciendo especial referencia de la manera de accionar de la temperatura ambiental sobre la producción animal, debido a que éste es un elemento meteorológico de fácil medición y estimación, se obtuvieron los tipos e índices pecuoclimáticos y agroclimáticos específicos, para los tipos de ganadería bovina que se explotan en los países Centroamericanos. De esta manera, se consiguieron las zonas térmicas ganaderas bovinas (Cuadro 1), que permitieron hacer el análisis bioclimático en cada uno de ellos.

Los países Centroamericanos cuentan con zonas térmicas aptas para la explotación y desarrollo de las ganaderías bovinas de clima templado y tropical, definidas por presentar éstas (Cuadro 1), el índice térmico óptimo para los ganados bovinos estudiados. Es el caso de la zona temperada fría, que se ha clasificado como la zona térmica ganadera bovina excelente para los bovinos de clima templado, siendo ésta, relativamente pequeña y se encuentra principalmente en las partes de altura de los países Centroamericanos estudiados. La zona térmica temperada cálida, la cual se clasifica como la óptima para la ganadería bovina de clima tropical, abarca regiones más extensas en los países Centroamericanos, ocupando principalmente lugares de mediana altura. Se encuentran además distribuidas las restantes zonas térmicas ganaderas bovinas, en el territorio Centroamericano, demostrándose de ésta forma que este país posee una gran variedad de condiciones térmicas que de acuerdo a la jerarquización de los tipos e índices pecuoclimáticos, favorecen o desfavorecen el desarrollo bovino de estos países.

Existen antecedentes de trabajos realizados en donde en forma similar al presente estudio, han experimentado ciertas metodologías utilizando algunos

elementos físicos del ambiente que actúan en forma directa sobre los animales para la obtención de áreas homoclimáticas para determinada especie animal. De los métodos usados cabe referirse a los climodiagramas o climogramas que permitieron expresar valores integrales de un mayor significado bioclimático. (4,5,43,68).

El climograma de Ball(5), ilustra la aptitud del clima con respecto al hombre, siendo más tarde usado para describir la aptitud del clima para determinadas razas pecuarias, relacionando dos elementos del balance calórico del animal, que son la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire. (5).

Utilizando este sistema gráfico Wright (68), presenté los climodiagramas típicos para diversas razas bovinas, donde se pudo apreciar la utilidad de esta metodología para obtener áreas homoclimáticas específicas.

Otros métodos que utilizan elementos climáticos de acción directa, permitiendo el análisis del clima local para el bienestar animal, son los que relacionaron experimentalmente la carga y disipación calórica. Es el caso del climodiagrama de la American Society of Heating and Ventilating Engineers (4), donde se intentó tipificar las condiciones de bienestar del hombre en lugares internos, usando como elementos básicos de las condiciones ambientales, las temperaturas de los termómetros de bulbo seco y húmedo y la humedad relativa. (4).

Lee (43), mediante su metodología compara los resultados obtenidos en condiciones variables de temperatura y humedad, transportadas sobre un gráfico de temperatura-tensión de vapor, para determinar índices antropoclimáticos de tensión termal en normas de bienestar. (43).

En la aplicación de los métodos que utilizan los elementos del clima que tienen una acción directa sobre los animales domésticos, se hace necesario tener en cuenta que éstos tienen más aptitud que el hombre para resistir

las condiciones de baja temperatura y menos para las de alta temperatura. Con respecto a los bovinos en particular y a sus diferentes razas se pueden deducir normas similares de trabajos experimentales, como los realizados en la Universidad de Missouri(U.S.A.), y en el Hannah Dairy Research Institut(Inglaterra), etc., que permiten deducir el grado de bienestar que producen los diferentes elementos del clima que actúan en forma directa sobre la producción animal, como las condiciones variadas de temperatura, humedad relativa, viento, radiación, etc.

La acción indirecta que ejerce el clima sobre el desarrollo y la producción bovina, se estimó en base de tres criterios hidrológicos (Cuadro 2), para obtener zonas hídricas, de alimentación complementaria y de alimentación suplementaria en los países Centroamericanos estudiados. Estas zonas fueron designadas y clasificadas siguiendo las normas de obtención de los tipos pecuoclimáticos y agroclimáticos (16), de acuerdo a los rendimientos en cantidad y calidad de los forrajes.

Los países Centroamericanos estudiados presentan zonas hídricas caracterizadas por tener una marcada influencia del clima perhúmedo exceptuando El Salvador y gran parte del área estudiada en Honduras que tienen un clima subhúmedo predominante. Estos últimos, no presentan zonas con clima árido y Costa Rica, Guatemala y El Salvador, además de no presentar zonas con esta característica climática, no tienen zonas con clima semiárido.

Las zonas que hidrológicamente se definen como zonas de alimentación complementaria, de acuerdo al número de meses al año con deficiencias de agua en el suelo(Cuadro 2), corresponden por su mayor extensión a los países de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala. Estos países tienen necesidad de dar ocasionalmente una alimentación complementaria a los bovinos (ensilaje y henos), por no tener éstos, lugares donde las deficiencias de agua en los suelos sean mayo -

res de tres meses al año. El Salvador y Honduras en gran parte de sus territorios, requieren de una alimentación complementaria periódica regular y Honduras en regiones relativamente extensas, requiere de alimentación complementaria moderada, debido a que tienen de tres a cinco meses al año con deficiencias de agua en el suelo. Los países Centroamericanos no poseen zonas que requieran de alimentación complementaria permanente para los ganados bovinos, puesto que en ninguna zona de éstos, se presentan casos de deficiencia de agua en el suelo de 11 a 12 meses al año.

Las zonas de alimentación suplementaria determinadas por los excesos de agua en el suelo, de acuerdo al grado de lixiviación y fijación de elementos minerales esenciales en la dieta de los bovinos especialmente del fósforo (20), y de la calidad energética y protéica de los forrajes producidos en suelos lavados(67), establecieron la necesidad de una suplementación mineral, energética y protéica de los ganados bovinos de los países Centroamericanos.

