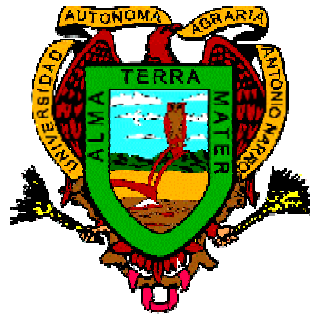


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS EN LOS PASTIZALES DEL NORESTE DEL
ESTADO DE COAHUILA**

POR:

MIGUEL HERNÁNDEZ VENTURA

**PRESENTADA PARA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO
MARZO DEL 2005

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENER EL
TÍTULO DE

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal: _____
Dra. Iliana Isabel Hernández Javalera

Asesor: _____
M. C. Silvia Xiomara González Aldaco

Asesor: _____
Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor: _____
Dr. Alejandro Zermeño González

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

M. C. Ramón F. García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Marzo de 2005

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Definiciones	3
Clima.....	3
Precipitación.....	3
Temperatura.....	4
Factores Climáticos	4
Estaciones del Año	5
Importancia del Clima	6
Cambio Climático	6
Cambio Climático Global.....	7
El Efecto Invernadero.....	9
Los Posibles Efectos del Cambio Climático	11
Climas de Coahuila	13
Climas muy secos del occidente y centro.....	14
Climas muy secos semicálidos, con escasas lluvias todo el año.....	14
Climas de las sierras centrales y meridionales del estado.....	15
Modificaciones Referentes al Grupo de Climas B (secos)	17
Factores Determinantes en la Producción de Forrajes	17
Clima y Manejo del Apacentamiento.....	17
Manejo del Apacentamiento.....	20
<i>Consideraciones sobre el manejo del apacentamiento</i>	22
Estudios de COTECOCA	22
Modelos de Simulación	23
Modelo de Sustentabilidad Ecológica	23

MATERIALES Y METODOS	25
Área de Estudio	25
Vegetación.....	25
Suelos.....	25
Metodología	28
Obtención de la Base de Datos	28
Análisis de Precipitación y Temperatura	29
Homoclimas	29
Elaboración de los Polígonos de Thiessen	30
Índices de Crecimiento	31
Aplicación del Modelo SESS	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Datos Analizados	34
Homoclimas	35
Relación entre Variables.....	35
Homoclima 1.....	37
Homoclima 2.....	37
Homoclima 3.....	38
Aplicación del Simulador de Sostenibilidad Ecológica (SESS)	39
Condición del Pastizal.....	39
Biomasa Aérea Total (TSCR) y Verde (GSC).....	40
CONCLUSIONES	42
RESUMEN	43
LITERATURA CITADA	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.

1. Lista resumen sobre gases que causan efecto invernadero.....	13
2. Tipo de vegetación, superficie en hectáreas y porciento de vegetación.....	25
3. Unidades de suelo, superficie en hectáreas y porciento que ocupa en la región.....	33
4. Coordenadas geográficas, latitud, longitud, altitud y años analizados de las estaciones climáticas.....	33
5. Altitud, precipitación y temperatura promedio de las estaciones climatológicas por estación del año.....	34
6. Porcentaje de varianza total y acumulada por factor.....	35
7. Coeficiente de correlación de las variables con los factores.....	35
8. Agrupación de conglomerados	36
9. Precipitación total y temperatura promedio por homoclima.....	35
10. Estaciones del homoclima 1.....	37
11: Estaciones del homoclima 2.....	38
12. Estaciones del homoclima 3.....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Pág.
1. Tipos y subtipos de climas es el estado de Coahuila.....	13
2. Ubicación del Área de Estudio	25
3. Representa el diagrama de flujo del proceso seguido para la obtención de la TSCR, GSC y RC.....	33
4. Mapa de Homoclimas.....	33
5. Promedio Anual (media \pm ds; n=100) de la biomasa total (TSCR) y biomas verde (GSC), simulados para tres homoclimas con cargas animal iguales.....	39
6. Cambios en la condición del pastizal (media \pm ; ds, n=100) durante 20 años simulados para los tres homoclimas con carga animal de 25 has, en la biomasa aérea total.....	40

INTRODUCCIÓN

A principios de esta década, la comunidad científica internacional llega a la conclusión de que existe una influencia humana discernible sobre el clima global. La emisión masiva de gases de efecto de invernadero en el ultimo siglo, ha provocado el calentamiento del planeta y afectado los procesos atmosféricos.

Este fenómeno, conocido como cambio climático global, podría tener efectos tan variados como el aumento del nivel del mar por deshielo de los polos, altas temperaturas, sequías, inundaciones, enfermedades, etc.

El análisis del clima y su comportamiento es de suma importancia, ya que de ello depende lo que ocurra en la tierra, en fin, se han presentado grandes problemas que asechan la existencia de la humanidad sobre el planeta.

Es probable que los países en desarrollo se vean gravemente afectados por los cambios climatológicos y el agua limitada; por lo que necesitarán ayuda para desarrollar su capacidad financiera, técnica y humana a fin de adaptarse a un cambio climatológico y a la mayor escasez del vital líquido.

Durante los últimos diez años, el Banco Mundial ha proporcionado casi US \$9 mil millones de dólares en préstamos de emergencia para ayudar a países a recuperarse de los efectos de catástrofes naturales. Al reconocer el vínculo que existe entre los fenómenos climatológicos y el desarrollo, la comunidad de fomento internacional está empezando a aumentar su capacidad para ayudar a los países solicitantes a concebir y poner en práctica medidas para adaptarse al clima, y moderar los desastres en el contexto de un desarrollo sustentable.

El efecto no sólo es en las grandes ciudades, se han presentado problemas muy importantes en la ganadería y agricultura, fuentes primarias del desarrollo económico del país, de tal manera que se tienen que implementar estrategias para darle solución a dichos eventos, o por lo menos ayuden a mantener un manejo sostenible de los recursos naturales y su entorno.

OBJETIVO GENERAL

Analizar espacialmente datos climáticos de las áreas potencialmente pastizaleras del noreste de Coahuila.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Analizar la información de la red de estaciones climáticas en base a temperatura, precipitación y altitud.
- ❖ Elaboración de mapas de homoclimas.
- ❖ Aplicación del Simulador de Sustentabilidad Ecológica (SESS)

HIPÓTESIS

- ❖ Se puede diferenciar las estaciones por precipitación, temperatura y altitud.
- ❖ Se pueden generar mapas de homoclimas de acuerdo a la precipitación, temperatura y altitud.

REVISIÓN DE LITERATURA

Definiciones

Clima

Es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un cierto lapso de tiempo y en un punto de la superficie terrestre, o bien, es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado. Este comprende los extremos y toda posible variación. El tiempo varía de un día a otro, el clima varía de un lugar a otro (Hernández, 1952)

El clima es un factor determinante del tipo de plantas que habitan una región, por lo tanto, existen tres ecosistemas terrestres principales: los desiertos, las praderas y los bosques, donde la precipitación y la temperatura son factores fundamentales que determinan qué tipo de vegetación crecerá en cada lugar.

Precipitación

Precipitación es el agua, en cualquiera de sus estados o formas, que cae sobre la superficie de la Tierra. Las diferentes formas de precipitación incluyen lluvia, aguanieve, granizo, nieve, niebla, entre otras.

La precipitación es importante porque ayuda a mantener el balance atmosférico. Sin precipitación, todas las tierras del planeta serían desiertos. (UCAR, 2000).

No todas las nubes producen precipitación, pero toda la precipitación se origina en las nubes. Es posible que el aire ascendente alcance y aun sobrepase el nivel de condensación originando nubes, pero sin producir precipitación.

La condensación, se efectúa en forma de innumerables gotitas microscópicas de modo que las gotas de agua que constituyen las nubes, son demasiado pequeñas para caer a la tierra como lluvia, por ser su velocidad terminal muy pequeña y por lo tanto susceptible a evaporarse en el trayecto de la nube al suelo. Puesto que las nubes son una suspensión coloidal de agua en el aire, mientras las partículas de agua son pequeñísimas no tienden a caer sino que permanecen en el aire soportadas por las corrientes ascendentes, que no importa qué tan débiles sean, siempre son suficientes para sostenerlas; y mientras las gotitas nubosas no crezcan desmesuradamente como para vencer las corrientes más vigorosas, se dice que las nubes se encuentran en estado de estabilidad coloidal y por consiguiente, no puede haber precipitación. (García, 1986).

Temperatura

Usualmente las personas describen la temperatura como fría o caliente. La verdadera definición de la temperatura está en la medición de la velocidad promedio de las moléculas de aire. La temperatura del aire depende de la temperatura que hay en la superficie inferior inmediata. El aire parece enfriarse cuando subimos una montaña. Esto sucede porque la temperatura baja cuando nos alejamos de la superficie. La temperatura es baja en superficies de hielo y nieve porque allí se absorbe menos luz solar que en áreas de bosques y tierra. (UCAR, 2000).

Factores Climáticos

No es un concepto muy simple el de clima, pues depende de todos los fenómenos meteorológicos y de sus diversas acciones mutuas, las cuales nunca ocurren aisladas, como temperatura y viento, o temperatura y humedad o los tres factores al mismo tiempo. Estas causas influyentes son la latitud, altitud, distribución de tierras y grandes masas de agua, la presión (Papadakis, 1980).

La atmósfera como capa continua de gases que envuelve a la tierra tiene una movilidad constante que se conoce como circulación atmosférica. Pero cada una serie de factores influyen y modificada uno de los elementos del clima. Unos son de naturaleza cósmica, es decir, dependen de la forma y posición de la tierra en el sistema solar. Otros son de carácter geográficos y dependen de los mares, montañas o zonas de la tierra. La atmósfera impide que los rayos solares lleguen directamente a la superficie terrestre, así protege del calor de los rayos y del enfriamiento que hay en la noche. La Latitud también influye en la climatología. Las temperaturas van en descenso del Ecuador a los polos y el Hemisferio Sur es más húmedo y menos cálido que el norte. La misma cantidad de calor actuando durante el mismo tiempo elevará la temperatura del suelo aproximadamente el doble que la del agua. El suelo se calienta dos veces más pronto que el agua (Castro, 2003).

