

Análisis dinámico de la vegetación de los agostaderos en los ranchos ganaderos experimentales Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa la Rueda de la UAAAN ante el cambio climático.

Cristina Diaz Rangel

TESIS

Presentada como requisito parcial

Para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Octubre 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Análisis dinámico de la vegetación de los agostaderos de los ranchos ganaderos
experimentales Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa la Rueda de la UAAAN ante el
Cambio Climático.

Por:

Cristina Diaz Rangel

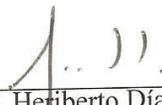
TESIS

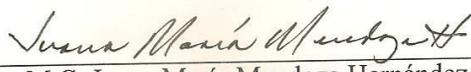
Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador Como Requisito Parcial

Para Obtener El Título de:

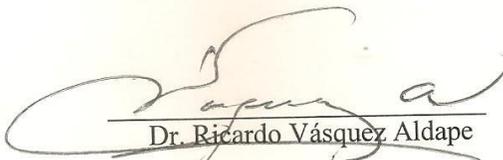
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

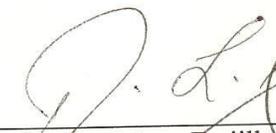
Aprobada por el Comité de Tesis


Dr. Heriberto Díaz Solís
Director de Tesis


M.C. Juana María Mendoza Hernández
Vocal


Ing. Bruno García Mendoza
Vocal


Dr. Ricardo Vásquez Aldape
Vocal suplente


Dr. Ramiro López Trujillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre 2013

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermanos por todo el apoyo brindado en el transcurso de mi carrera profesional y de mi vida.

A la M.C. Juana María Mendoza por todo el apoyo brindado en el transcurso de mi vida profesional y por ser más que una maestra una amiga.

Al DR. Heriberto Díaz Solís por todo el apoyo, y sobre todo por el haber confiado en mí en un proyecto como este. Dándome la oportunidad de conocer herramientas que yo no conocía y que son de gran utilidad para la toma de decisiones.

Al Ing. Bruno García y a toda su familia, por todos esos consejos brindados gracias.

Y un especial agradecimiento a todo el personal que labora en el departamento de Agro meteorología por el gran apoyo que me ofrecieron desde que empecé mis estudios profesionales.

Y sin dejar de mencionar un especial agradecimiento a todas las secretarias que laboran en este departamento de Recursos Naturales Renovables y al Dr. Carlos De Luna por el apoyo que desinteresadamente me ofrecieron en mi estancia en la universidad.

Y claro sin dejar de mencionar a mis grandes amigos, Marilú de la Cruz, Elizabeth Badillo, Mercedes Santos y Sergio Armando Flores.

DEDICATORIAS

Le dedico esta Tesis de Licenciatura

A mi Madre

Primeramente por darme la vida, confianza y todos esos consejos a lo largo de
toda mi vida.

*Lo único que pueden hacer los animales es utilizar la naturaleza exterior y
modificarla por el mero hecho de su presencia en ella.*

*El hombre, en cambio, modifica la naturaleza y la obliga así a servirle, la
domina.*

Friedrich Engels

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en los ranchos ganaderos experimentales, Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa La Rueda, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en los que se estimó la dinámica de la vegetación de los agostaderos, con énfasis en el posible cambio que estos presentarán con el paso de los años ante el cambio climático. Para desarrollar la dinámica de la vegetación se utilizaron 2 herramientas: a)-El índice de vegetación satelital del sensor MODIS-NASA (NDVI) y b)-Un modelo de simulación (SESS) parametrizado con la precipitación observada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y la predicha por el modelo PRECIS, ante el cambio climático. Se recopilaron los datos del sensor MODIS del índice de vegetación (NDVI) desde el año 2008 al 2011 con un pixel de 500 x 500 m. Se obtuvieron los promedios mensuales de NDVI para cada mes y predio y se calculó la Proporción del Índice de Vegetación (PNDVI), dividiendo el índice de vegetación actual de cada mes, entre el índice de vegetación promedio del período considerado, para ese mismo mes. Con el modelo SESS se simuló el Índice de Estado del Agostadero (IEA) de 2008 a 2011 utilizando la serie de precipitación mensual de la NOAA. Finalmente, se comparó el IEA con el PNDVI del período 2008-2011. Para la información de la precipitación en el rancho Los Ángeles se consideró el período de 1983 al 2000 del programa ERIC III (Extractor rápido de información climatológica) y del 2008 al 2012 de la base de datos de la NOAA. Para las Norias y Santa Teresa La Rueda se obtuvo la precipitación de 1976 al 1998 de ERIC III y del 2008 al 2012 de la NOAA. Para el período 2013 al 2020 se simuló el índice de estado de agostadero (IEA), y la producción de forraje utilizable (PFU) con las precipitaciones predichas por el modelo PRECIS y el modelo de simulación (SESS). También se proyectó la producción de forraje utilizable (PFU) para cada rancho para los años 2050 y 2080, mediante las series de precipitación mensuales a partir del modelo PRECIS bajo los escenarios A2 y B1, así como el modelo SESS.

Palabras clave: Dinámica de agostaderos, Cambio climático, simulación, NDVI, PNDVI, IEA.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS _____	i
DEDICATORIAS _____	ii
RESUMEN _____	iii
INDICE DE CONTENIDO _____	iv
INDICE DE FIGURAS _____	v
INDICE DE CUADROS _____	vi
I. INTRODUCCIÓN _____	1
II. OBJETIVOS _____	2
III. REVISION DE LITERATURA _____	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS _____	13
Rancho Ganadero Experimental Los Ángeles _____	13
Rancho ganadero experimental Santa Teresa La Rueda _____	17
Análisis dinámico de la vegetación en los agostaderos _____	18
<i>Índice de vegetación (NDVI)</i> _____	18
<i>Índice de estado de agostadero (IEA)</i> _____	19
<i>Proporción de índice de vegetación (PNDVI)</i> _____	19
<i>Producción de forraje utilizable (PFU) y Capacidad de carga</i> _____	20
<i>Proyecciones de Precipitación PRECIS</i> _____	21
<i>Obtención de la serie de precipitación</i> _____	22
V. RESULTADOS _____	23
Índice de estado del agostadero simulado con SESS y precipitación del modelo PRECIS. _	26
Producción de forraje utilizable (PFU) simulada con el modelo SESS y precipitación del modelo PRECIS. _____	28