Existe la necesidad de suplementar en forma intensa en la mayoría de las regiones de Costa Rica, Nicaragua, El Salvador y Guatemala, por tener esas regiones exceso de agua en el suelo mayores de 800 mm. Existen algunas pocas zonas de estos países que necesitan suplementar en forma regular y moderada. En Honduras, la mayor parte de las regiones del país, requieren de una alimentación suplementaria regular, debido a que esas regiones los excesos de agua en el suelo anualmente están entre 400 a 800 mm. Existen algunas pocas zonas que necesitan de suplementarse en forma moderada y otras en forma intensa.

Trabajos similares al presente estudio donde se han experimentado métodos para obtener zonas homoclimáticas, usando algunos elementos meteorológicos que actúan en forma indirecta sobre la producción animal los cuales son determinantes de la cantidad y calidad del forraje producido. La forma más simple de esta descripción metodológica es probablemente la que se realizó

con el hiterógrafo o hiterograma propuesto por Huntington et al (36), donde se basó posiblemente en el climograma de Ball (5), combinando valores de temperatura y precipitación en un gráfico para ilustrar trabajos geográficos de homoclimas. Los hiterógrafos de Landsberg (42), incluyen además de la temperatura y la precipitación otros elementos tales como la dirección y fuerza del viento, nubosidad, etc., para representar homoclimas.

Otros modelos experimentales de descripción de homoclimas que en forma similar al presente estudio utilizan los elementos del clima de acción indirecta e integrantes del balance de agua en el suelo, para determinar condiciones de analogías climáticas para los animales domésticos, son los descritos por Guassen (28), Thornthwaite (63) y Budiko.(13). En el primero(28), se generalizan y simplifican las diferentes relaciones entre la temperatura y la precipitación para de esta manera, el período seco del año se indica cuando la temperatura se desarrolla por encima de la precipitación, y el período húmedo a la inversa, cuando la precipitación supera la curva de la temperatura. Este modelo puede ser sintetizado en una cifra de índice hídrico (IH), relacionando los valores de la superficie del área húmeda y la seca de tal manera que los valores de IH superiores a 1, serán de climas húmedos y los inferiores a 1 serán los de climas secos. (28).

El modelo de Thornthwaite(63), se representa en un gráfico donde la precipitación y la evapotranspiración potencial y real se colocan en su secuencia mensual sobre una misma escala, para de esta forma indicar las áreas con excesos y deficiencias de agua y también las que corresponden a períodos en que el suelo retiene agua hasta saturarse, o la que entrega de la retenida, para la evapotranspiración. (63). Este modelo puede sintetizarse utilizando un IH relacionando la magnitud de los excesos y las deficiencias de agua con la evapotranspiración potencial, de tal forma, los valores positivos del IH indi

can los climas húmedos y los negativos, los climas secos. (63).

Budiko (13), propuso un modelo sintético del balance de agua local para tratar de determinar homoclimas, relacionando el balance de radiación y el calor de evaporación de la precipitación, ambos en sus valores anuales. De esta manera, los valores inferiores a 1 indican los climas húmedos y los superiores, los climas áridos. (13).

El modelo utilizado en el presente trabajo y en otros similares (13, 28, 53), donde se indica la acción indirecta del clima sobre la vegetación natural y mediante un análisis empírico se establece la presencia o ausencia del forraje, determinante de analogías y diferencias bioclimáticas para determinadas especies ganaderas. La determinación de la cantidad y calidad del forraje por medio de variables agroclimáticas como en el presente trabajo, es más confiable que cuando se toma en cuenta la simple observación de la vegetación natural. Un trabajo realizado en Colombia (53), donde por la observación de la vegetación natural, se determinaron las condiciones climáticas de las áreas para establecer la zonas de vida apropiadas a la ganadería ovina, de acuerdo con el Diagrama para la Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo propuesto por Holdrige. (35).

Sin embargo los criterios de los modelos experimentales que utilizaron elementos meteorológicos de acción directa e indirecta sobre los animales domésticos resultan insuficientes para su aplicación al desarrollo ganadero. Se hace necesario entonces, usar metodologías y elementos más específicos y más significativos para la biología animal, que pueden no ser los mismos en todas las latitudes y en las diferentes especies y circunstancias. Por ello, hay la necesidad de contar en estos estudios con una información climatológica en puntos ubicados lo más densamente posible en una extensión considerable, trabajando con elementos meteorológicos simples y de fácil observación, para con-

seguir de esta manera, el criterio pecuoclimático y agroclimático, seguido de la selección de sus índices, mediante la aplicación de las experiencias mencionadas sobre fisiología ambiental animal y las relaciones establecidas de estos índices con los que se definen los tipos de vegetación natural y los suelos, o sea los agroclimáticos, determinantes de la presencia o ausencia de los forrajes.

Un trabajo que sirvió de pauta para zonificar y obtener áreas bioclimáticas ganaderas bovinas en Costa Rica(24), fase inicial del presente trabajo, fué realizado en Venezuela (15), en el cual se ensayó una tipificación y regionalización del clima tropical para su ganadería bovina, utilizando índices bioclimáticos fundamentados en los efectos psicofisiológicos de la temperatura ambiente y en índices hidrológicos, que afectan directa e indirectamente el desarrollo y la producción de la ganadería bovina en los trópicos.

Por la definición de las zonas térmicas e hidrológicas ganaderas bovinas, la síntesis factorial en cada uno de los países Centroamericanos y la agrupación en macro-áreas cuantificadas siendo poseedoras de una relativa homogeneidad climática (Cuadros 3,4) se presentará la discusión relativa a la situación global bioclimática ganadera bovina de los países Centroamericanos estudiados. Estos, para el caso particular de la ganadería bovina de clima tropical (mapas 2,5,8,11,14), presentan zonas bioclimáticas excelentes para este tipo de ganadería bovina con excepción de Costa Rica y El Salvador, de acuerdo a los criterios bioclimáticos seguidos. Honduras presenta la mayor extensión de zonas bioclimáticas excelentes, situadas en varias regiones de la zona atlántica, la cual se caracteriza por tener una población bovina relativamente alta del total de la población bovina del país. Nicaragua, presenta también algunas zonas bioclimáticas excelentes para la ganadería bovina de clima tropical, estando situadas principalmente en la zona montañosa central y algunas

en la región ganadera del norte del país. Guatemala presenta unas pocas áreas con condiciones bioclimáticas excelentes para la ganadería bovina de clima tropical, estando situadas en regiones de los departamentos de Quiché, Jalapa e Izabal.