Las causas que hacen variar a los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra, son las condiciones como “factores climáticos” y son a saber: A) Latitud (distancia angular del ecuador); b) Altitud (altura sobre el nivel del mar), c) Relieve (configuración superficial de la tierra); d) Distribución de tierras y aguas, y e) Corrientes marinas. Estos factores, actúan con diferentes intensidades y en combinaciones distintas sobre los elementos y los hacen variar de una manera diferente originando los distintos tipos de clima (García, 1986).

Estaciones del Año

De la posición de la Tierra con respecto al Sol en los equinoccios y en los solsticios, de la diferente inclinación de los rayos solares y de la desigual duración del día y de la noche se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- Al primer período de calentamiento de un hemisferio corresponde el primero de enfriamiento en el otro, y al período mas caluroso de uno corresponde el más frío en otro. Por esto, mientras en un hemisferio es primavera en el otro es otoño y al verano de un hemisferio le corresponde el invierno en el otro.

Las fechas entre las que están comprendidas las estaciones del año son:

- 21 de marzo a 21 de junio, primavera para el Hemisferio Norte y Otoño para el hemisferio Sur, dura 93 días.
- 21 de junio a 23 de septiembre, verano para el Hemisferio Norte e invierno para el Hemisferio Sur, dura 93 días.
- 23 de septiembre a 21 de diciembre, otoño para el Hemisferio Norte y primavera para el hemisferio Sur, dura 90 días.
- 21 de diciembre a 21 de marzo, invierno para el Hemisferio Norte y verano para el Hemisferio Sur, dura 89 días.

Se ve, por lo anterior, que los períodos de calentamiento del Hemisferio Norte son más largos que los del calentamiento del Hemisferio Sur; sin embargo, la diferente duración queda compensada por el hecho de que, durante los periodos de calentamiento del Hemisferio Sur la Tierra esta más cerca del sol, es decir, pasa por la parte de la órbita próxima al perihelio (García, 1986).

Importancia del Clima

Todos los procesos biológicos dependen de la temperatura, por lo tanto, la temperatura rige la vida vegetal y animal. Por otro lado, la producción vegetal necesita antes que todo agua. La frondosidad de la vegetación dependen del agua disponible; sin ella la tierra es un desierto. Y de la producción vegetal depende la vida animal y el hombre. Todo esto muestra la enorme importancia del clima desde todo punto de vista. Y el hecho de que el clima es una de las características más fundamentales de los ambientes geográficos (Papadakis, 1980).

Cambio Climático

Actualmente, existe un fuerte consenso científico que el clima global se verá alterado significativamente en el próximo siglo, como resultado del aumento de concentraciones de gases invernadero tales como: el Dióxido de carbono, metano,

óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos (Houghton *et al.*, 1990, 1992). Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que harán aumentar la temperatura planetaria entre 1.5 y 4.5 °C. Como respuesta a esto, se estima que los patrones de precipitación global, también se alteren. Aunque existe un acuerdo general sobre estas conclusiones, hay una gran incertidumbre con respecto a las magnitudes y las tasas de estos cambios a escalas regionales (EEI, 1997).

Asociados a estos potenciales cambios, habrán grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas, podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global. Por ejemplo, estudios realizados en Canadá proyectan pérdidas de aproximadamente 170 millones de hectáreas de bosques en el sur canadiense y ganancias de 70 millones de hectáreas en el norte de Canadá, por ello, un cambio climático global como el que se sugiere, implicaría una pérdida neta de 100 millones de hectáreas de bosques (Sargent, 1988).

Aún así, hay una considerable incertidumbre con respecto a las implicaciones del cambio climático global y las respuestas de los ecosistemas, que a su vez, pueden traducirse en desequilibrios económicos (EEI, 1997). Este tema será de vital importancia en países que dependen fuertemente de recursos naturales.

Con respecto al impacto directo sobre seres humanos, se puede incluir la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales (Becker, 1997), inundaciones de terrenos costeros y ciudades, tormentas más intensas, las extinción de incontables especies de plantas y animales, fracasos en cultivos en áreas vulnerables, aumento de sequías, etc. (Lashof, 1997).

Cambio Climático Global

El Cambio Global Climático, es le atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo (EEI, 1997).

El Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC), que esta conformado por 2500 científicos de primera línea, acordaron que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según el panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo. Las emisiones de Dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas en 1996, un nuevo récord. Por otro lado, 1996 fue uno de los cinco años más calurosos que existe en los registros desde 1866. Por otro lado, se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de dólares en 1996, otro nuevo récord (GCCIP, 1997).

El problema es se esta haciendo que la "frazada" sea más gruesa. Esto a través de la quema de carbón, petróleo y gas natural que liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Cuando se talan bosques y se quema madera, se reduce la absorción de CO₂ realizado por los árboles y conjuntamente se libera el dióxido de carbono contenido en la madera. El criar bovinos y plantar arroz genera metano, óxidos nitrosos y otros gases invernadero. Si el crecimiento de la emisión de gases invernadero se mantiene en el ritmo actual los niveles en la atmósfera llegarán a duplicarse, comparados con la época preindustrial, durante el siglo XXI. Si no se toman medidas es posible hasta triplicar la cantidad antes del año 2100 (GCCIP, 1997).

El consenso científico como resultado de esto, es que seguramente habrá un aumento global de la temperatura entre 1.5 y 4.5°C en los próximos 100 años. Esto agregado al ya existente aumento de 0.5°C que ha experimentado la atmósfera desde la revolución industrial (UNEP/WHO, 1986).

Poder predecir cómo esto afectará al clima global, es una tarea muy difícil. El aumento de temperatura tendrá efectos expansivos. Efectos inciertos se agregan a otros inciertos. Por ejemplo, los patrones de lluvia y viento, que han prevalecido por cientos y miles de años, de las que dependen millones, podrían cambiar. El nivel del mar podría subir y amenazar islas y áreas costeras bajas. En un mundo crecientemente sobrepoblado y bajo estrés, con suficientes problemas de

antemano, estas presiones causarán directamente mayor hambruna y otras catástrofes (UNEP/WMO, 1994).

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO), aún un pequeño aumento de temperatura puede causar un aumento dramático de muertes debido a eventos de temperaturas extremas; el esparcimiento de enfermedades tales como: Malaria, dengue y cólera; sequías, falta de agua y alimentos. La IPCC lo plantea así: "El cambio climático con certeza conllevará una significativa pérdida de vidas" (Dunn, 1997).

La cantidad de dióxido de carbono ha aumentado desde 295 ppm anterior a la época industrial, a una cifra actual de 359 ppm. Este aumento corresponde a un 50% de lo esperado, basado en la tasa de quema de combustibles fósiles. Varios procesos naturales parecen actuar como moderadores, por ejemplo el océano actúa como reserva, donde el dióxido de carbono se disuelve como tal y como carbonatos y bicarbonatos. Un aumento del dióxido de carbono en el aire, actúa como estimulante del crecimiento vegetal, de esta manera se fija más de este gas. El calentamiento de la Tierra, además de descongelar las capas polares, puede causar un cambio en el sistema de circulación del aire, cambiando patrones de lluvia. De esta manera, por ejemplo, el Medio-Oeste norteamericano (fuente agrícola de Estados Unidos), podría transformarse en desierto, y las zonas de cultivo moverse hacia áreas de Canadá.

La energía recibida por la Tierra desde el Sol, debe ser balanceada por la radiación emitida desde la superficie terrestre. En la ausencia de cualquier atmósfera, la temperatura superficial sería aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta es conocida como la *temperatura efectiva de radiación terrestre*. De hecho la temperatura superficial terrestre, es de aproximadamente $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El Efecto Invernadero

La razón de esta discrepancia de temperatura, es que la atmósfera es casi transparente a la radiación de onda corta, pero absorbe la mayor parte de la

radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre. Varios componentes atmosféricos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, tienen frecuencias moleculares vibratorias en el rango espectral de la radiación terrestre emitida. Estos gases de invernadero absorben y reemiten la radiación de onda larga, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura, fenómeno denominado *Efecto Invernadero* (GCCIP, 1997).

El vidrio de un invernadero similar a la atmósfera es transparente a la luz solar y opaca a la radiación terrestre, pero confina el aire a su interior, evitando que se pueda escapar el aire caliente (McIlveen, 1986; Anderson *et al*, 1987). Por ello, en realidad, el proceso involucrado es distinto y el nombre es bastante engañoso, el interior de un invernadero se mantiene tibio, pues el vidrio inhibe la pérdida de calor a través de convección hacia el aire que lo rodea. Por ello, el fenómeno atmosférico se basa en un proceso distinto al de un invernadero, pero el término se ha popularizado tanto, que ya no hay forma de establecer un término más exacto.

Una de las muchas amenazas a los sistemas de sostén de la vida, resulta directamente de un aumento en el uso de los recursos. La quema de combustibles fósiles y la tala y quema de bosques, liberan dióxido de carbono. La acumulación de este gas, junto con otros, atrapa la radiación solar cerca de la superficie terrestre, causando un calentamiento global. Esto podría en los próximos 45 años, aumentar el nivel del mar lo suficiente como para inundar ciudades costeras en zonas bajas y deltas de ríos. También alteraría drásticamente la producción agrícola internacional y los sistemas de intercambio (WMO, 1986).

Uno de los resultados del Efecto Invernadero, es mantener una concentración de vapor de agua en la baja tropósfera mucho más alta que la que sería posible en las bajas temperaturas que existirían si no existiese el fenómeno. Se especula que en Venus, el volcanismo elevó las temperaturas hasta el punto que no se pudieron formar los océanos, y el vapor resultante produjo un Efecto Invernadero,

exacerbado más aún por la liberación de dióxido de carbono en rocas carbonatadas, terminando en temperaturas superficiales de más de 400 °C (Anderson *et al*, 1987).