Proyección de Producción de Forraje Utilizable para los años 2050 y 2080 bajo dos escenarios de cambio climático A2 y B1 utilizando el Modelo PRECIS para cada Rancho.	32
VI. DISCUSIÓN _____	35
VII. CONCLUSIÓN _____	36
VIII. LITERATURA CITADA _____	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Foto vía satélite: Rancho ganadero experimental Los Ángeles _____	14
Figura 2. Foto vía satélite: Rancho ganadero experimental las Norias. _____	16
Figura 3. Foto vía satélite: Rancho ganadero Santa Teresa la Rueda _____	17
Figura 4. Imagen generada con PRECIS _____	21
Figura 5. Rancho Los Ángeles: Dinámica entre la Comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación normalizada (PNDVI) de MODIS para los años 2008-2011 _____	23
Figura 6. Rancho Las Norias: Dinámica entre la Comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación normalizada (PNDVI) de MODIS para los años 2008-2011 _____	24
Figura 7. Rancho Santa Teresa La Rueda: Dinámica entre la Comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación normalizada (PNDVI) de MODIS para los años 2008 2011 _____	25
Figura 8. Rancho Los Ángeles: Dinámica del IEA (índice de estado de agostadero) para el año Enero 2013- Diciembre 2020, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1 _____	26

Figura 9. Rancho Las Norias: Dinámica del IEA (índice de estado de agostadero) para el año Enero 2013- Diciembre 2020, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1	27
Figura 10. Rancho Santa Teresa: Dinámica del IEA (índice de estado de agostadero) para el año Enero 2013- Diciembre 2020	28
Figura 11. Rancho Los Ángeles: Comparación de Producción de forraje utilizable Bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020	29
Figura 12. Rancho Las Norias: Comparación de Producción de forraje utilizable Bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020	30
Figura 13. Rancho Santa Teresa La Rueda: Comparación de Producción de forraje utilizable Bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020	31
Figura 14. Rancho Los Ángeles: Dinámica de producción de forraje utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1	32
Figura 15. Rancho Las Norias: Dinámica de producción de forraje utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1	33
Figura 16. Rancho Santa Teresa La Rueda: Dinámica de producción de forraje utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1	34

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Tipos de vegetación en Coahuila	4
Cuadro 2 Vegetación de Rancho Los Ángeles	5
Cuadro 3 Vegetación del Rancho Las Norias.	6
Cuadro 4. Vegetación del Rancho Santa Teresa la Rueda	7

I. INTRODUCCIÓN

En México de los 198 millones de hectáreas de la superficie nacional, aproximadamente el 16% es de uso agrícola, 23% son bosques y selvas y el restante 61% es superficie de agostadero (PND, 2007), Gómez *et al.* (2008). Lo anterior supone que la superficie ganadera es de más de cien millones de hectáreas (COTECOCA, 2002) y los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila son los que presentan la mayor superficie ganadera, mientras que el Distrito Federal y los estados de Tlaxcala, Morelos, Aguascalientes y Colima son los de menor superficie. De acuerdo a lo anterior, es importante evaluar el estado en que se encuentran los pastos y su capacidad de continuar siendo fuente de alimento para la ganadería en México.

De ahí el grado de importancia del monitoreo de pastos, considerando que se hace con el fin de conocer la dinámica del sistema, sabiendo su importancia para predecir su estado futuro. A partir de esto, si se observa que el agostadero se está deteriorando, se pueden separar los efectos del clima de los de manejo, para poder corregir las prácticas de manejo que han producido el deterioro <https://sites.google.com/a/sima-coahuila.com/agostaderos-de-coahuila/home/preguntas-frecuentes>.

Aunque la mayoría de los estudios realizados para México sobre cambio climático y su relación con la vegetación, están más bien dirigidos hacia la investigación del papel que juegan las plantas como fuentes de emisión o secuestro de carbono.

En contraste, el estudio de los efectos del cambio climático sobre la vegetación de México, es un tópico relativamente poco explorado (Villers *et al.* 2000).

OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer la dinámica de la vegetación de los agostaderos de los Ranchos de la UAAAN (Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa La Rueda) mediante sistemas indirectos.

Objetivos específicos

- Estimar por medios indirectos la dinámica de la Vegetación de 2008 a la fecha.
- Proyectar la dinámica de la vegetación con la ayuda del modelo de simulación (SESS) en combinación con el modelo PRECIS, (Enero 2013 a Diciembre 2020, y de Enero a Diciembre de 2050 y de 2080) según las perspectivas de cambio climático.
- Conocer la dinámica de la producción anual de forraje utilizable y a su vez su capacidad de carga, a corto plazo para los años 2013 a 2020 y a largo plazo para los años 2050 y 2080.

II. REVISION DE LITERATURA

Los agostaderos son áreas naturales que por tener ciertas características no son aptas para la agricultura. Estas áreas comprenden diversos tipos de vegetación: desiertos, pastizales, matorrales, bosques (Melgoza, 2006).

Sin embargo, aunque los agostaderos son áreas con vegetación natural no se puede dejar de mencionar que se ven afectados por varios factores siendo los más importantes los relacionados con el clima, y sin duda uno de los principales es la precipitación, siendo que el agua es el principal elemento para cualquier forma viviente, y por tanto, el factor más importante en el manejo de agostaderos. No sólo el total de precipitación ocurrida es importante, sino también su distribución a lo largo del año, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, la distribución de la lluvia determina dos épocas en los agostaderos: la época verde y la época seca que en las regiones áridas puede ser de 7 a 8 meses, en los que se presentan lluvias escasas. Además de la precipitación existen otros factores que afectan a los agostaderos como son la temperatura, humedad atmosférica, la luz y el viento (Moncayo, 1994).

En Coahuila se presenta una gran variedad de condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas, factores que han dado lugar a una significativa diversidad de tipos de vegetación y de flora. De acuerdo con la Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), se encuentran presentes 22 tipos de vegetación, los cuales se enumeran a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tipos de vegetación en Coahuila.

Vegetación
Agrupaciones de halófitas
Bosque aciculiescuamifolio
Bosque aciculifolio
Bosque esclerociculifolio
Bosque escuamifolio
Bosque oligo-cilindrocaule rosulifolio
Matorral alto espinoso
Matorral bajo espinoso
Matorral crasicauléscente
Matorral crasirosulifolio espinoso
Matorral inerme parvifolio
Matorral mediano espinoso
Matorral mediano subespinoso
Matorral mediano subinerme
Matorral oligo-cilindrocaule afile
Palmar desabal
Pastizal amacollado abierto
Pastizal amacollado arbosufrutescente
Pastizal halófito abierto
Pastizal halófito arbosufrutescente
Pastizal mediano abierto

Las mejores zonas ganaderas, desde el punto de vista ecológico, se localizan en los municipios que conforman las regiones norte y carbonífera, cubiertos principalmente por matorrales medianos, altos y bajos y pastizales halófitos, abierto y arbosufuctescente (http://www.coahuila.gob.mx/index.php/sitios/Invierte_en_nuestro_Estado/Geografia).

García *et al.* (1997) menciona que el rancho Los Ángeles presenta los siete diferentes tipos de vegetación que se muestran en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Vegetación del Rancho Los Ángeles.

Vegetación
Pastizal amacollado
Matorral desértico rosetofilo
Matorral esclerófilo
Matorral de dasyliirion con pasto amacollado
Izotal
Bosque de pino piñonero (aciculifolio)
Pastizal mediano abierto

Berlanga (2003) menciona que de acuerdo con SPP (1984), en el rancho Las Norias se presentan varios tipos de vegetación: matorral desértico rosetifolio, pastizal halófito, matorral inerme, matorral subinerme y matorral espinoso, constituyendo un sitio de pastizal Dh 46, matorral inerme parvifolio, de acuerdo a la comisión técnico consultiva para la determinación de los coeficientes de agostaderos (COTECOCA, 1979).