Los países Centroamericanos presentan zonas bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima tropical, estando igualmente favorecido Honduras por tener mayor cantidad de áreas con esta condición, las cuales se encuentran en casi todos los departamentos del país. Nicaragua presenta una cantidad apreciable de áreas con este tipo de características bioclimáticas, estando localizadas en la zona montañosa central y en la zona central norte. Guatemala, también presenta una cantidad relativamente grande de zonas con características bioclimáticas muy buenas para ganadería bovina de clima tropical, estando localizadas en regiones de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, Guatemala, Chimaltenango y Santa Rosa. El Salvador posee también varias zonas con características bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima tropical, de un tamaño mucho menor que en los otros países referidos anteriormente. Estas zonas se encuentran situadas principalmente en la zona norte y central del país específicamente en áreas de los departamentos de Santa Ana, Sonsonate y La Libertad. Costa Rica presenta la menor cantidad de áreas con características bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima tropical, estando localizadas principalmente en el pacífico seco y en la parte de la zona central del país.

Todos los países Centroamericanos presentan zonas bioclimáticas buenas para la explotación de bovinos de clima tropical, siendo Nicaragua el país que mayor cantidad de áreas presenta con esta característica bioclimática. Estas, se encuentran localizadas en la zona pacífico y central norte. Honduras,

posee relativamente una extensión grande de áreas con características bioclimáticas buenas para el ganado bovino de clima tropical, estando presentes principalmente en la zona atlántica y central del país. Costa Rica, presenta también algunas zonas con características bioclimáticas buenas, localizadas principalmente en el pacífico seco y algunas en las zonas de la vertiente atlántica. En el Salvador, más de la mitad de su territorio posee áreas con características bioclimáticas buenas para el desarrollo de ganados bovinos de clima tropical y Guatemala posee también áreas bioclimáticas buenas para este tipo de ganado, presentes en casi todas las regiones de los departamentos del país.

Los países estudiados de Centroamérica, presentan áreas bioclimáticas regulares para los bovinos de clima tropical, donde Nicaragua y Costa Rica presentan la mayor extensión de áreas con esta característica. En Nicaragua la mitad de su territorio tiene áreas bioclimáticas regulares para este tipo de ganadería bovina, estando localizadas principalmente en la zona pacífica y atlántica del país. En Costa Rica estas áreas, ocupan más de la mitad del país estando localizadas principalmente en la zona atlántica y zona del pacífico sur.

La mitad del territorio de Guatemala, es regular bioclimáticamente para la explotación de bovinos de clima tropical, presentando esta característica en muchas de las regiones de los departamentos del país. Honduras cuenta con algunas áreas bioclimáticas regulares, localizadas principalmente en la zona central y sur del país. El Salvador, también posee áreas bioclimáticas regulares para el ganado bovino tropical de una extensión relativamente pequeña, localizada principalmente en la zona central y costera del país.

Algunos países Centroamericanos, presentan áreas con características bioclimáticas malas para la ganadería bovina de clima tropical. Guatemala tiene la mayor extensión de áreas con esta característica, localizadas principal-

mente en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Quezaltenango, Sololá, Chimaltenango, Santa Rosa y Suchitepéquez. Honduras presenta también algunas pocas áreas bioclimáticas malas localizadas en el departamento de Colón. Costa Rica presenta unas áreas de poca extensión bioclimáticas malas para la ganadería bovina de clima tropical, localizadas principalmente en las partes superiores de la Cordillera Central y de Talamanca.

Ninguno de los países Centroamericanos presenta áreas con características bioclimáticas muy malas para la explotación de la ganadería bovina de clima tropical.

En la situación global de las macro-áreas bioclimáticas ganaderas bovinas de clima templado (mapas 3,6,9,12,15), se observa que según la metodología seguida en el presente trabajo, Costa Rica, Guatemala y El Salvador no poseen áreas excelentes para este tipo de ganado bovino. Del resto de países, Honduras posee la mayor área bioclimática excelente para la ganadería bovina de clima templado, localizado en núcleos aislados en algunas regiones de la zona atlántica y central del país. Nicaragua tiene áreas bioclimáticas excelentes localizadas en las partes superiores de la Cordillera Dariense.

Costa Rica no presenta áreas bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima templado. El resto de países Centroamericanos estudiados presentan áreas bioclimáticas muy buenas, siendo Honduras el país que mayor extensión de estas áreas presenta, estando localizadas en casi todo el territorio del país en forma de núcleos y fajas. Guatemala presenta unas zonas relativamente medianas con características bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima templado, localizadas principalmente en los departamentos de Huehuetenango, San Marco, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Guatemala, Jalapa, Jutiapa, Chiquimula, Zacapa e Izabal. Nicaragua presenta unas áreas bio-

climáticas muy buenas para la ganadería de clima templado, localizadas principalmente en la zona central norte del país. De igual manera, El Salvador, posee algunas pocas áreas bioclimáticas muy buenas para la ganadería bovina de clima templado, localizadas en el norte del departamento de Santa Ana.

De los países Centroamericanos estudiados, Honduras presenta la mayor extensión de áreas bioclimáticas buenas para los bovinos de clima templado, ocupando una considerable parte del país. Le sigue Guatemala en extensión de áreas bioclimáticas buenas para la ganadería bovina de clima templado ocupando una posición casi idéntica de la analizada en las áreas bioclimáticas muy buenas en este país. Nicaragua también presenta algunas áreas bioclimáticas buenas para los bovinos de clima templado, localizadas principalmente en la zona montañosa central y en la zona central norte. Costa Rica, presenta algunas pocas áreas bioclimáticas buenas para la ganadería bovina de clima templado, estando localizadas principalmente en las partes de alturas medias y superior de las Cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Central y de Talamanca y unas pequeñas áreas en la zona central del país. El Salvador, posee unas pocas áreas bioclimáticas buenas para los bovinos de clima templado, estando estas localizadas principalmente en la zona norte y central del país.