Cuadro 1. Lista resumen sobre gases invernadero que causan Efecto Invernadero

Gas Invernadero	Concentración 1750	Concentración 1992	Fuerza Irradiativa (W/m ²)
Dióxido de Carbono	280 ppmv	355 ppmv	1,56
Metano	0,8 ppmv	1,72 ppmv	0,5
Oxido Nitroso	275 ppbv	310 ppbv	0,1
CFC-11	0	280 pptv	(siguiente)
CFC-12	0	484 pptv	0,3 (todos los CFCs)
HCFCs/HFCs	0	Sin datos	0,05
Ozono Troposférico	Sin datos	Variable	0,2 - 0,6
Ozono Estratosférico	Sin datos	300 unidades. dobson	-0,1

Los Posibles Efectos del Cambio Climático

IPCC estimó en su informe de 1995 que, a consecuencia de este incremento en las concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera, la temperatura promedio de la superficie terrestre ha aumentado entre 0.3°C y 0.6°C desde finales del siglo XIX, en junio de 1999 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) indicó que este aumento alcanzó 0.7°C. De acuerdo con el IPCC, es poco probable que este cambio tenga un origen natural: “El balance de evidencia de

cambios en la temperatura global promedio del aire de la superficie y de cambios en los patrones geográficos, estacionales y verticales de la temperatura de la atmósfera, sugieren una influencia humana discernible sobre el clima global" (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995).

El ciclo hidrológico también se vería afectado, se podrían presentar sequías o inundaciones más severas en algunos lugares del mundo, mientras que en otros lugares serían menos desastrosos sus efectos. Existen modelos que indican que la intensidad de la precipitación aumentaría, surgiendo la posibilidad de que se den eventos extremos relacionados con la precipitación. (EPA, 1999).

Estos cambios repercutirían sobre la salud humana, los sistemas ecológicos terrestres, recursos hídricos y acuáticos, así como sobre los sistemas socioeconómicos, en la agricultura, silvicultura, y pesca.

Recientemente en 1999, la OMM publicó su Declaración sobre el Estado del Clima Global en 1998, que viene a apoyar lo dicho por el IPCC en 1995. Al examinar las anomalías en la temperatura de la superficie global para cada año desde 1860 hasta 1998, se encontró que:

- ❑ La temperatura global en 1996 fue más alta, por un margen sustancial, que cualquiera registrada anteriormente.
- ❑ El segundo año más caliente fue 1997, y siete de los 10 años más calientes han ocurrido en la década de los 90.
- ❑ Con 1998, son 20 años consecutivos con una temperatura anual global promedio superior a la media de 1961 a 1990.
- ❑ La temperatura media de la superficie global se ha incrementado en aproximadamente 0.7°C desde finales del siglo XIX.
- ❑ En los últimos 20 años, la temperatura global ha aumentado más rápidamente que en cualquier otro periodo similar.

- Se han presentado episodios relativamente frecuentes e intensos de la fase caliente (El niño) con apenas algunos raros eventos de la fase fría (La niña) en la parte final del siglo XX. (EPA, 1999)

Climas de Coahuila

El estado de Coahuila está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada como Desierto de Chihuahua, o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales (INEGI, 2004).



Figura 1. Tipos y subtipos de climas es el estado de Coahuila

Tres son las áreas en las que puede dividirse al estado por sus climas, de un modo general.

Climas muy secos del occidente y centro

Sobre las extensas llanuras del poniente del Estado, se presentan climas muy secos, semicálidos, con lluvias predominantemente veraniegas que coinciden con las temperaturas más altas e inviernos frescos; áreas como: en el Bolsón de Mapimí, las lagunas de Mayrán y Viesca, la Comarca Lagunera; en el norte de la entidad, y su parte central, como en el gran llano de Ocampo, y los de San Marcos, Cuatrociénegas, el Sobaco y el Hundido. (INEGI, 2004).

Clima muy seco semicálido, con muy bajo porcentaje de lluvias invernales

Es el clima más extendido en el poniente y centro de Coahuila. Predomina típicamente en sus amplios llanos desérticos (bolsones) y en las bajadas tendidas de las sierras, en terrenos generalmente más bajos que 1400 m de altitud, con suelos típicos de zonas áridas y vegetación de matorrales desérticos o bien, halófila, con precipitaciones pluviales que promedian anualmente entre unos 100 a 400 mm en verano y la temperatura media anual es de unos 18 a casi 22°C, zonas como Ocampo y Mayrán. (INEGI, 2004).

Climas muy secos semicálidos, con escasas lluvias todo el año

Estos climas se encuentran relacionados a una mayor influencia marítima que los ya analizados. Así, la precipitación se distribuye más uniformemente en el año, de modo que la proporción de lluvia invernal es mayor al 10% del total anual, como se registra en la estación Cuatrociénegas, y en algunas zonas rebasa aún el 18%. Hay pequeñas áreas, como en la sierra Majada con clima muy seco templado. (INEGI, 2004).

Climas de las sierras centrales y meridionales del estado

Las condiciones naturales que afectan a la distribución de los climas en la porción coahuilense de la Sierra Madre Oriental son principalmente las diferencias de altitud que se encuentran por abajo de los 1000 msnm hasta las cumbres de sus sierras, por arriba de los 2400 msnm, lo que condiciona una gradación que va de cálido a semifrío, en cuanto a temperaturas, y de muy seco a subhúmedo, por lo que toca a la precipitación. Otro factor que interviene en dicha distribución es la cercanía al Golfo de México. (INEGI, 2004).

Climas secos semicálidos de bajadas y llanuras

Las áreas con estos climas forman por un lado, una amplia franja que recorre, de noroeste a sureste sobre la parte oriental de las cadenas montañosas de la Sierra Madre. Abarcan principalmente terrenos planos y suavemente inclinados de llanuras y bajadas, con algunas laderas y sierras bajas, la humedad intermedia entre los muy secos ya analizados y los semisecos y templados subhúmedos que afectan a las partes más altas de las sierras. Su temperatura media anual es de 18 a 22°C registrándose temperaturas más altas en los meses de junio o julio, y las más bajas en enero. La precipitación promedio es de unos 300 a 450 mm anuales. (INEGI, 2004).

Climas secos templados de las laderas de las sierras

Por arriba de las áreas de clima seco semicálido, predominantemente en las laderas de la mayoría de las sierras ya mencionadas, se encuentra la zona de influencia de los climas secos templados, con precipitaciones del mismo orden que los secos semicálidos pero temperaturas más bajas. Temperaturas medias anuales son del orden de 17 a 18°C. La distribución de la lluvia, aunque en general es predominantemente veraniega, se encuentra también la condición de lluvias escasas todo el año.

Climas semisecos de las sierras del centro y sur

Las áreas que afectan estos climas, están fundamentalmente en las partes altas -laderas y cumbres- de muchas de las sierras, encontramos así una gradación, que idealmente se presenta de la siguiente manera en la parte central de la entidad: clima muy seco semicálido, en las llanuras y bajadas de menor altitud (1000 - 1400 msnm); clima seco semicálido, en bajadas y laderas bajas (1400 - 1700 msnm); Clima seco templado, en laderas (1700 - 2000 msnm); clima semiseco templado, en laderas altas y cumbres (más de 2000 msnm). Precipitaciones anuales cercanas a los 500 mm. Temperaturas medias anuales entre 16 y 18°C. (INEGI, 2004).

Climas templados y semifríos de las sierras del sureste

En las partes altas de las sierras que se extienden al sur y sureste de la entidad, por encima de los 2000 ó 2200 m de altitud, reinan climas templados y semifríos subhúmedos, se trata de las únicas áreas coahuilenses no afectadas por climas secos.

El más extendido es el clima templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año, precipitación total anual entre unos 450 a un poco más de 500 mm. Los porcentajes de lluvia invernal son relativamente altos, sin embargo la precipitación alcanza sus valores máximos en el verano. La temperatura media anual es, en casi todas estas áreas, cercana a los 13°C. Las medias mensuales más elevadas, en mayo y junio, rebasan apenas los 16°C; y las más bajas -en enero- son del orden de los 9°C. (INEGI, 2004).

Climas semisecos y secos de las llanuras del noreste

Los terrenos al este de la Sierra Madre Oriental, predominantemente llanos y lomeríos suaves, prácticamente todos ellos por debajo de los 700 m de altitud y cuyas elevaciones más importantes apenas alcanzan los 1000 m snm, se encuentran bajo la influencia de climas semisecos y secos, tanto cálidos como

semicálidos, con una notable influencia marítima que provoca que la distribución de lluvias no sea típicamente veraniega, sino que un porcentaje relativamente alto de ellas se presente en los meses no estivales. A continuación se describen los climas de esta región.

Modificaciones referentes al grupo de climas B (secos)

Por su localización y por el total de precipitación anual el clima BS es intermedio entre los climas muy áridos A o C y participa de algunas de las características de ellos; por consiguiente, el clima BS de una estación cercana al límite de los climas húmedos presenta mayor precipitación que una cercana a límite de los muy secos. Estas diferencias climáticas que aparentemente no son muy notables y que el sistema original de Köppen, por ser tan general, no es capaz de distinguir, son importantes desde el punto de vista de su influencia en el medio físico, especialmente en los aspectos de la vegetación, agricultura, etc. (García, 1986).

Factores Determinantes en la Producción de Forrajes

Clima y Manejo del Apacentamiento

Es aceptado que el clima es un factor determinante en la distribución de la vegetación, pero el clima como tal no solamente actúa sobre las plantas, sino que también actúa de una manera muy importante sobre la formación del suelo y su topografía, además, influye en la distribución de las especies animales y microorganismos e interfiere en los mecanismos de competencia, siendo así que el tipo de suelo, la topografía los factores bióticos pueden ser mas determinantes en la distribución de la vegetación. Tal es el casos de regiones cuyo clima es árido, en donde pueden estar dos diferentes áreas, una presenta condiciones de suelo favorables en cuanto a topografía, profundidad y sustrato geológico y la otra, aun estando contigua, presenta condiciones de suelo totalmente contarios a la anterior, suelo somero y con abundante pedregosidad. Mientras que la primer

área presenta mayor biomasa, número de especies y de formas biológicas que la presente en la segunda (Rzedowski, 1978).