Y por señalar algunas de las especies que se encuentran en este tipo de Vegetación se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Vegetación del Rancho las Norias.

Vegetación
Gobernadora
Mezquite
Hojeasen
Leguilla
Maguey cenizo
Palma samandoca
Palma loca
Largoncillo
Nopales
Mariola

COTECOCA (1979) señala que el tipo de vegetación en un matorral inerme parvifolio presenta una condición buena durante años de precipitación pluvial normal, que de acuerdo a la vegetación nativa produce 204.442 kg de forraje utilizable por hectárea, refiriéndose a materia seca, con un coeficiente de agostadero de 24.09 ha/UA al año, sin embargo, con una condición regular y pobre del pastizal este coeficiente de agostadero cambia a 30.35 y 35.59 ha /UA, respectivamente.

El rancho Santa Teresa La Rueda con las características de las zonas áridas, posee cuatro tipos de vegetación preferentes, los cuales se muestran en el Cuadro 4 (Zubias, 1996).

Cuadro 4. Vegetación del Rancho Santa Teresa la Rueda

Vegetación
Matorral desértico rosetofoilo
Matorral halófito de <i>Esporobolus</i>
Matorral parvifolio espinoso de <i>Prosopis</i>
Matorral parvifolio espinoso de acacia

Para tener una mejor apreciación del manejo de la vegetación en un rancho se ha optado por el uso de modelos de simulación, que permiten conocer la dinámica de la vegetación.

Un modelo es una abstracción de la realidad, es una descripción formal de los elementos más esenciales de un problema (Grant *et al*, 1997). El objetivo de un modelo de simulación es averiguar qué pasaría en el sistema si acontecieran determinadas hipótesis, lo que también se conoce como “*Escenarios*”. Desde la antigüedad la humanidad ha intentado adivinar el futuro. Ha querido conocer que va a pasar cuando suceda un determinado hecho histórico. Un modelo de simulación ofrece, sobre bases ciertas, esa predicción del futuro, condicionada a supuestos previos. Para ello se construyen en los modelos, normalmente una simplificación de la realidad, con el análisis de todas las variables que intervienen en el sistema y de las relaciones que se descubren que existen entre ellas.

Se requiere pues, que el modelo sea una fiel representación del sistema real

(<http://materias.fi.uba.ar/7526/docs/teoria.pdf>).

El modelo SESS es un modelo de simulación de computadora diseñado en el software STELLA 6.0, que integra el conocimiento de diferentes disciplinas para dirigir experimentos por computadora y reducir el número de experimentos tradicionales (Díaz *et al.* 2003).

Dentro del uso de éstos modelos surgen los modelos para generar escenarios de proyecciones climáticas; uno de ellos es el modelo regional PRECIS de alta resolución, creado en el Centro Hadley de Inglaterra.

PRECIS es un modelo (Jones, *et al.*, 2004), con una cobertura limitada, basado en leyes físicas, representado por ecuaciones matemáticas, que se resuelven usando una malla de tres dimensiones, con la ventaja de poder utilizarse en una computadora personal, gracias al software desarrollado para ese propósito.

Sus componentes son: el flujo dinámico, el ciclo del azufre y las parametrizaciones físicas. El flujo dinámico se refiere al comportamiento de las variables meteorológicas de estado, es una versión de las ecuaciones primitivas (el efecto Coriolis, el equilibrio hidrostático atmosférico, etc.). Este opera en una malla horizontal de $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ (latitud X longitud), que da una resolución de 50 km X 50 km y una escala vertical, que va desde 50 km hasta 0.5 hPa en coordenadas σ (coordenadas adimensionales que siguen el contorno del terreno al nivel del suelo y que en la tropopausa ya son horizontales). En cuanto al ciclo del azufre, se refiere a la simulación de la distribución de los aerosoles sulfatados; una forma de anhídrido sulfuroso, una de dimetilsulfuro y tres formas de sulfatos.

Referente a las parametrizaciones físicas, estas son; las nubes y precipitación, los procesos radiactivos y las capas superficial y a profundidad del suelo.

El software utilizado es desarrollado por CDAT, hecho específicamente para datos climáticos por PCMDI (Programa para el diagnóstico e intercomparación de modelos climáticos, de California, USA). También incluye el GrADS, paquete usado en la investigación climática para proporcionar datos gráficos, así como software que permite obtener datos numéricos.

Este modelo, es proporcionado gratuitamente, previa capacitación a los países en desarrollo. En este caso, se emplearon las salidas que Cuba proporciona (México no las tiene todavía, por lo menos en Internet) (Mendoza, 2012).

Gracias a los avances tecnológicos que actualmente se han desarrollado y que permiten tener acceso a un gran número de datos, es posible acceder a información meteorológica en tiempo real, a través del satélite TERRA, con su sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), el cual obtiene imágenes de la mayor parte de la superficie del planeta diariamente.

Es capaz de ver todo el mundo cada día en tres resoluciones diferentes (250m, 500m, y 1000m) con 36 bandas espectrales, proporcionando además, datos para el monitoreo de incendios (http://www.dcomg.upv.es/~chernan/sistema_integral/incendios/Modis.htm).

A partir del MODIS, se obtienen los datos del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el cual se utiliza para estimar el crecimiento de la vegetación, su cobertura y su producción de biomasa (Maruri, 2002), ya que este índice está relacionado con la actividad fotosintética de la vegetación. El NDVI se calcula con bandas de imágenes de satélite, aprovechando las características únicas del reflejo de la vegetación verde y este índice varía entre el rango 1 y -1.

Dentro del contexto actual, de un mundo que se enfrenta a un calentamiento global, consecuencia de las malas acciones contaminantes antropogénicas, es necesario considerar los cambios que se han dado y que se darán en el clima, en vista del efecto que este tiene sobre los ecosistemas, del cual forman parte los agostaderos.

Este calentamiento global ha originado cambios en el comportamiento de los elementos del clima, los cuales repercutirán en la disponibilidad de alimento para las diferentes especies animales que dependen de la vegetación.

Según la Convención Marco de la ONU, sobre Cambio Climático Cambio (CMCC), al cambio climático se le define como cambios en el clima atribuidos directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que vienen a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ipcc-glossary.pdf>.

Con el objetivo de evaluar los posibles cambios en el clima a futuro, se han desarrollado modelos numéricos que proyectan el clima, basados en ciertas suposiciones, llamadas escenarios climáticos, los cuales pueden definirse como: “una representación coherente, internamente consistente y plausible de un posible estado futuro del mundo”(IPCC, 1988).