Todos los países Centroamericanos poseen áreas bioclimáticas regulares para la ganadería bovina de clima templado, principalmente Nicaragua y Guatemala. En Nicaragua estas áreas se presentan en gran extensión ocupando gran parte del país. En Guatemala, se presenta en casi la mitad del territorio del país distribuidas en la mayoría de los departamentos. La mitad del territorio de Costa Rica, presenta áreas bioclimáticas regulares para la ganadería bovina de clima templado, localizándose principalmente en la zona atlántica y del pacífico sur. Honduras presenta unas pocas áreas bioclimáticas regulares para el ganado bovino de clima templado localizadas principalmente en

las zonas atlántica y central del país. En El Salvador, la casi totalidad del territorio del país, presenta características bioclimáticas regulares para la ganadería bovina de clima templado.

Los países Centroamericanos todos presentan áreas bioclimáticas malas para la ganadería bovina de clima templado, siendo Nicaragua, Guatemala, Costa Rica, los que mayor cantidad de estas áreas poseen, siendo un porcentaje relativamente alto para estos países. En Honduras y El Salvador estas áreas bioclimáticas regulares, son de mucha menor extensión. Ninguno de los países Centroamericanos presenta áreas con condiciones bioclimáticas muy malas para la ganadería bovina de clima templado.

Sobre el grado de confiabilidad de la zonificación bioclimática ganadera bovina realizada en el marco de este trabajo de tesis, corresponde a la atribuida a la información utilizada en cada una de las etapas metodológicas del mismo. Es decir, viene dada esta confianza en varios aspectos definidos, como es el caso de la información meteorológica y la determinación de los requerimientos pecuoclimáticos y agroclimáticos para los ganados bovinos estudiados, de la estimación de los diversos elementos meteorológicos para los países estudiados, de el análisis y elaboración de los mapas factoriales, de la síntesis cartográfica sucesiva y de la elaboración de mapas y los informes finales.

Para el caso de la información meteorológica utilizada, su grado de confianza viene dado por la densidad de estaciones meteorológicas existentes, su distribución, tipo y precisión de los registros suministrados. La situación real que se presentó en los países del estudio, fue la deficiente información meteorológica disponible por ser la red de estaciones poco densa, no bien distribuidas y los registros suministrados son de cuarto orden o sea de sólo mediciones de precipitación. Por esta razón se usaron diversas técnicas

de alta confiabilidad para estimar los elementos meteorológicos necesarios para el análisis pecuoclimático y agroclimático detallado. Además, hubo la necesidad de excluir en la zonificación de algunos países, áreas que tenían una muy baja densidad de estaciones de registros, como fueron las regiones noroeste de Nicaragua, sureste de Honduras y norte de Guatemala. La determinación de los requerimientos pecuoclimáticos y agroclimáticos para las especies bovinas estudiadas tuvieron una precisión confiable porque estas determinaciones se basan en normas establecidas (16), que se les puede atribuir alta confiabilidad.

En el caso de el análisis y elaboración de los mapas factoriales, fueron realizados mediante los delineamientos seguidos en el Proyecto de Zonificación Ecológica de Cultivos del IICA-CTEI, dándole este aspecto, una base de alta confianza metodológica a esta parte del trabajo.

La confianza dada a la síntesis cartográfica sucesiva, ha podido ser comprobada en la mayoría de los casos, al encontrar una alta correlación entre las áreas de zonificación bioclimática bovina encontradas en este trabajo, con las áreas que tradicionalmente han sido explotadas con los tipos de ganados bovinos estudiados (61), pero existen muchas zonas que se han encontrado bioclimáticamente aptas para la producción y explotación ganadera bovina que no están siendo usadas en la forma debida y serán las zonas potenciales que permitirán la expansión pecuaria en cada uno de los países Centroamericanos.

Las limitaciones de esta zonificación bioclimática ganadera bovina, están dadas fundamentalmente por el número de variables pecuoclimáticas y agroclimáticas usadas en el marco de este trabajo de tesis. También por la escala cartográfica empleada, que no permite incluir otras variables bioclimáticas, siendo esta una de las razones por la cual este tipo de zonificación sólo debe emplearse como una referencia biofísica ambiental, que permi-

te localizar en el espacio geográfico Centroamericano, las macro-áreas con las mejores o peores condiciones bioclimáticas para las ganaderías bovinas explotadas en estos países; es decir, se podrán ubicar las zonas que deben recibir los esfuerzos concentrados del fomento ganadero bovino.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A.- Las conclusiones del presente trabajo, de acuerdo a los objetivos propuestos y a los resultados obtenidos, son:
- 1a.-) Los países Centroamericanos tienen macro-áreas con excelentes, muy buenas, buenas, regulares y malas condiciones bioclimáticas para las ganaderías bovinas de clima templado y de clima tropical.
 - 2a.-) Se puede aplicar el concepto moderno de tipos e índices pecuoclimáticos y agroclimáticos para la zonificación ganadera bovina en los países Centroamericanos, los cuales determinaron las analogías y diferencias bioclimáticas en las diferentes zonas estudiadas.
 - 3a.-) Los países Centroamericanos, poseen zonas térmicas ganaderas bovinas, excelentes, buenas, regulares y desfavorables, para la producción ganadera bovina de clima tropical y de clima templado.
 - 4a.-) Los países Centroamericanos al aplicárseles tres criterios hidrológicos, presentaron zonas hídricas, de alimentación complementaria y de alimentación suplementaria, excelentes, buenas, regulares y malas para la explotación de las ganaderías bovinas de clima tropical y de clima templado.
 - 5a.-) El grado de confiabilidad de ésta zonificación bioclimática ganadera bovina, está dada por los métodos empleados en la obtención y estimación de los diversos elementos climáticos; por las normas aplicadas para la determinación de los requerimientos pecuoclimáticos y agroclimáticos y por los delimitamientos seguidos en el análisis, elaboración y síntesis de los mapas factoriales y finales.