Los efectos del clima varían con el componente del cultivo que se desea evaluar. Por lo tanto, los estudios clima-planta son más sencillos cuando se desea evaluar forrajes (acumulación vegetativa) que cuando el interés está en órganos de almacenamiento (granos). Sin embargo, es difícil separar los efectos del clima de aquellos debido al suelo, y por su interrelación con otros factores. En los últimos años los estudios clima-planta se han intensificado por dos razones: 1) el desarrollo de ambientes controlados y 2) disponibilidad de equipo de computación y programas de simulación. (Díaz *et. al.* 2003).

Los zacates de clima templado tienen una temperatura de crecimiento óptima de 20-25°C, el crecimiento disminuye a menos de 10°C y a 5°C la planta permanece saludable, si hay un amplio suministro de agua el crecimiento se reduce por encima de 25°C y cesa arriba de 30-35°C, los ecotipos del mediterráneo crecen más rápido que las del norte a altas temperaturas y tienden a la dominancia a bajas temperaturas (5°C), los tropicales en cambio tienen un crecimiento máximo en un rango de 30-35°C y lento de 10-15°C, en los dos grupos hay una similitud en la respuesta de las temperaturas alternadas de día y de noche. En un estudio realizado por Cooper y Tainton (1990) donde evalúan el crecimiento de festucas el cual aumenta con las bajas temperaturas nocturnas debido a la temperatura del suelo y disminuye en otras plantas.

La cantidad de nutrientes en el forraje se encuentra en su nivel más bajo cuando la planta está en latencia; la latencia en las plantas es forzada debido a las altas temperaturas presentadas durante el verano y que el tiempo es seco y a las bajas temperaturas del invierno (INCA Rural, 1984)

El proceso en donde se presenta un decremento de nutrientes en el forraje, debido a un aumento en la humedad en forma de lluvia, se conoce como

lixiviación, según el INCA Rural (1984), esta es una razón de por qué es necesario complementar proteína en algunos años y en otros no. En los pastizales áridos y semiáridos el grado de lixiviación es menor y varía con la cantidad de lluvia, en cambio, en los pastizales de regiones húmedas la lixiviación es mayor presentándose una cantidad de nutrimentos que satisfacen un mínimo de requerimientos de los animales. En resumen, se puede mencionar que el valor nutritivo del forraje decrece con la madurez y por el lavado e incremento del contenido de fibra cruda.

La producción primaria neta en el mundo es de suma importancia para el hombre, ya que captura la porción de energía solar que soporta la vida de todos los componentes de la biosfera. Una gran porción de alimento humano es proporcionado por la productividad de plantas vivas sobre el suelo, de la producción del suelo también se obtienen otros productos de importancia económica que no son comestibles, como lo es la madera, que sirve para la fabricación de otros subproductos. La producción de vegetación es uno de los aspectos que mejor definen la capacidad de carga del planeta y su habilidad para soportar poblaciones humanas sobre bases a largo plazo. Los combustibles fósiles son acumulaciones de producciones primaria pasadas. El manto de vegetación protege la superficie del planeta de la erosión destructiva y esto provee parte del contexto ambiental en el cual el hombre y sus sociedades se han desarrollado y en cual el hombre se alimenta y vive. Esto es, para la productividad primaria y el crecimiento de las plantas, la creación de materia orgánica por medios de fotosíntesis que es producida por el manto vegetativo, el cual debe ser mantenido por el hombre. (Lieth, 1975).

La producción primaria neta de los pastizales varía dependiendo del total de lluvia anual y su distribución de estaciones, se demostró una relación directa entre la disponibilidad de agua y la productividad de la fitomasa aérea anual para desiertos y pastizales áridos y semiáridos en el sureste de África, donde los rangos de precipitación media anual están entre 100 y 600 mm. En ciertas áreas

geográficas, la India por ejemplo, un estación prolongada de sequía de nueve meses de duración restringe altamente la estación de crecimiento y por consecuencia la producción primaria neta anual total (Murphy, 1975)

La eficiencia del uso de la lluvia depende en gran magnitud de la condición del suelo: esencialmente la permeabilidad, textura, profundidad, capacidad de almacenamiento de agua, y estado de fertilidad. Las eficiencias en el uso de la lluvia mas altas se encuentran en tierras que son capaces de retener la mayoría del agua de las lluvias escasas y de posteriormente soltarla a las plantas, es decir aquellas que son capaces de soportar los efectos de la aridez climática o sequía (Le Houérou, 1960).

Manejo del Apacentamiento

EL objetivo principal en del manejo de pastizales, es obtener la máxima producción animal sostenida a largo plazo procurando la conservación de los recursos naturales presentes (Voisin, 1974) apoyándose en los principales sistemas de apacentamiento.

Un sistema de apacentamiento no es más que el manejo del ganado en el pastizal bajo un programa definido que nos indica cuándo, cómo y dónde debe de pacer el ganado en el rancho, tomando en cuenta el flujo de energía, ciclo del agua y los nutrientes (planta, suelo, agua). Básicamente se consideran tres tipos de Sistemas de Apacentamiento. El continuo, rotacional y los combinados. Los sistemas Rotacionales se dividen en: Con Descanso, Diferidos e Intensivos. Los sistemas con descanso incluyen descansar un potrero durante un año completo. Los diferidos incluyen el descanso de uno o varios potreros durante diferentes estaciones del año, y por último los rotacionales intensivos incluyen períodos variables, pero más cortos de descanso que van de 20 a 60 días. Dentro de los sistemas de apacentamiento más comúnmente empleados destacan el Continuo, Rotacional con descanso, Rotacional diferido, Rotacionales Intensivos de corta duración, entre otros (Ibarra, 1990).

Para lograr este objetivo, uno de los primeros factores a manejar es la carga animal, la cual se refiere a la cantidad de unidades animal año (UAA) que apacentan en una superficie conocida a través de un periodo de tiempo conocido, esto se expresa como hectáreas (ha) por unidades animal año (UAA), unidades animal mes (UAAM) y unidades animal día (UAD). La mayoría de las recomendaciones de alimentación para el ganado vacuno admiten que un bovino, con un peso de 500 kg asume alrededor de 13 kg de materia seca (2.6 por ciento de su peso vivo) y que esta cantidad le sacia (Voisin, 1974).

Sin embargo, es preciso tener en cuenta el valor nutritivo del pastizal ya que este cambia de acuerdo a la etapa fenológica del forraje; en general la proteína, minerales, la grasa, el caroteno y el contenido de humedad, decrecen con la madurez. Por lo que es necesario dar seguimiento al valor nutritivo del forraje consumido por el ganado, a fin de proveer complementos alimenticios para remediar las posibles deficiencias en la dieta (INCA Rural, 1984). El apacentamiento exitoso depende del conocimiento de cómo crecen las plantas forrajeras, es decir, si se maneja cuidadosamente el proceso de defoliación de los zacates, por el ganado, es factible mejorar su utilización obteniendo mayores rendimientos de carne.

Cuando en un pastizal es apacentado intensivamente por un largo período de tiempo, hay grandes cambios en el comportamiento de apacentamiento, calidad de forraje seleccionado, consumo y producción. Con un apacentamiento rotacional de forrajes templados inmaduros, el consumo máximo se logra cuando las vacas se retiran al quedar de 8 a 10 cm de altura del rastrojo, pero si ellas son forzadas a apacentar debajo de 5 cm de altura del forraje el consumo decrece en un 10 a 15 por ciento (Ernest *et al.*, 1980).

Algunos especialistas en pastizales al trabajar en Sahel, consideran que puede consumirse solo del 30 al 40 por ciento de la producción primaria total durante la estación seca y 60 a 80 por ciento durante la estación lluviosa (Houérou y Hoste, 1977).

Consideraciones sobre el manejo del apacentamiento

Las siguientes son algunas de las consideraciones mayores necesarias antes de implementar una estrategia de manejo de apacentamiento y no están en ninguna orden particular de importancia: a) Economía, b) Carga animal, c) Superficie de Pastizal, d) Número de potreros, e) Número de hatos, f) Ciclo de apacentamiento, g) Tiempo de descanso, h) Tiempo de apacentamiento, i) Flexibilidad de carga, j) Manejo para las sequías, k) Comportamiento animal, l) Objetivos del rancho, entre otros (Ruyle, 1990).

Estudios de COTECOCA

A partir de la década de los 60's fue creada la Comisión Técnico Consultiva para la determinación de los Coeficientes de Agostaderos (COTECOCA), dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, encargada de determinar los coeficientes de agostadero en cada uno de los sitios de pastizales que existen en la República Mexicana.

Dichos coeficientes se calcularon para todas las condiciones, tomando como base los procedimientos técnicos descritos en las metodologías elaboradas por la misma Comisión y corroborados con procedimientos electrónicos hechos por computadora (COTECOCA, 1967); posteriormente, estos coeficientes de agostadero fueron debidamente revisados y aprobados por Ingenieros Agrónomos, Zootecnistas principalmente. Además colaboradores y asesores de la Comisión, pertenecientes a otras instituciones de investigación y enseñanza.

Las características fundamentales que se tomaron en cuenta para la realización de los trabajos de campo para determinar las diferentes producciones de forraje existentes en cada uno de los sitios de pastizal fueron: clima, suelo y vegetación principalmente; pero se completó con datos de geomorfología, geología, hidrología, fenología vegetal y fisiología animal (COTECOCA, 1973).

Modelos de Simulación

Un modelo de simulación es una metodología experimental y aplicada que busca: a) describir el comportamiento del sistema, b) construir hipótesis o teorías que expliquen el comportamiento observado y c) usar estas teorías para predecir el comportamiento futuro del efecto que se producirá con los cambios en el sistema o en su modelo de operación. Una de las herramientas más utilizadas en la ecología de sistemas es el modelado – simulación. La simulación puede ser definida como el arte de construir modelos y el estudio de sus propiedades con referencia a aquellas del sistema que representan. La simulación abarca dos operaciones, la primera es la síntesis de un modelo que representa adecuadamente al sistema que se estudia y la segunda operación consiste en un examen del comportamiento del modelo (Quiroz *et al.*, 1989).