Un escenario climático puede dar una proyección muy veraz del clima futuro basado en la interacción de los factores climáticos con factores socioeconómicos. Los escenarios, son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes (crecimiento demográfico, desarrollo socioeconómico, y cambios tecnológicos) en las emisiones futuras de gases de invernadero (IPCC, 2000).

Para elaborar un escenario, es necesario considerar los factores que hacen incierto el futuro, como son: la incertidumbre en las emisiones de gases de invernadero, la variabilidad natural del clima, los factores poblacionales y naturales, y las fluctuaciones inherentes en la elaboración de los modelos numéricos de proyección.

El grupo de expertos del IPCC creó cuatro líneas evolutivas: A1, A2, B1, B2:

A1: Describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.

Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B). (IPCC, 2000).

A2: Describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B1: Describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos.

En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.

B2: Describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó para tres ranchos ganaderos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa La Rueda:

Rancho Ganadero Experimental Los Ángeles

Marco histórico

El 11 de diciembre de 1930, se realizó un contrato de compra-venta del predio rustico denominado “Los Ángeles” el cual fue parte de la hacienda de Agua Nueva del municipio de Saltillo, al sureste del estado de Coahuila y lleva su nombre por la sierra enclavada en este predio llamada “Los Ángeles” (García *et al.* 1997).

El 23 de julio de 1970, por órdenes del C. Ing. Eulalio Gutiérrez Treviño, Gobernador del Estado de Coahuila y presidente de la junta de gobierno de la Universidad de Coahuila, se hizo entrega para su administración, del Rancho “Los Ángeles” al Dr. Lorenzo Martínez Medina, Jefe de la División de Investigación de la ESA”AN” (García *et al.* 1997).

El 30 de abril de 1980 se hace entrega oficial del Rancho Los Ángeles a la División de Ciencia Animal, por parte del Departamento de Recursos propios, contándose en ese entonces con ganado bovino de la raza charoláis y un lote de ganado caballar (García *et al.* 1997).

Localización geográfica

Se encuentra ubicado en el sureste del estado de Coahuila en el municipio de Saltillo y específicamente a 48 km al sur de la cabecera municipal, con coordenadas 25°06′31″ latitud norte y 100°59′18″ longitud oeste. Colindando con los ejidos Carneros, Tanque de Emergencia, San Miguel, La Hacienda, El Cercado y una parte con pequeños propietarios. El



acceso al rancho se realiza por las carreteras Saltillo-Concepción del Oro, Zacatecas. En el kilómetro 318.5 entronca con el camino de terracería con dirección oriente rumbo al ejido Hedionda Grande, Coahuila, y en el kilómetro 4 de este camino inicia el rancho que termina en el kilómetro 15; siendo que en el kilómetro 14 se localiza el casco del mismo.

Figura 1 Foto satelital: Rancho Ganadero Experimental Los Ángeles (Esquivel, 2013).

Clima

La fórmula climática, según Koeppen, modificado por Enriqueta García, es BS₁ k w'' (e'), semiárido, templado con verano fresco largo, lluvias en verano, con canícula (temporada seca corta en la época de lluvias) y muy extremo. La temperatura media anual es de 13.4°C, con heladas casi todo el año (Junio, Julio y Agosto están libres de heladas).

Suelo

Los suelos que se presentan en el rancho se ubican dentro de los denominados serozem grises del desierto, de origen aluvial con profundidad de somera (0-25 cm) a profunda más de 50 cm (García *et al.* 1997).

Hidrología

El área que comprende el rancho no es tocada por ninguna corriente superficial permanente. Únicamente tiene corrientes intermitentes, las cuales entran en actividad en la época de mayor precipitación pluvial. El nivel freático regional del agua presente en el rancho es del orden de los 190 m de profundidad. (García *et al.* 1997).

Rancho ganadero experimental las Norias.

Marco histórico

El rancho ganadero experimental Las Norias que actualmente es propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, comenzó sus actividades el día 28 de noviembre de 1987, en el casco de la Finca que en anterioridad fue propiedad de la señora Loddie Lee Roger Whitheal y que se conocía como la Hacienda Las Norias (Berlangua, 2003).

Localización geográfica

El rancho ganadero experimental las Norias se encuentra localizado en la región semidesértica del Norte del estado de Coahuila, en el municipio de Acuña, con coordenadas 29°13'35" latitud norte y 102° 22'10" longitud oeste (Berlanga, 2003).

El rancho cuenta con 5217-01-45 has ubicadas en una planicie del área conocida como las Serranías del Burro. Para poder llegar al rancho si se encuentran en Saltillo, se deben recorrer 550 km. De los cuales: 350 km por la carretera Saltillo-Cd. Múzquiz, después 127



km de la carretera Múzquiz-Boquillas del Carmen hasta llegar al rancho el Melón, donde entronca la brecha de terracería que termina en el Mineral de la Linda, esta brecha se recorre 63 km hasta llegar al ejido José María Morelos para continuar por el camino de tierra que llega a Cd. Acuña a 15 km aproximadamente (Berlanga, 2003).

Figura 2. Foto Satelital: Rancho Ganadero Experimental Las Norias (Esquivel, 2013)

Clima

El tipo de clima del rancho está dado por la fórmula climática, según Koeppen modificado por Enriqueta García; BSo h x' (w) (e') árido, semicálido, con lluvias escasas todo el año, más abundantes en verano y muy extremoso (Mendoza, 2012). La temperatura media anual es de 19.5°C, con heladas de Octubre a Abril.

Rancho ganadero experimental Santa Teresa La Rueda

Marco histórico

Este rancho se ha venido operando desde 1975 en calidad de donación que se efectuó a la Universidad iniciando con el manejo de ganado charoláis, posteriormente se trabajó con cruza de cebú principalmente Brahmán, Beefmaster y Brangus, y además cuenta con una superficie de 5,767.72 has que se encuentran repartidas en 9 potreros (Zubias, 1996).

Localización geográfica El rancho se encuentra ubicado en el municipio de Ocampo, Coahuila a una distancia de la ciudad de Saltillo de 417 km de los cuales 87 km son de



camino de terracería de Ocampo a Boquillas del Carmen (Zubias, 1996). Esta localizado geográficamente a una latitud norte de 27° 58' 16'' y a 102° 40' 05'' de longitud oeste (Zubias, 1996).

Figura 3. Foto satelital: Rancho Ganadero Experimental Santa Teresa La Rueda (Esquivel, 2013).

Clima

Presenta una fórmula climática que fue elaborada con datos del campo experimental Ocampo, de la UAAAN, que se encuentra a una distancia de aprox. 60 km: BW k w (x) (e'), clima muy árido, templado, con verano cálido, muy extremo, con lluvias en verano, que presentan tendencia a llover todo el año (Mendoza, 1983, citado por Zubias, 1996).

Suelo

Los diferentes tipos de suelo varían respecto a la altitud en el predio, la cual va desde los 1270 msnm en el valle hasta los 1550 msnm en la parte alta de los lomeríos, por lo tanto la textura es variable, desde migajón arcilloso en los lomeríos hasta arcillosos en las partes bajas (Vázquez *et al*, 1991 y Zubias, 1996).