B.- Las recomendaciones que se pueden dar para que estos tipos de criterios, ampliados, modificados y profundizados, sirvan de aplicación en la zootecnia productiva específica a las diferentes especies pecuarias, son:

1b.-) Obtener índices biológicos pecuoclimáticos y agroclimáticos específicos, a cada una de las razas bovinas productoras de leche y carne.

2b.-) Conocer las diferencias bioclimáticas de las regiones ganaderas respecto a cada una de las razas bovinas de carne y leche, para de esta forma orientar los respectivos trabajos de mejoramiento, nutrición, manejo, etc., ya que aunque los animales domésticos tengan una herencia genética excelente para la producción, pueden ser antieconómicos al faltarles una buena alimentación forrajera o estar desadaptados al medio o viceversa.

3b.-) Puesto que las limitaciones de esta zonificación bioclimática están dadas por el número de variables pecuoclimáticas y agroclimáticas usadas y la escala cartográfica utilizada, se recomienda analizar e incluir variables biológicas de importancia en la producción ganadera bovina, como por ejemplo, radiación solar, topografía, etc., que en un momento dado, brinden una mejor visión bioclimática de las zonas tradicionales y potenciales ganaderas, utilizando expresiones cartográficas de una escala apropiada.

4b.-) Un estudio complementario agroclimático para realizar trabajos ecológicos de zonificación de áreas aptas para la producción de semillas de pastos y forrajes de importancia en los diferentes pisos altitudinales de los países Centroamericanos.

5b.-) Realizar estudios más amplics y profundos sobre eco-fisiología animal y vegetal, a nivel de los países tropicales, que permitan un mayor conocimiento de las diferentes relaciones biológicas suelo-planta-animal.

7. RESUMEN

Los objetivos del estudio consistieron en determinar en el espacio físico de los países Centroamericanos las analogías y diferencias climáticas para las ganaderías bovinas de clima tropical y de clima templado explotables en estos países. Además, conocer y apreciar la situación bioclimática de cada país Centroamericano mediante la obtención de macro-áreas ganaderas bovinas.

Se utilizaron algunos índices climáticos del régimen térmico y del hídrico, indicadores de la aptitud de las diferentes zonas de los países mencionados para las ganaderías bovinas explotables. Estos índices climáticos fueron la temperatura ambiente, precipitación, evapotranspiración real y potencial, número de meses con deficiencias de agua en el suelo, exceso de agua y además se calculó el Índice Hídrico según Thornthwaite. Todos estos índices son determinantes de la influencia directa e indirecta del clima en la ganadería bovina.

En cada país Centroamericano se estableció el mapa de zonas térmicas ganaderas bovinas y mediante los índices derivados del balance hidrológico se obtuvieron los elementos necesarios para la elaboración de mapas de zonas hídricas, definidos por el Índice Hídrico; mapas de zonas de alimentación complementaria, definidos por el número de meses con deficiencias de agua en el suelo y los mapas de zonas de alimentación suplementaria, definidos por el grado de lixiviación de los suelos de acuerdo a la magnitud del exceso de agua anual en el suelo.

Mediante las síntesis cartográficas sucesivas de los mapas mencionados, se pudo indicar las características del ambiente físico del istmo Centroamericano para las ganaderías bovinas explotables. Este trabajo incluye los mapas de la síntesis cartográfica final y de las macro-áreas ganaderas bovinas de los países Centroamericanos.

7a. SUMMARY

Climate differences and similarities for cattle of tropical and temperate regions of Central America countries were determined. The bioclimatic situation was established for each country using cattle macro-areas.

Some thermic and hidric indexes were calculated to account for the aptness of a particular zone for cattle exploitation. The climatic indexes utilized were: environmental temperature, precipitation, evapotranspiration (actual and potential), water excess, number of months with water deficit and Hydric Index as per Thornthwaite. For each country the map of thermic zones is presented and with the indexes calculated from the water balance, the following maps were prepared: hydric zone maps, defined by the Hydric Index; complementary feeding maps indicated by the months with water deficit in the soil, and supplementary feeding maps indicated by the degree of leaching in the soil in accordance with the annual water excess in the soil.

Using cartographic synthesis the characteristics for the exploitation of cattle in Central America are indicated. Maps from the final synthesis and cattle macro-areas are included in this work.

8. LITERATURA CITADA

1. ALBA, J. DE. Reproducción y genética animal. San José, Costa Rica, IICA, 1964. 446 p.
2. ALEXANDER, A. F. y WILL, D. H. The stress of high altitude environment upon cattle. In International Biometeorology Congress 3th, Pau, S. France, 1963. Proceedings. Oxford, Pergamon, 1967. v. 2, pp. 161-167.
3. ALEXANDER, G. I. Beef cattle studies in the dry tropics. Queensland Agricultural Journal 94(5):298-306. 1968.
4. AMERICAN SOCIETY HEATING AND VENTILATING ENGINEERS. Heating, ventilating air conditioning guide. New York, 1956. 1456 p.
5. BALL, J. Climatological diagrams. Cairo Scientific Journal 4:280-281. 1910.
6. BENEZRA, R. M. Coeficientes de adaptabilidad de algunas razas lecheras y varios de sus cruces en la zona central del país. Revista de la Facultad de Ingeniería Agronómica (Venezuela) 1(3):309-337. 1950.
7. BLAXTER, K. L. y WAINMAN, F.W. Environmental temperature and the energy metabolism and heat emission of steers. Journal of Agricultural Science 56(1):81-89. 1961.
8. BODISCO, V., CEBALLO, E. y CARNEVALI, A. Influencia de la estación climática sobre la producción de vacas criollas lecheras. In Jornadas Agronómicas, 6a, Maracaibo, Venezuela, 1966. Memoria. Caracas, Sociedad Venezolana de Ingenieros Agrónomos, 1966. v. 4, 20 p.
9. Bonsma, J. C. Breeding cattle for increased adaptability tropical and sub-tropical environments. Journal of Agriculture Science 39:204-221. 1959.
10. _____. Degeneración en los trópicos y subtrópicos de las razas inglesas de ganado de carne. In Rhoad, A. O. comp. Cría de ganado vacuno para carne en medios desfavorables. Trad. por R.P. Bertrán. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1966. pp. 35-38.