Existen modelos de simulación de crecimientos basados en variables fisiológicas como fotosíntesis, nutrientes absorbidos, respiración, utilización de la luz, etc. Aún y cuando este tipo de modelos simulan el crecimiento de la planta, su uso en la práctica a nivel campo se hace casi imposible debido a lo sofisticado en las estimaciones de las variables involucradas en el modelo. (Esparza, 2002)

Modelo de Sustentabilidad Ecológica

Díaz *et al.* (2003) elaboraron un modelo de simulación simple (SESS) para las dinámicas de crecimiento del forraje y cultivo en pie y para la producción ganadera, evaluando la sustentabilidad ecológica de las opciones de manejo para

sistemas de producción extensivos vaca-becerro en el noreste de México y sur de Texas. El modelo estima la producción primaria neta anual basado en la condición del pastizal, la precipitación anual y las características del suelo típicas de la región. Las simulaciones se llevaron a cabo para los niveles de precipitación anual de 300, 500 y 700mm para estimar las dinámicas del cultivo en pie en verde total, la eficiencia del apacentamiento del ganado y las tendencias de la condición del pastizal para las diferentes cargas. Las cargas estimadas como sustentables por el modelo para áreas con precipitación media anual de 300, 500 y 700mm respectivamente resultaron en: 58, 15 y 6 ha UAA⁻¹. Con el modelo parametrizado para precipitación y características de suelo combinado con la capacidad de cargas recomendadas por COTECOCA (1979), se llevaron a cabo simulaciones para 20 años para tres grupos de sitios de pastizal en Coahuila, México (precipitación anual 1:270mm, 2:351mm y 3:467mm). Las tendencias de la condición corporal y la condición de pastizal para 5, 10, 15 y 20 años fueron similares dentro de cada grupo. Las capacidades de carga recomendadas por COTECOCA fueron altas para la sustentabilidad en los grupos de sitios del pastizal con 270 y 351 mm de precipitación anual. Las probabilidades simuladas para las tasas de preñes en las diferentes capacidades de carga para los tres grupos indican que las cargas recomendadas por COTECOCA son altas para alcanzar tasas de preñes ≥ 80 por ciento en 8 de cada 10 años sin complementación.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio

El presente trabajo se realizó para la región Noreste del Estado de Coahuila, la cual es una de las zonas ganaderas más importantes del estado. La región se encuentra localizada geográficamente entre las coordenadas 26° 30' y 29° 48' Latitud Norte y 99° 48' y 102° 13' Longitud Oeste con altitudes entre los 250 msnm a 1050 msnm y cuenta con una superficie de 49 mil Km².

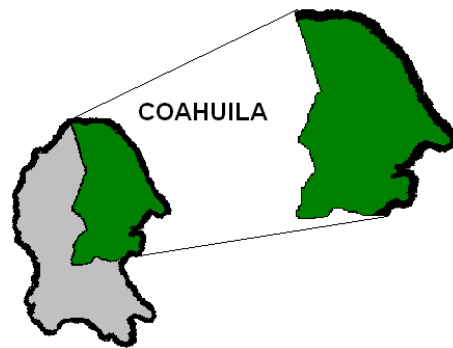


Figura 2. Ubicación del Área de Estudio

Vegetación

En esta región la vegetación es poco diversa, debido a su ubicación dentro del estado, donde el 40 % de la superficie está cubierta por el Matorral Espinoso Tamaulipeco y el 13 % de Matorral desértico micrófilo, siendo estos los más predominantes, el resto de la superficie está formada por Matorral Rosetófilo, Pastizal Natural, entre otras (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipo de vegetación, superficie en hectáreas y porcentaje de vegetación

Tipo de Vegetación	ha	% de Vegetación
Áreas sin vegetación aparente	407,19	0,01
Bosque de coníferas distintas a Pinos	9017,43	0,18
Bosque de encino	111041,30	2,23
Bosque de pino	40335,67	0,81
Chaparral	122443,86	2,46
Ciudades importantes	3551,70	0,07
Cuerpos de agua	28082,12	0,56
Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones)	695944,02	14,00
Matorral desértico micrófilo	660049,04	13,27
Matorral espinoso tamaulipeco	1967687,85	39,57
Matorral rosetófilo	838999,58	16,87
Matorral sarcocrasicaule	1004,76	0,02
Mezquital-huizachal	147040,02	2,96
Palmar	2356,51	0,05
Pastizal natural	205304,77	4,13
Vegetación de galería	6118,07	0,12
Vegetación de suelos arenosos	16156,60	0,32
Vegetación halófila y gipsófila	116777,68	2,35

Suelos

El suelo predominante en la región es el Litosol con 21% de la superficie, esta unidad la constituyen suelos someros con menos de 10cm de espesor que se encuentran sobre rocas, seguido del Redzina que ocupa el 20%, esta unidad de suelo cuenta con menos de 50cm de espesor, que esta encima de rocas duras ricas en calcio, la capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica y nutrientes. El resto de la superficie esta compuesta por otras unidades de suelo como son: Feozem Calcárico, Regosol Calcárico, Xerosol Háplico, entre otros (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades de suelo, superficie en hectáreas y porcentaje que ocupa en la región

Unidades de Suelo	ha	% de Suelo
Castañozem Cálculo	190498	4
Feozem Calcárico	3730	.1
Litosol	1018430	21
Regosol Calcárico	764100	16
Regosol Eutríco	8448	.2
Rendzina	980736	20
Solonchak Ortico	40857	.1
Solonchak Takirico	5351	.1
Vertisol Crómico	271745	6
Xerosol Cálculo	677745	14
Xerosol Gypsico	48350	.1
Xerosol Háptico	589924	12
Xerosol Lúvico	285001	6
Yermosol Lúvico	4658	.1

Clima

Los terrenos al noroeste presentan altitudes por debajo de los 700 m de altitud y cuyas elevaciones más importantes apenas alcanzan los 1000 msnm, se encuentran bajo la influencia de climas semisecos y secos, tanto cálidos como semicálidos, con una notable influencia marítima que provoca que la distribución de lluvias no sea típicamente veraniega, sino que un porcentaje relativamente alto de ellas se presente en los meses no estivales.

Metodología

Obtención de la Base de Datos

Se analizaron datos de 16 estaciones sobre precipitación, temperatura y elevación, de la base de datos (ERIC II) generada por CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). En algunas estaciones varió la cantidad de años analizados, por lo que existen estaciones que tienen datos registrados desde 1949 hasta 1998 y otras con menos datos. Las estaciones que están distribuidas dentro del área de estudio se describen a continuación, así como nombre, ubicación geográfica, altitud y años analizados.

Cuadro 4. Coordenadas Geográficas, Latitud, Longitud, Altitud y Años analizados de las estaciones climáticas

ID	Nombre Estación	Lat (grados)	Long (grados)	Altitud (msnm)	Años Analizados
1	5002 Allende	28.33	100.83	374	45
2	5008 Conchos, Sabinas	28.00	101.32	250	35
3	5009 Cuatrociénegas	26.97	102.07	750	50
4	5020 Múzquiz	27.88	101.52	402	31
5	5021 N. Rosita, Sabinas	27.92	101.25	369	33
6	5023 Palestina, DGE	29.15	100.98	341	47
7	5033 Sabinas, DGE	27.87	101.28	340	55
8	5042 Zaragoza, SMN	28.50	100.92	400	29
9	5043 Allende, DGE	28.33	100.85	374	18
10	5044 Cuatrociénegas, SMN	26.98	102.07	750	36
11	5047 Monclova	26.90	101.42	586	23
12	5057 El Macho, Allende	28.28	101.12	560	10
13	5063 Allende, ETA 156	28.35	100.85	375	10
14	5074 Zaragoza, Zaragoza	28.48	100.92	370	20
15	5156 Palaú, Múzquiz	27.90	101.42	1,050	18
16	5166 Las Esperanzas, Múzquiz	27.73	101.35	450	18

Análisis de Precipitación y Temperatura

El análisis de la precipitación y temperatura se realizó para cada estación de la siguiente manera: De los datos de temperatura observada, máxima, mínima, y promedio, se obtuvo el promedio, el dato máximo y mínimo, y la desviación estándar por cada mes, año y por todos los años registrados. De los datos de precipitación se obtuvo la suma, la desviación estándar, la probabilidad de lluvia y los días de lluvia, de igual manera obtener el promedio y la desviación estándar por cada mes, año y por todos los años registrados. Los datos anuales obtenidos se dividieron por estaciones del año, primavera, verano, otoño e invierno. Para este proceso se utilizó el programa de Excel Office 2000.

Homoclimas

Para la formación de los homoclimas, la base de datos de temperatura y precipitación fue sometida a un análisis multivariado; primero se realizó un análisis de factores y posteriormente con los eigenvectores de ese análisis se formaron tres homoclimas mediante un análisis de conglomerados.

Ya obtenidos los datos de cada estación y haber formado un cuadro en donde se concentro toda la información, Se realizó un análisis multivariado por factores en el programa STATISTICA 6, esto para estandarizar la base de datos y obtener los factores.

El modelo del análisis de factores se expresa de la siguiente forma (Manly, 1986):

$$X_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + e_i$$

Donde:

X_i es el resultado de i-ésima prueba o variable

f 's factores comunes básicos, son no observables, representa

un vector de observaciones

a_{ij} indica la importancia de f_j en la variable X_i

e_i factor específico, para interpretar la parte de la variable que es única a esa variable

El análisis multivariado de factores según Rencher (1995) citado por De la Garza (2001), tiene como objetivo representar las variables X_1, X_2, \dots, X_p como combinaciones lineales de un pequeño número de variables aleatorias f_1, f_2, \dots, f_m llamadas factores o índices. Al igual que las variables originales, los factores varían de individuo a individuo, pero a diferencia de las variables, los factores no pueden ser medidos u observados. También establece que si las variables originales están moderadamente correlacionadas, la dimensión básica del sistema es menor al número de variables (De la Garza, 2001).

Después de obtener los factores se procedió a realizar el análisis de conglomerados K-MEANS en el programa STATISTICA versión 6 para agrupar los datos más semejantes entre sí y que tengan una cierta igualdad y formar los homoclimas. Para este análisis se toma en cuenta las variables: precipitación, temperatura y altitud en metros sobre el nivel del mar para cada estación.