Análisis dinámico de la vegetación en los agostaderos

Para poder tener un mejor análisis de la vegetación en los agostaderos, se hizo una comparación entre el valor del índice de vegetación que es el obtenido por el sensor MODIS del satélite Terra, con el índice de estado de agostadero (IEA) que se obtiene del modelo de simulación SESS.

Índice de vegetación (NDVI)

Este valor se obtiene de los datos del sensor MODIS, que proporciona los puntos de una malla de 500m x 500m, considerándose sólo los puntos ubicados dentro de cada rancho.

Índice de estado de agostadero (IEA)

Los valores del índice de estado de agostadero (IEA), se obtuvieron del modelo de simulación SESS en STELLA 9.1.2 desde el mes de enero de 1979 a diciembre del 2011.

Este índice de estado del agostadero es la relación entre valores simulados bajo el escenario actual observado y el escenario promedio histórico del mismo sitio, esto produce valores de biomasa actual y biomasa esperada, respectivamente, finalmente, $IEA = \text{Biomasa actual (kg/ha)} / \text{Biomasa esperada (kg/ha)}$ (<https://sites.google.com/a/simacoahuila.com/agostaderos-de-coahuila/2--coahuila/biomasa-anual>).

Este índice de estado de agostadero (IEA) es análogo al PNDVI al ser el cociente del valor actual entre el valor promedio histórico de la biomasa.

Para obtener el IEA simulado, se parametriza el modelo SESS con la serie de precipitación mensual observada o predicha y el promedio histórico de precipitación del sitio y se corre el modelo.

Proporción de índice de vegetación (PNDVI)

Se promedian por mes los valores históricos del NDVI obtenidos de la malla del sensor MODIS (Promedios históricos por mes) para los años de que se tiene registro (Marzo 2000 a Diciembre 2011). Posteriormente, se calcula el PNDVI, dividiendo el promedio actual de NDVI del mes actual (Promedio mes_i) entre el promedio histórico de ese mes, y así se obtienen los PNDVI de cada mes del año, o sea, $PNDVI = \text{Promedio mes}_i / \text{Promedio histórico mes}_i$.

Producción de forraje utilizable (PFU) y Capacidad de carga

Para la obtención de la dinámica de esta variable, se parametrizó el modelo SESS con la serie de precipitación mensual predicha por PRECIS del año de interés para cada uno de los ranchos. Se analizaron los años 2013 a 2020 y los años 2050 y 2080, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1. Y como complemento para entender mejor esta variable se calculó la capacidad de carga animal. La carga animal se calcula considerando un consumo del 3% del peso vivo por día, así que una Unidad Animal (UA) consume $450 \times 0.03 = 13.5$ kg diarios de forraje seco. Este valor de 13.5×365 días del año tenemos un consumo anual de 4927.5 kg; digamos que son 4950 kg lo que requiere una unidad animal durante un año (UAA) de esta forma se genera la siguiente ecuación:

CAPACIDAD DE CARGA (ha/UA) = $4950 \text{ kg} / \text{Producción de Forraje Utilizable}$
(kg/ha/año).

UA= una vaca de un peso de 450kg en promedio (<https://sites.google.com/a/sima-coahuila.com/agostaderos-de-coahuila/2--coahuila/biomasa-anual>).

Proyecciones de Precipitación PRECIS

Para obtener las proyecciones de lluvia según el modelo PRECIS, se utilizaron las salidas de la página de internet <http://precis.insmet.cu/datos.html> PRECIS Caribe. Para utilizarla, se necesitó introducir los valores de latitud y longitud del punto, el mes, la variable a proyectar; que en este trabajo fue de precipitación en mm/día, el escenario a proyectar, además de especificar si la imagen se quiere en líneas o sombreado, etc. Una vez que se llenan estos datos dar click en enviar y el modelo generará una imagen, como la que se muestra en la Figura 4.

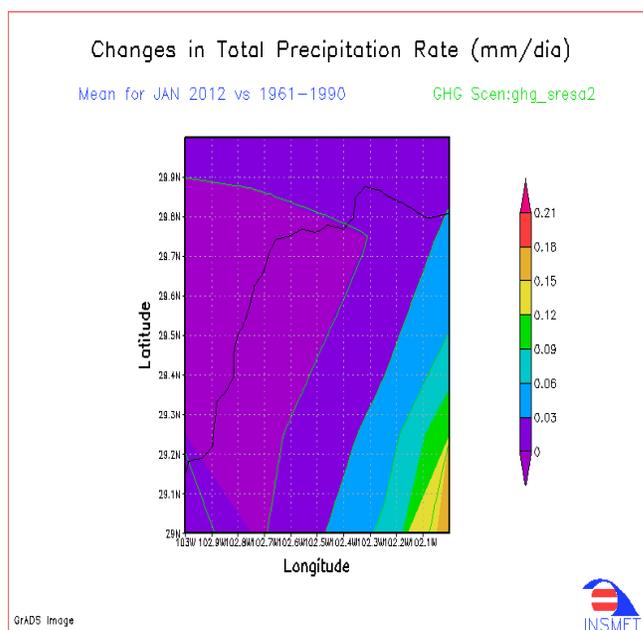


Figura 4. Imagen generada con PRECIS

Una vez que el modelo generó la imagen se localizan en ésta, la latitud y longitud del punto en análisis, donde se cruzan es el valor predicho por el modelo y para conocer el valor esta imagen se muestra en varios colores y de acuerdo al color es el valor del punto.

Obtención de la serie de precipitación

Para la obtención de las series de precipitación que se utilizaron para los resultados de este trabajo se adquirieron de la base de datos de ERIC III (Extractor rápido de información climatológica) del instituto mexicano de tecnología del agua (IMTA) <http://www.imta.mx/>.

La información de esta base de datos es la comprendida de la base de datos CLICOM, del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Para cubrir todo el período de estudio, estos datos se complementaron con la base de datos de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), las cuales se obtuvieron de este enlace ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CPC_UNI_PRCP/GAUGE_GLB/RT/.

Para obtener las series de precipitación históricas se obtuvieron del promedio de los promedios de cada una de las base de datos (ERIC III y NOAA), las series de precipitación que se generaron mensuales históricas se transformaron a diarias para poder usarlas en las salidas del modelo PRECIS. Una vez obtenidos esto se le sumo o resto el valor la precipitación diaria proyectada del modelo PRECIS, a los resultados de la suma o resta de las precipitaciones diarias se multiplicaron por el número de días de cada mes esto con el fin de obtener la serie proyectada mensualmente y posteriormente parametrizable en el modelo de simulación SESS. Para con ello tener las series de precipitación proyectadas a futuro. (2013 -2020 y 2050, 2080).