11. _____ . The influence of climate on cattle fertility and hardness of certain breeds. *Farming in South Africa* 15(166):7-12. 1940.
12. _____ . The influence of climatological factors on cattle. *Farming in South Africa* 15(166):373-385. 1940.
13. BUDYKO, M. I. The heat balance of the earth's surface. Washington, D.C., Department of Commerce Weather Bureau, 1958. 259 p.
14. BURGOS, J. J. Observaciones biológicas y meteorológicas necesarias en la zootecnia tropical. In *Seminario Inter-Regional en Agrometeorología Tropical*. Maracay, 1960. Informe final. Maracay, Venezuela, FAV, 1960. pp. 81-83.
15. _____ .et al. Regiones bioclimáticas para la ganadería en Venezuela. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 15(1-4):139-167. 1965.
16. _____ . Utilidad de los métodos climatológicos en la adaptación del ganado a los climas tropicales. *Senamhi (Perú)* 1(1):17-13. 1971.
17. CARROLL, E. J. y HOERLEIN, A. E. Reproductive performance of beef cattle under drought conditions. *Journal of the American Veterinary Medicine Association* 148:1030-1033. 1966. (Original no consultado; compendiado en *Animal Breeding Abstracts* 35 (1): 69.)
18. DALE, H. E., RAGSDALE, A.C. y CHENG, C. S. Environmental physiology and shelter engineering L. I. Effects of constant environmental temperatures of 50 and 80°F on ovarian activity of Brahman, Santa Gertrudis and Shorthorn calves with a note on physical activity. Missouri, Agricultural Experiment Station. Research Bulletin no. 704. 1959. 24 p.
19. DE FINA, A. I. y SABELLA, L. J. Cálculo de las temperaturas medias de localidades montañosas carentes de observaciones termométricas. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata, Argentina)* 35(2):127-145. 1959.
20. DOWLING, D. F. The thermoregulatory significance of the air coat with special reference to cattle. In *International Biometeorology Congress, 3th, Pau, S. France, 1963. Proceedings.* Oxford, Pergamon, 1967. v. 2, pp. 383-386.

21. FORBES, E. B., GRAHAM, W. W. y KRIES, H. The influence of the environmental temperature on the heat production of cattle. *Journal of Agriculture Research* 33(6):579-589. 1926.
22. GALVANO, G. Influenza de alcuni factori climatici e de l'alimentazione sulla produziones del attte di bovine frizone importate in un hazienda della piana di Catania. *Produzione Animals* 6(29):89-97. 1967.
23. GARCIA, B. J. y LOPEZ, J. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 20(5):334-344. 1970.
24. _____ y MANRIQUE, P., L. P. Zonificación bioclimática para la ganadería bovina de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 17 p. (mimeografiado)
25. _____ y MONTOYA M., J. M. Un procedimiento para estimar la humedad relativa con fines agroecológicos en medio tropical. *Turrialba* 21(1):116-119. 1971.
26. _____ . Contribución a la metodología agroclimática con aplicación en zonificación ecológica de cultivos anuales. Trabajo de investigación para optar al grado de Magister Scientiae. Escuela para Graduados del IICA, 1972. Turrialba, Costa Rica.
27. GARRET, W. N., BOND, T. E. , y KELLY, C. F. Effect or air velocity on gains and physiological adjustments of Hereford Storrs in a high temperature environment. *Journal of Animal Science* 19(1):60-66. 1970.
28. GAUSSEN, H. Theories et classification des climates et microclimats. *Congres International de Botanique, 8 eme.* París, 1954. Comptes rendus. París, 1954. pp. 125-130.
29. GAZTAMBIDE, A. C., HENNING, W. L. y MILLER, R. C. The effects of enviromental temperature and relative humidity on the aclimation of cattle to the tropics. *Journal of Animal Science* 11(1):50-59. 1952.
30. GONZALEZ, J. E. y BLAXTER, K. L. The metabolism on thermal regulation of calves in the first month of life. *British Journal of Nutrition* 16(2):199-212. 1962.

31. GUILBRIDE, P. D. y MORO, S. M. Animal health at high altitude. *Veterinarian* 3:33-38. 1965. (original no consultado; compendiado en *Animal Breeding Abstracts* 34(3):321. 1966)
32. HAMMOND, J. Efectos del clima en la reproducción. In Rhoad, A. O. comp. *Cría de ganado vacuno para carne en medios desfavorables*. Traducción del inglés por R. P. Bertrán. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1966. pp. 52-62.
33. HELMAN, M. B. et al. *Ganadería tropical*. Buenos Aires, El Ateneo, 1969. 2 v.
34. HERNANDEZ, R. L. *Meteorología física y climatología agrícola*. Barcelona, Salvat, 1952. 370 p.
35. HOLDRIGE, L. R. *Life zone ecology*. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 205 p.
36. HUNTINGTON, E. , WILLIAMS, F. E. y VALKENBURG, S. *Economic and social geography*. New York, Wiley, 1945. pp. 928-997.
37. JANOWSKI, T. M. Effects of the thermal environment on the fertility of bulls. In *International Biometereology Congress 3 th.*, Pau, S. France, 1963. *Proceedings*. Oxford, Pergamon, 1967. v. 2, p. 497.
38. JOHNSON, H. D. Climatic stress responses and indices in domestic animals. In *International Biometereology Congress. 3th.*, Pau, S. France, 1963. *Proceedings*. Oxford, Pergamon, 1967. v. 2, pp. 498-499.
39. JOSHI, B. C., McDOWELL, R. E., y SAHDII, D. P. Body surface evaporation rates at low and high temperatures for gir and hariana cattle. *Journal of Dairy Science* 51:1693-1697. 1968.
40. KALEV, G., HADZIDIMITROV, P. y ZAGORSKI, D. Effect of acclimatisation on production of semen in imported Danish Red Bulls. *Veterinarnomed* 5(8):95-101. 1968. (Original no consultado; compendiado en *Animal Breeding Abstracts* 37(3):440. 1969)