Elaboración de los Polígonos de Thiessen

Con las coordenadas geográficas de las estaciones analizadas se utilizaron para generar los Polígonos de Thiessen en el programa IDRISI RASTER 32, con la finalidad de determinar las áreas de influencia de cada estación. Una vez generados los conglomerados y con las coordenadas geográficas de cada estación, se convirtieron los datos a *Dbase*, esto para poder ubicarlas geográficamente en un mapa creado por el programa ARC VIEW GIS 3.3. Se generó una cobertura de puntos *Shape*. En IDRISI se importa en *Shapeldr*, después de importar los datos, se generó una cobertura vectorizada, y de ahí se construyó una máscara para poder colocar las dimensiones necesarias, dándole

un valor a *columnas* y *renglones*, estos valores fueron 2000 x 3000. Con la cobertura vectorizada y la mascara se generó una cobertura raster, en la función POINTRAS, y se forman los Polígonos de Thiessen. Antes de formar los Polígonos se tiene que hacer una interpolación, de tal manera que al entrar en el función *Thiessen* del programa, genera la coberturas de Polígonos, de igual manera se generó una cobertura vectorizada en *Polyras*, esta cobertura se exporta a *Shape* y después en *Shapedr*. El mapa de homoclimas se construyó en el programa ARC VIEW GIS 3.3 uniendo los polígonos de thiessen de las estaciones que se agruparon en el análisis de conglomerados.

Índices de Crecimiento

Los índices de crecimiento (GI) se calcularon para poder correr el modelo SESS, a partir de los datos de precipitación y temperatura. Los valores de los GI para cada uno de los homoclimas se obtuvieron de acuerdo a la metodología descrita por Díaz *et al.* (2003). Para este caso, los datos de precipitación y temperatura se dividieron por estaciones del año; primavera, verano, otoño e invierno, tomando en cuenta la precipitación acumulada y la temperatura media respectivamente, además de considerar los homoclimas.

El procedimiento es el siguiente: De los datos de precipitación, se obtuvieron los porcentos de precipitación, dividiendo la precipitación total entre la precipitación acumulada de primavera y multiplicarlo por cien, de igual manera con todas las estaciones del año y para cada homoclima, con la siguiente formula:

$$\%PPT = PPT \text{ (total)} / PPT \text{ (estación)} * 100$$

Se obtuvo el índice de precipitación dividiendo el porcentaje de precipitación de cada estación del año entre cien.

$$IP = \%PPT \text{ (estación)} / 100$$

Para calcular los índices de temperatura, se consideró la temperatura media de cada estación, por cada homoclima, restándole la temperatura base, que es de 10°C., para los pastizales del estado de Coahuila, se obtuvo la sumatoria y de la temperatura de cada estación se dividió la sumatoria con la formula siguiente:

$$\begin{aligned}IT &= TMM (\text{estación}) - TB (10^{\circ}\text{C}) \\ \Sigma &= TMM (\text{estación}) - TB (10^{\circ}\text{C}) \text{ de los tres homoclimas} \\ IT &= T (\text{estación}) / \Sigma\end{aligned}$$

Finalmente se multiplicó el IPPT por el IT, del producto de esta multiplicación se obtuvo la sumatoria y se dividió entre cada estación, dando como resultado el índice de crecimiento para cada estación y para cada homoclima. La formula es la siguiente:

$$\begin{aligned}GI &= IT * IPPT \\ \Sigma &= IT \text{ y } IPPT \text{ de los tres homoclimas} \\ GI &= IT \text{ Y } IPPT / \Sigma\end{aligned}$$

Aplicación del Modelo SESS

El programa SESS, es se corrió con los datos de índice de crecimiento GI, precipitación, y temperatura, los datos se consideraron para cada estación y para cada homoclima. Se utilizó la versión de SESS parametrizada para Coahuila. Para el modelo se utilizaron las precipitaciones de cada homoclima con una carga de 25 UA para los tres homoclimas y el índice de crecimiento (GI). Se corrió SESS con 100 repeticiones para simulaciones de 20 años, para estimar la biomasa aérea total y verde (TSCR y GSC) y la tendencia en la condición de pastizal (RC). Los resultados numéricos arrojados por SESS fueron capturados y analizados por el programa STATISTICA versión 6.

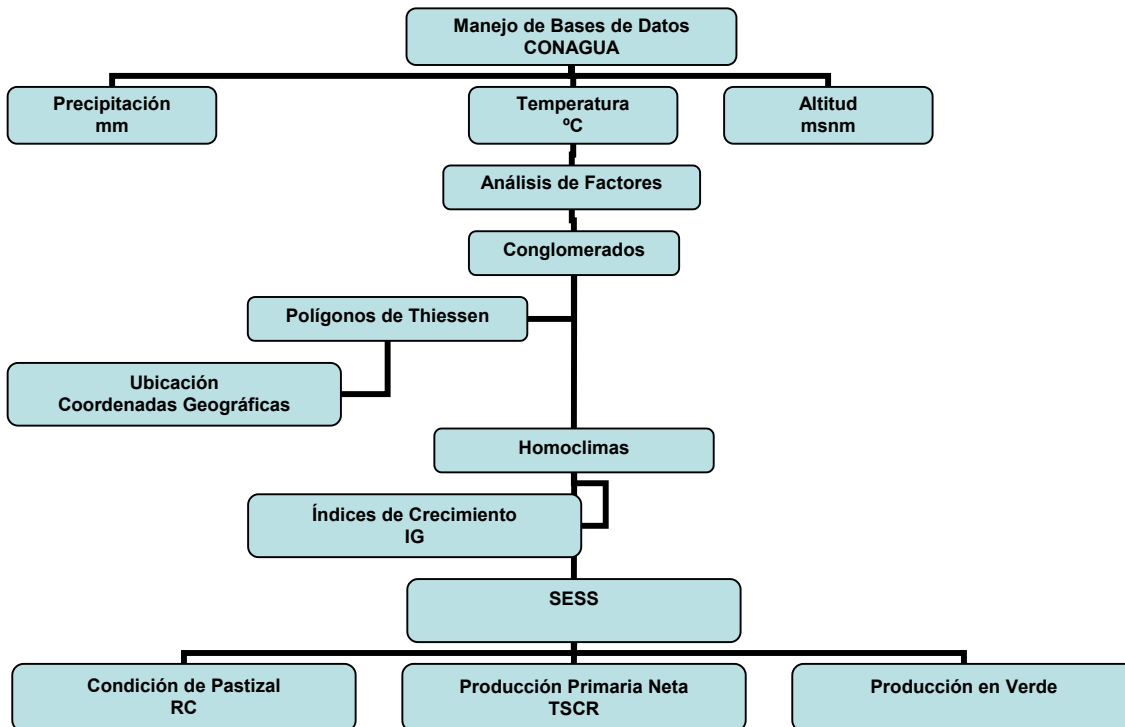


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso seguido para la obtención de la TSCR, GSC y RC.

Elaboración del Mapa

El mapa se elaboró de acuerdo a las coordenadas geográficas de la región, se digitalizó en el programa ARC VIEW GIS 3.3. En este mapa se colocaron las coordenadas de cada una de las estaciones meteorológicas para ubicarlas dentro de la región y mediante los polígonos de Thiessen ver cual fue su área de influencia (Figura 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos Analizados

En el Cuadro 5 se muestra el concentrado de datos obtenidos para precipitación y temperatura de primavera, verano, otoño e invierno de las con los promedios obtenidos de la base de datos (ERIC II), además de la altura en metros sobre el nivel del mar de las 16 estaciones meteorológicas.

Cuadro 5. Altitud, precipitación y temperatura promedio de las estaciones climatológicas por estación del año

ID	Precipitación				Temperatura				Altitud
	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv	
1	102.86	118.60	108.21	34.48	19.57	24.37	19.27	13.10	374
2	76.22	134.85	121.05	29.97	17.73	24.61	17.27	10.76	250
3	36.56	70.06	63.35	26.86	21.48	26.90	19.82	13.11	750
4	101.03	171.78	157.98	36.47	15.50	20.83	15.96	11.01	402
5	88.38	138.25	124.65	32.42	19.82	28.72	18.58	11.25	369
6	103.08	130.70	128.12	43.84	16.73	24.53	17.06	9.97	341
7	32.70	38.20	39.05	26.86	20.44	28.26	19.70	13.28	340
8	80.87	112.36	128.79	33.56	19.14	26.85	19.36	11.29	400
9	83.03	79.02	78.63	29.15	15.70	20.20	14.76	10.56	374
10	35.64	78.20	79.42	29.74	20.93	27.68	20.41	12.59	750
11	59.08	126.01	133.15	40.37	21.67	27.21	20.13	13.28	586
12	64.28	61.83	114.11	28.78	12.69	13.79	15.93	10.69	560
13	72.34	81.94	86.33	23.30	8.33	14.50	13.90	8.06	375
14	140.79	145.80	97.01	53.30	19.28	26.95	18.75	13.34	370
15	113.91	144.47	120.99	40.65	20.10	24.48	21.44	14.71	1,050
16	101.83	151.37	88.12	50.07	17.67	22.09	15.31	10.61	450

En esta tabla se observa que las estaciones del año están bien definidas por la precipitación y temperatura. La estación climática No. 16 presenta la mayor precipitación con 151 mm para los meses de verano y con una temperatura de 22°C, por otro lado la estación climática No. 13 presenta la precipitación mínima para los meses de invierno con un a temperatura de 8°C para esos meses.

Homoclimas

Relación entre Variables

El análisis de factores indica que los tres primeros factores representan el 85.66% de la varianza total. El factor 1 representa el 41.93% de la varianza total y el 41.93% de la varianza acumulada. El factor 2 representa el 32.67% de la varianza total y el 74.60% de la varianza acumulada. El factor 3 representa el 11.07% de la varianza total y el 85.66% de la varianza acumulada (Cuadro 8), se muestran los coeficientes de correlación en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Porcentaje de varianza total y acumulada por factor

Factor	Varianza Total (%)	Var. Acumul (%)
1	41.93	41.93
2	32.67	74.60
3	11.07	85.66

Cuadro 7. Coeficiente de correlación de las variables con los factores.