IV RESULTADOS

Siguiendo el objetivo de conocer la dinámica de la vegetación, se hizo una comparación para el Rancho ganadero experimental los Ángeles entre el índice de estado del agostadero (IEA) simulado con el modelo SESS y la proporción del índice de vegetación (PNDVI) obtenido del NDVI observado por el sensor MODIS. En la Figura 5 se observa la dinámica de estas variables y en general son muy semejantes ($r=0.59$), aunque a finales del 2011 su relación es inversa.

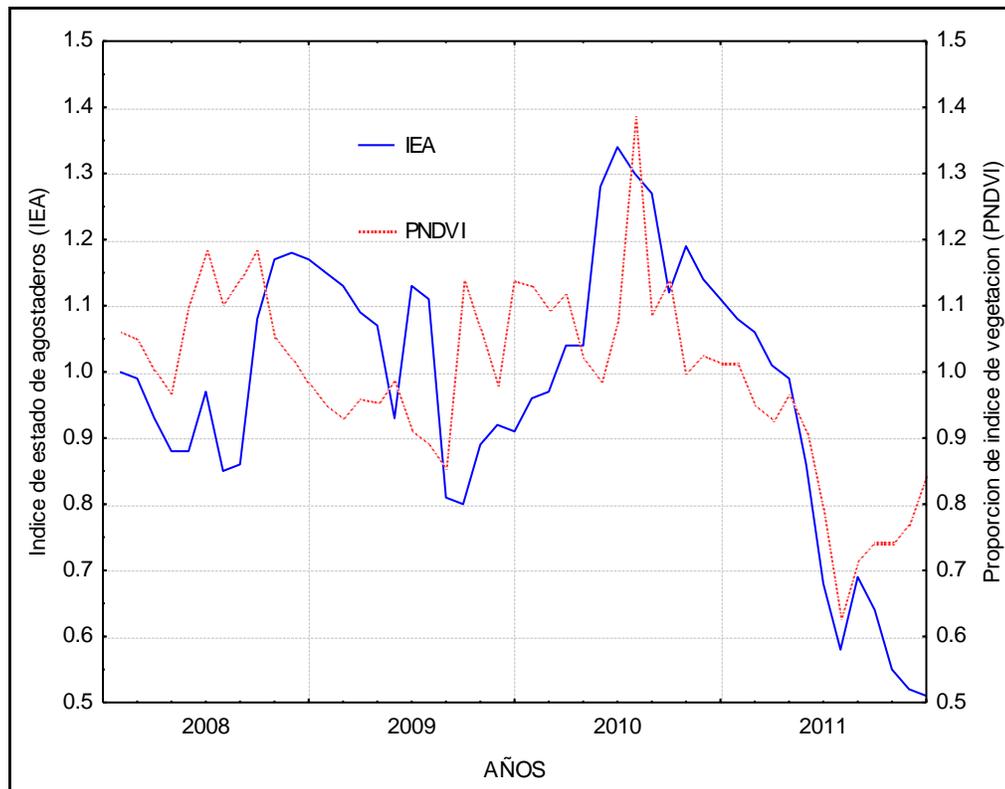


Figura 5. Rancho Los Ángeles: Dinámica entre la comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación (PNDVI) de MODIS para los años 2008-2011.

En la Figura 6 se muestra la relación que hay entre estas dos variables para el Rancho Las Norias y se puede observar una buena relación entre ambas variables ya que tienen la misma tendencia ($r = 0.63$) aunque con fuerte diferencia en 2010 donde el IEA se muestra mayor que la PNDVI.

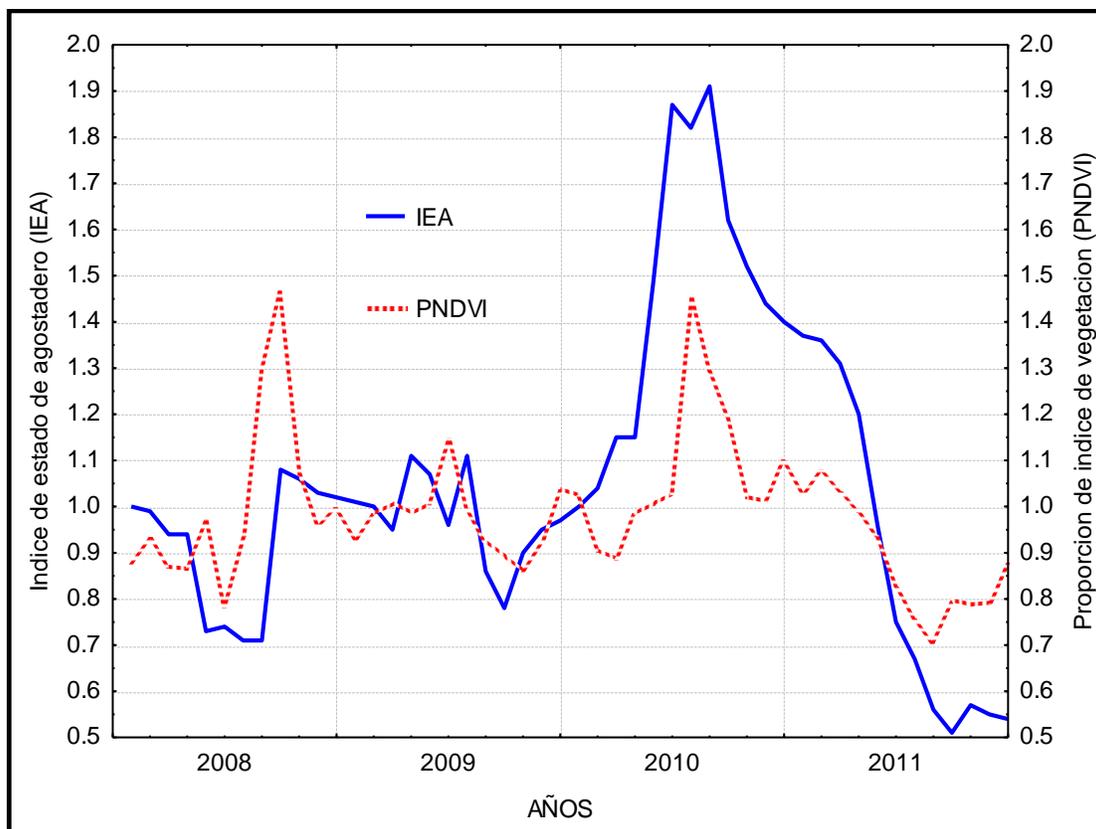


Figura 6. Rancho Las Norias: Dinámica entre la Comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación (PNDVI) de MODIS para los años 2008-2011.

Para el caso del Rancho Santa Teresa se encontró una $r = 0.53$ como se aprecia en la Figura 7. La tendencia que se observa es algo similar, siendo que para el año 2009 y 2011 su relación es un poco a la inversa. Es importante señalar que en los tres ranchos y con los dos índices (IEA, PNDVI) se observa la reducción de la vegetación durante la sequía de 2011.