41. KALI, J., MORAG, M., y AMIR, S. Seasonal changes in milk production and fertility in high yielding dairy cows in a climate. *Int. F. Biomet.* 12:271-275. 1968. (Original no consultado; compendiado en *Animal Breeding Abstracts* 37(3):414. 1969)
42. LANDSBERG, H. Climatology. In Berry, F. A., Bollay, E. y Beers, N. R. eds. New York, McGraw Hill, 1945. pp. 928-997.
43. LEE, D. H. K. Propioclimate of man and domestic animals. In *Symposium on Arid Zone Climatology*. Canberra, Australia, 1956. Proceedings. París, Unesco, 1958. p. 63.
44. LEGARDA, L., FORSITHE, W. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación del tanque medida en tres lugares tropicales. *Turrialba* 22(3):1972. (En prensa)
45. McDOWELL, R. E. The role of physiology in animal production for tropical and subtropical áreas. *World Review of Animal Production* 2(1):39-46. 1966.
46. _____ y WELDY, J. R. Water exchange of cattle under heat stress. In *International Biometeorology Congress, 3th, Pau, S. France, 1963*. Oxford, Pergamon Press, 1967. v.2, pp. 414-424.
47. MARTIN, F. L., y BAZO, S. Estudio comparativo de vacunos importados y puros por cruce Brown Swiss en su adaptación a la sierra peruana. *Anales Científicos (Perú)* 3(4):353-365. 1965.
48. MILLER, A. A. *Climatología*. 3.ª ed. Barcelona, Omega, 1957. 376 p.
49. MITCHEL, H. H. y HAMILTON, T. S. The stimation of the heat production of cattle from the insensible loss in body weight. *Journal of Agricultural Research* 52(11):837-854. 1936.
50. MONTOYA, M., J. M., y GARCIA B., J. Comparación de dos técnicas para estimar temperaturas medias en localidades carentes de registros con fines agroecológicos. *Turrialba* 21(1):112-115.
51. PAJANOVIC, R. Some observations on regional modifications in cattle. In *Cong. Anim. Prod.* 9th. Edimb, 1966. (Original no consultado; compendiado en *Animal Breeding Abstracts* 34(4):497 1966.)

52. PAFADAKIS, J. Climates of the world and their agricultural potentialities. Buenos Aires, Juan Papadakis, 1966. 170 p.
53. PEREZ, C. A. El medio ecológico en Colombia para la cría del ganado ovino. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín, Colombia) 26(66):5-62. 1968.
54. PETTERSEN, S. Introducción a la meteorología. 4. ed. Traducción del inglés por J. F. Datas P. Madrid, Espasa-Calpe, 1968. 429 p.
55. PHILLIPS, R. W. La Cría del ganado en ambiente desfavorable. FAO. Estudios Agropecuarios No. 1. 1955. 189 p.
56. _____ . ed. Recent developments affecting livestock production in the Americas. FAO. Agricultural Development Paper no. 55 1956. 181 p.
57. PINEDA, A. T. et al. Body temperature, pulse rate, respiration and heat tolerance index. IV/ Charolaise bulls, cows and calves. Charolaise-Thaparkar F1 Crosses in Calatagan, Batangas. Phillipine Agriculturist 51(4):302-310. 1967.
58. PRIESTLEY, C. H. B. The heat balance of sheep standing in the sun Australian Journal of Agricultural Research 8(3):271-280 1957.
59. RARA, B. A. et al. Body temperature, pulse rate, respiration rate and heat tolerance index. II. Santa Gertrudis cattle in Calatagan, Batangas. Phillipine Agriculturist 49(1):43-46. 1965.
60. REGAN, W. M., y RICHARDSON, G. A. Reactions of the dairy cow to changes in environment. Journal Dairy Science 21(2):73-76. 1938.
61. REUNION TECNICA SOBRE PROGRAMACION DE INVESTIGACION EN GANADO DE CARNE, PASTOS Y FORRAJES PARA AMERICA CENTRAL, Managua, 1969. Informe. Managua, IICA, Zona Norte, 1969. v. 1, 257 p.

62. STOEV, P., DOIGEVA, M., y LALKOV, E. The effect on changes in the semen production of bulls in relation to skin and scrotal temperatures. Nauchni Trud. Vissh. Selkhostop. Ints. Georgi Dimitrov. Zootek. Fak 16:561-568. 1966. (Original no consultado; compendiado en Animal Breeding Abstracts 35(4):612. 1967.
63. THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38(1):55-94. 1948.
64. _____ y MATHER, J. R. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1957. 311p.
65. _____ y MATHER, J. R. The water balance. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955. 104pp.
66. VLACHOS, K. y KARAGIANNIDIS, A. The effect of environmental temperature on semen productions in bulls. Bull Phys. Path.Reprod. Art. Semen. Thessaloniki1(1):101-107. 1965. (Original no consultado; compendiado en Animal Breeding Abstracts 37(3):444 1969.)
67. WINCHESTER, C. F. Symposium on growth:Environmental and growth. Journal of Animal Science 23(1):254-264. 1964.
68. WRIGHT, N. C. La ecología de los animales domésticos. In Hammond J. ed. Avances en fisiología zootécnica. España, Acribia, 1959. 1300 p.
69. YAGER, V. Mal de altura en los bovinos. Veterinaria y Zootecnia (Perú) 13(37):20-24. 1961.
70. YATES, N. T. M. High temperature as a limiting factor in the reproduction of sheep and cattle. In International Biometereology Congress. 3th, Pau, S. France, 1963. Proceedings. Oxford, Pergamon, 1967. v. 2, pp. 471-476.