Variable	Factores		
	1	2	3
PPT prim	-0.02	-0.306	-0.035
PPT ver	0.029	-0.322	-0.014
PPT oto	-0.022	-0.252	-0.232
PPT inv	0.0772	-0.274	0.0666
T° prim	0.2527	0.0023	0.222
T° ver	0.2263	-0.011	0.4624
T° oto	0.2516	0.0391	-0.082
T° inv	0.2444	0.0121	-0.16
Altitud	0.1385	0.0569	-0.806

En el Cuadro 8 se concentra la tabla de los factores por cada conglomerado.

Cuadro 8. Agrupación de conglomerados

ID Estación	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Homoclima
1	0,57	-0,18	1,01	1
2	-0,17	-0,18	1,55	1
3	0,91	1,70	0,32	3
4	-0,63	-1,03	1,56	1
5	0,43	-0,32	1,12	1
6	-0,33	-0,82	0,63	1
7	0,82	1,65	-0,70	3
8	0,33	-0,13	0,55	1
9	-0,99	0,47	-0,34	2
10	0,84	1,35	-0,46	3
11	0,99	-0,09	-0,12	3
12	-1,47	0,68	-0,51	2
13	-2,43	0,57	-0,50	2
14	0,68	-1,42	-1,50	1
15	0,96	-1,33	-1,09	1
16	-0,50	-0,93	-1,52	3

Se agruparon 3 conglomerados, que corresponden a un homoclima cada uno. Estas agrupaciones se realizaron con los datos de precipitación, temperatura y la altitud de las 16 estaciones climatológicas del área de estudio, ya que son los principales factores que determinan la producción de los pastizales (Cuadro 7).

Cuadro 9. Precipitación total y Temperatura promedio por homoclima

Homoclima	Precipitación (mm)	Temperatura °C
1	395.9	18.04
2	267.6	13.30
3	267.0	20.40

Homoclima 1

En el Cuadro 8. Nos muestra que en el homoclima 1 se registro una precipitación de 395.9 mm anuales con una temperatura promedio de 18 °C, este homoclima tiene mayor precipitación dado que la ubicación de las estaciones climáticas se encuentran en un lugar que registrar precipitaciones elevadas en verano temperatura no es muy alta, este homoclima se diferencia de los demás de manera considerable. Las estaciones son: 5002Allende; 5008 Conchos, Sabinas; 5020 Múzquiz; 5021 Nueva Rosita, Sabinas; 5023 Palestina, Jiménez; 5042 Zaragoza, SMN, 5074 Zaragoza, Zaragoza y 5156 Palahú, Múzquiz (Cuadro 10).

Cuadro 10. Estaciones del Homoclima 1

ID-EST	Precipitación				Temperatura			
	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv
1-5002	102.86	118.60	108.21	34.48	19.57	24.37	19.27	13.10
2-5008	76.22	134.85	121.05	29.97	17.73	24.61	17.27	10.76
4-5020	101.03	171.78	157.98	36.47	15.50	20.83	15.96	11.01
5-5021	88.38	138.25	124.65	32.42	19.82	28.72	18.58	11.25
6-5023	103.08	130.70	128.12	43.84	16.73	24.53	17.06	9.97
8-5042	80.87	112.36	128.79	33.56	19.14	26.85	19.36	11.29
14-5074	140.79	145.80	97.01	53.30	19.28	26.95	18.75	13.34
16-5166	101.83	151.37	88.12	50.07	17.67	22.09	15.31	10.61

Homoclima 2

En el homoclima 2 tiene obtuvo una precipitación de 267.6 mm anuales con una temperatura promedio de 13 °C (Cuadro 8), este presenta una precipitación muy parecida al homoclima 3, sin embargo la temperatura es mas baja en comparación a los otros 2 homoclimas. Las estaciones que lo forman son: 5043 Allende, Allende DGE; 5057 El macho, Allende y Allende ETA 156. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Estaciones del Homoclima 2

EST	Precipitación				Temperatura			
	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv
5043	83.03	79.02	78.63	29.15	15.70	20.20	14.76	10.56
5057	64.28	61.83	114.11	28.78	12.69	13.79	15.93	10.69
5063	72.34	81.94	86.33	23.30	8.33	14.50	13.90	8.06

Homoclima 3

Este homoclima presenta una menor precipitación, muy similar al homoclima 2, sin embargo la temperatura es mayor que este. Las estaciones que lo forman son: 5009 Cuatrociénegas; 5033 Sabinas, DGE; 5044 Cuatrociénegas, SMN; 5047 Monclova y 5166 Las Esperanzas, Múzquiz (Cuadro 12).

Cuadro 12. Estaciones del Homoclima 3

EST	Precipitación				Temperatura			
	Prim	Ver	Oto	Inv	Prim	Ver	Oto	Inv
5009	36.56	70.06	63.35	26.86	21.48	26.90	19.82	13.11
5033	32.70	38.20	39.05	26.86	20.44	28.26	19.70	13.28
5044	35.64	78.20	79.42	29.74	20.93	27.68	20.41	12.59
5047	59.08	126.01	133.15	40.37	21.67	27.21	20.13	13.28
5156	113.91	144.47	120.99	40.65	20.10	24.48	21.44	14.71

Aplicación del Simulador de Sostenibilidad Ecológica (SESS)

Condición del Pastizal

En la Figura 3 se observa la dinámica de la condición del pastizal con una carga animal constante de 25 ha UAA⁻¹. El homoclima 1 tiende a mejorar durante los 20 años de una condición buena a excelente, sin embargo, los homoclimas 2 y 3 reducen su condición del pastizal, lo que sugiere que la carga animal asignada es muy alta. Estos homoclimas deben utilizarse con menores cargas.

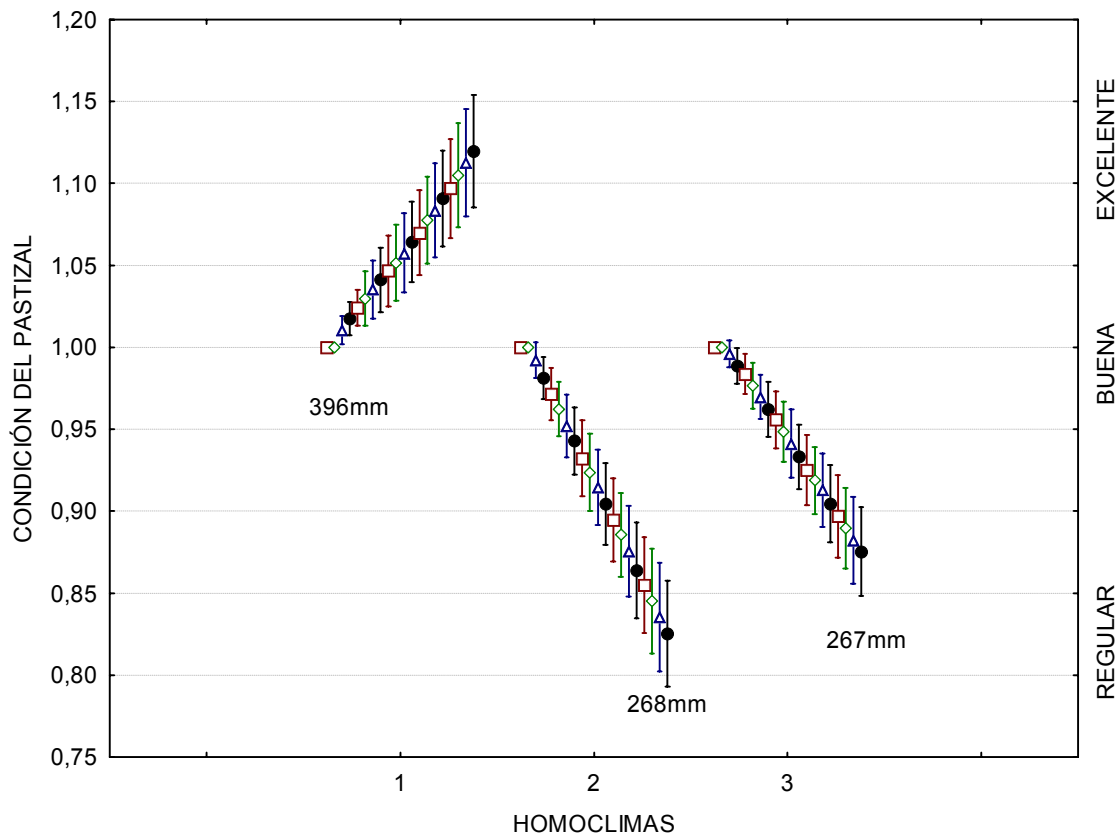


Figura 3. Cambios en la condición del pastizal (media \pm ds; n=100) durante 20 años simulados para los tres homoclimas con carga animal de 25 ha.

En la Figura 5 se presentan la distribución de la biomasa total y verde de los tres homoclimas. La cantidad promedio de biomasa total presente fue de 1100 kg ha⁻¹ para el homoclima 1 y fue de solo 300 a 500 kg ha⁻¹ en los homoclimas 2 y 3. Es de hacer notar la gran variabilidad de la biomasa presente (reflejada en las desviaciones estándar) debida a la variabilidad en la precipitación. Lo anterior, sugiere que no es posible recomendar una sola carga animal para cualquier sitio, ya que la disponibilidad de forraje es muy variable.

Los resultados del modelo SESS nos indican que cuando las condiciones de precipitación son bajas, la producción de forraje disminuye; esto es, existe una relación positiva entre la precipitación, la disponibilidad de forraje y la capacidad de carga de los pastizales. Al utilizar una carga animal superior a la capacidad de carga, ocurre una sobreutilización del pastizal que repercute en la pérdida de condición.