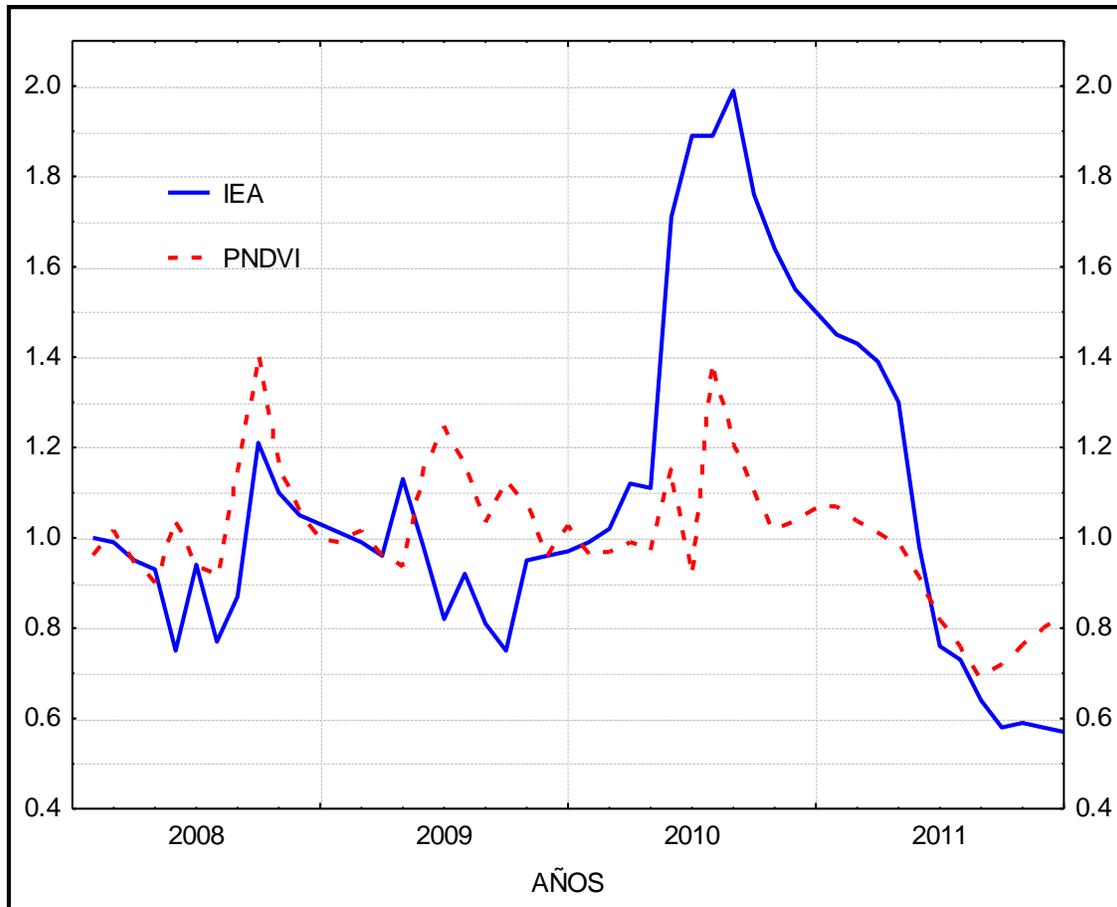


Figura 7. Rancho Santa Teresa La Rueda: Dinámica entre la Comparación de índice de estado de agostadero (IEA) de SESS vs proporción de índice de vegetación (PNDVI) de MODIS para los años 2008-2011.

Índice de estado del agostadero simulado con SESS y precipitación del modelo PRECIS.

Esta simulación se realizó de Enero de 2013 a Diciembre de 2020, para los escenarios A2 (escenario local que simula un mundo muy heterogéneo, con énfasis en riquezas humanas regionales) y B1 (escenario globalizado que simula un mundo donde la población se verá más interesada en el buen uso de los recursos). Como se observa en La figura 8, la relación entre escenarios es muy similar ($r = 0.93$), pero lo importante de esta figura, es que para finales de 2014 y principios de 2015; ambos escenarios muestran que estos años enfrentaran algunos problemas dado que se pronostica que la lluvia será menor a su promedio histórico. Pero siendo el problema más fuerte para el 2018 y 2019 donde todo el año estará por debajo de su promedio histórico.

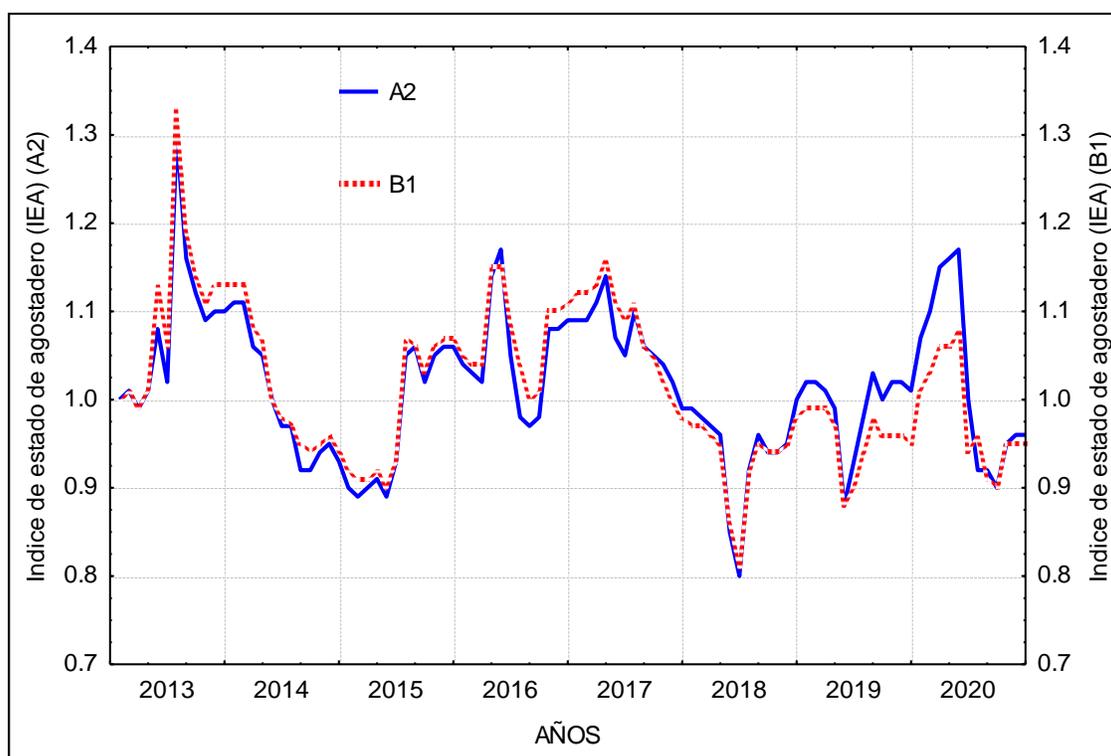


Figura 8. Rancho Las Ángeles: Dinámica del índice de estado de agostadero (IEA) para el año Enero 2013- Diciembre 2020, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1.