9. A P E N D I C E

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 1. Zonas Térmicas Ganaderas Bovinas

Designación bioclimática	Grados centígrados	Clasificación para ganado tropical	Clasificación para ganado de clima templado
Zona fría	< 11	5	3
Zona temperada fría	11 a 17	4	1
Zona temperada	17 a 22	2	2
Zona temperada cálida	22 a 25	1	4
Zona cálida	> 25	3	5

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 2. Zonas Hidrológicas Ganaderas Bovinas

Designación bioclimática	Características y clasificación agroclimática
I. Zonas hídricas	Indice hidrológico
1. Zona perhúmeda	> + 40 (4)
2. Zona húmeda	+ 40 a + 20 (2)
3. Zona subhúmeda	+ 20 a - 20 (1)
4. Zona semiárida	- 20 a - 40 (3)
5. Zona árida	≤ - 40 (5)
II. Zonas de alimentación complementaria	Número de meses al año con deficiencias de agua en el suelo
1. Zona con alimentación complementaria ocasional	0 a 3 (1)
2. Zona con alimentación complementaria moderada	3 a 5 (2)
3. Zona con alimentación complementaria periódica regular	5 a 8 (3)
4. Zona con alimentación complementaria permanente	8 a 11 (4)
5. Zona con alimentación complementaria permanente	11 a 12 (5)
III. Zonas de alimentación suplementaria (Zonas de Lixiviación)	Exceso en mm de agua anual en el suelo
1. Zona con alimentación suplementaria moderada	0 a 400 (1)
2. Zona con alimentación suplementaria regular	400 a 800 (2)
3. Zona con alimentación suplementaria intensa	> 800 (3)

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 3. Macro-áreas Bioclimáticas Ganaderas Bovinas

Clasificación	Explicación	Designación bioclimática
4 a 5		Excelente
6 a 7		Muy buena
8 a 9		Buena
10 a 12		Regular
13 a 15		Mala
16 a 18		Muy mala

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 4. Kilómetros cuadrados del área ocupada por las macro-áreas ganaderas bovinas de los países Centroamericanos

Area total estudiada	<u>EXCELENTE</u>		<u>MUY BUENO</u>		<u>BUENO</u>		<u>REGULAR</u>		<u>MALO</u>	
	Tropical-Templado									
Costa Rica	-	-	823 (1.6)*	-	16.515 (32,4)	4.950 (9,7)	33.045 (64,9)	25.500 (50,1)	517 (1,1)	20.430 (40,1)
Nicaragua	1.063 (1,0)	73 (0,7)	14.620 (14,5)	3.557 (3,5)	33.770 (33,4)	9.360 (9,2)	51.180 (50,6)	43.100 (43)	-	44.440 (44)
Honduras	12.315 (14,8)	1.300 (2,0)	33.000 (39,7)	17.500 (21,0)	23.420 (28,1)	36.200 (44,0)	13.480 (16,2)	19.700 (23,0)	928 (1,10)	8.600 (10)
El Salvador	-	-	2.440 (11)	500 (3,9)	13.800 (66,0)	1.750 (7,0)	5.000 (23,0)	17.000 (800)	-	2.000 (10)
Guatemala	900(1)		10.575 (14,0)	9.993 (13,0)	20.950 (29,0)	10.230 (15,0)	36.850 (50)	31.000 (42)	3.575 (5,0)	21.675 (30,0)

() * Porcentajes de las áreas ocupadas para las diferentes macro-áreas Ganaderas Bovinas

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 5. Número de Estaciones Meteorológicas de los países Centrocamericanos estudiados y tipo de registros meteorológicos utilizados.

País	De régimen pluviométrico	De régimen térmico
Costa Rica	142	50
El Salvador	50	13
Guatemala	338	78
Honduras	141	35
Nicaragua	94	16
Total	765	122

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 6. Ecuaciones de la estimación térmica para Costa Rica, por el procedimiento de De Fina y Sabella (19).

Región	Ecuación de estimación
Pacífico Norte	$T - T_{nm} - 0,67 h$
Pacífico Sur	$T - T_{nm} - 0,53 h$
Meseta Central	$T - T_{nm} - 0,53 h$
Atlántico Norte	$T - T_{nm} - 0,55 h$
Atlántico Sur	$T - T_{nm} - 0,45 h$
Todo el país	$T - T_{nm} - 0,53 h$

donde:

T : temperatura estimada en grados centígrados

h : altura en metros sobre el nivel del mar de la localidad

T_{nm}: temperatura en grados centígrados al nivel del mar obtenida por interpolación de las isotermas al nivel del mar.

ZONIFICACION BIOCLIMATICA PARA LA GANADERIA BOVINA

Cuadro 7. Ecuaciones de Estimación Térmica Media Mensual.

Mes	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
Enero	-0.0068 h + 26.55	-0.0058 h + 26.55	-0.0061 h + 25.69	-0.0102 h + 27.12
Febrero	-0.0066 h + 27.06	-0.0058 h + 27.17	-0.0058 h + 26.11	-0.0092 h + 27.80
Marzo	-0.0068 h + 28.24	-0.0058 h + 28.37	-0.0054 h + 27.45	-0.0091 h + 28.61
Abril	-0.0065 h + 28.82	-0.0057 h + 29.04	-0.0053 h + 28.38	-0.0087 h + 29.38
Mayo	-0.0062 h + 28.31	-0.0054 h + 28.98	-0.0050 h + 28.50	-0.0084 h + 29.62
Junio	-0.0056 h + 26.90	-0.0053 h + 28.34	-0.0047 h + 27.90	-0.0075 h + 28.12
Julio	-0.0056 h + 27.04	-0.0051 h + 28.05	-0.0054 h + 27.97	-0.0079 h + 28.10
Agosto	-0.0055 h + 27.06	-0.0053 h + 28.21	-0.0054 h + 28.12	-0.0083 h + 28.60
Septiembre	-0.0054 h + 26.42	-0.0051 h + 27.89	-0.0053 h + 27.78	-0.0075 h + 28.09
Octubre	-0.0059 h + 26.52	-0.0052 h + 27.37	-0.0048 h + 27.02	-0.0075 h + 27.71
Noviembre	-0.0064 h + 26.50	-0.0054 h + 27.03	-0.0055 h + 26.25	-0.0086 h + 27.43
Diciembre	-0.0065 h + 26.30	-0.0050 h + 26.01	-0.0064 h + 26.07	-0.0082 h + 26.88

h = altura sobre el nivel del mar