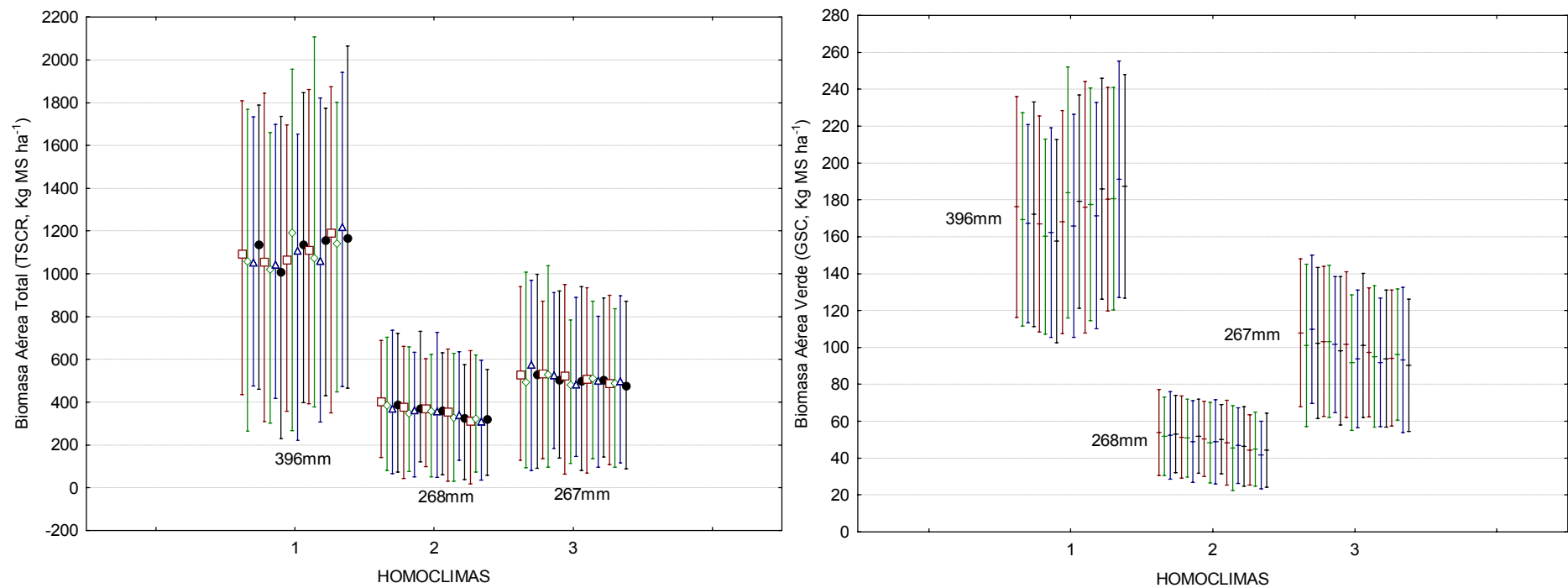


Figura 5. Promedio anual (media \pm ds, n=100) de la Biomasa Total (TSCR) y Biomasa Verde (GSC), simulados para los tres homoclimas.

CONCLUSIONES

Los datos que se obtuvieron de las estaciones climáticas de la región Noreste del Estado de Coahuila fueron de gran ayuda para el análisis del trabajo realizado, con los cuales se pudo observar el comportamiento de los pastizales de esta región utilizando el programa SESS con el que se simula la producción de forraje para diferentes tiempos.

La precipitación y la temperatura son factores muy importantes del clima, existe una gran relación entre estos dos factores, sin embargo, se manifiestan en conjunto con otros factores que hacen que el clima se manifieste de forma diferente de una región a otra y de un tiempo determinado a otro.

Los homoclimas presentan una idea más integrada del clima de una región determinada, y lo anterior hace más sencilla la asignación de ciertos cultivos y su manejo por región. En el área pecuaria extensiva, donde se depende de la vegetación natural, los homoclimas ayudan a tener una idea más clara del potencial productivo de diferentes regiones.

RESUMEN

El análisis se realizó en la zona Noreste del Estado de Coahuila, región ganadera muy importante dentro del estado. Los datos analizados fueron la precipitación, temperatura y altitud de 16 estaciones climáticas más completas ubicadas dentro de la región y se obtuvieron de una base de datos (ERIC II) que maneja la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), estos datos se agruparon por estación de año, primavera, verano, otoño e invierno.

Los promedios de precipitación y temperatura sometieron a un análisis multivariado de factores, para conocer la relación que existen entre las variables. Con los factores se formaron conglomerados que agruparon a las estaciones de acuerdo a la similitud entre los datos.

La finalidad de realizar conglomerados fue para formar 3 homoclimas, los cuales nos dan una idea más general del comportamiento del clima dentro de la región de estudio.

Con los datos arrojados al promediar cada uno de los homoclimas con las estaciones climáticas que le corresponden se corrió el Modelo SESS con 100 repeticiones para 20 años, este modelo ya está parametrizado y lo único que varió fue el promedio de precipitación para cada homoclima.

LITERATURA CITADA

- Anderson, S. H.; Beiswenger, R. E. & P. Walton Purdom. 1987. Environmental Science. Merrill Publishing Co., USA. Tercera Edición. Pág. 505.
- Becker, Dan. 1997. Global Warming Central: Debate number three. <http://www.law.pace.edu>.
- Castro, A. J. 2003. Estudio del Clima. Facultad de Ingeniería. Universidad Libre de Colombia. Bogota D.C. en sitio <http://www.monografias.com/trabajos/clima/clima.shtml>
- Canadian Environmental Agency. 1997. Environmental Issues. <Http://www.eei.org/>.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostaderos). 1979. Coeficientes de Agostaderos del Estado de Coahuila. COTECOCA, SAG. México.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostaderos). 1967. Metodología para determinar tipos Vegetativos, sitios y productividad de sitios. COTECOCA. SAG. Publicación No. 8 México, D.F.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostaderos). 1973. Coeficientes de Agostadero del Estado de Nuevo León. COTECOCA. México
- Cooper, J.P. and N.M. Tainton. 1990. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. J. Animal Science. 38:168-176

- De la Garza, R.A. 2001. Métodos estadísticos multivariados aplicados a resultados de investigaciones agropecuarias. Tesis. Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 114p.
- Díaz, S.H., M. M. Kothmann, W.T. Hamilton, W. E. Grant, 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semi-arid grazinglands. Agricultural System. Texas.
- Ernest, P., Y.L.P. Le Du and L. Carlier. 1980. Animal and sward production under rotational and continuous grazing management. A critical appraisal. In Prins W.H. and G.H. Arnold (Eds). The role of nitrogen in intensive grassland production. Purdoc, Wageningen, The Netherlands.
- Esparza, C.A. 2002. Evaluación y Calibración de SESS: Un modelo de Simulación para la Producción Sustentable de Pastizales. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 70
- García, E. 1986. Apuntes de Climatología. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.
- GCCIP. 1997. Global Climate Change Information Programme. <http://www.doc.mmu.ac.uk/> Dunn, Seth. 1997. Controlling the Climate experiment. Earthtimes. <http://www.earthtimes.com/>
- García, E. 1973, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köopen. 1ª Edición UNAM, México D.F. 246p.
- Hernández, R.L. 1952. Meteorología, Física y Climatología Agrícolas. Editorial SALVAT. 1ª Edición. México. Pág. 370.
- Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 365.

- Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1992. Climate Change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 200.
- Ibarra, F. 1990. Importancia de los Sistemas de Pastoreo. Manejo de Pastizales. CIPES (Centro de Investigaciones pecuarias del Estado de Sonora), México.
- INCA Rural (Instituto Nacional de Capacitación Agropecuaria). 1984. Praderas y cultivos forrajeros. Segunda parte. INCA, AC .D.F. p.6y7.
- INEGI, 2004. Secretaría de Planeación y Desarrollo del Estado de Coahuila, 2004 <http://servidor.seplade-coahuila.gob.mx>
- Lashof, Dan. 1997. Global Warming Central: Debate number three. <http://www.law.pace.edu/>
- Le Houérou, H.N. and C.H. Hoste, 1997. Titulo del Articulo J. Range Management. 30(3): 181:188.
- Lieth, H. 1975. Primary production of the major vegetation units of the world. In: Primary Productivity of the Biosphere. Edited by Helmut Lieth and Robert H. Wittaker. Ed. Springer-Veriag. N.Y.Inc.
- Le Houérou, H.N. 1960. Contribution a l'étude des sols du Sud Tunisien. Annales Agronomiques. 11:241-309.
- Murphy, P.G. 1975. Net primary productivity in tropical terrestrial ecosystems. In: Primary Productivity of the Biosphere. Edited by Helmut Lieth and Robert H. Wittaker. Ed. Springer-Veriag. N.Y. Inc. p. 203,208.

- McIlveen, J. R. 1986. Basic Meteorology. Van Nostrand Reinhold, UK. Pág. 457.
- Papadakis, J. 1980. El Clima. Editorial Albatoros. 1ª Edición. Argentina. Pág. 377.
- Quiroz R., B., B. Arce, R. Cañas y C. Aguilar. 1989. Desarrollo y uso de modelos de simulación en la investigación de sistemas de producción animal. Informe. IX Reunión RISPAL. Zacatecas, México.
- Rencher, A.C. 1995. Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, Inc. United States of America.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. LIMUSA. México, D.F. p. 145-146.
- Ruyle, R. 1990. Consideraciones sobre el manejo del pastoreo por el ganado en Arizona. CIPES (Centro de Investigaciones pecuarias del Estado de Sonora) Universidad de Arizona, Tucson, Arizona.
- Sargent, N.E., 1988. Redistribution of the Canadian boreal forest under a warmed climate, Climatological Bulletin, Vol 22(3), pp. 23-34.
- UCAR, 2000. *To the Universe (Ventanas al Universo)*, University Corporation for Atmospheric Research Los Regentes de la Universidad de Michigan en <http://www.windows.ucar.edu/>
- Voisisn, A. 1974. Productividad de la hierba. Ed. Tecnos. Madrid España.
COTECOCA son altas para alcanzar tazas de preñez $\geq 80\%$ en 8 de cada 10 años sin complementación.
- WMO, 1986. A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts. WMO N° 661. In: Our Common Future WCED, 1990. Pág. 400.