Como se puede observar en la Figura 9, en el Rancho las Norias, la relación entre escenarios es similar ($r = 0.99$) pero nuevamente como en el caso del Rancho los Ángeles, este rancho presenta para los años 2014 y 2015 un descenso de su promedio histórico.

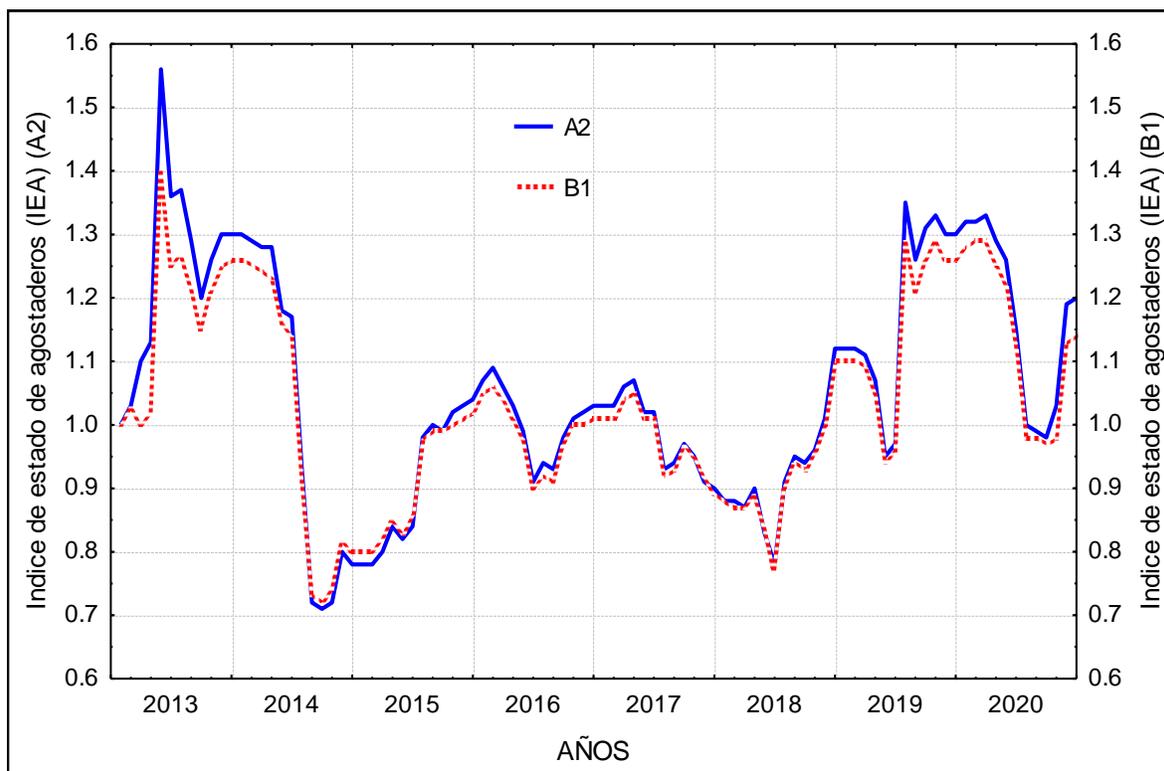


Figura 9. Rancho Las Norias: Dinámica del índice de estado de agostadero (IEA) para el año Enero 2013- Diciembre 2020, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1.

Como se observa en la Figura 10, nuevamente el 2014 para el rancho Santa Teresa, al igual que los dos ranchos descritos anteriormente, muestra un descenso importante en los dos escenarios. Encontrándose un tendencia similar ($r = 0.74$).

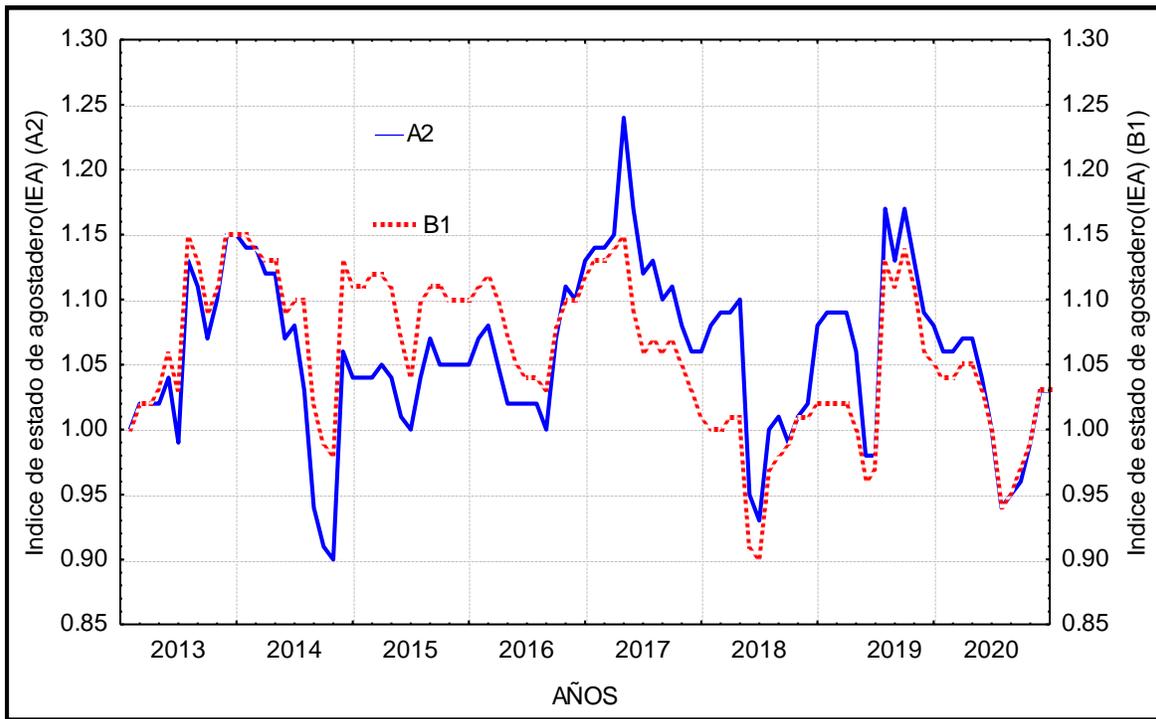


Figura 10. Rancho Santa Teresa la Rueda: Dinámica del índice de estado de agostadero (IEA) para el año Enero 2013- Diciembre 2020, bajo dos escenarios climáticos A2 y B1.

Producción de forraje utilizable (PFU) simulada con el modelo SESS y precipitación del modelo PRECIS.

Como se puede observar en la figura 11, la relación de la producción de forraje en el Rancho Los Ángeles, para los dos escenarios es muy similar aunque con cierta ventaja para un escenario en algunos años. La capacidad de carga esperada para este rancho con el paso de los años; presenta extremos de 22.41 ha/ UA como máximo, para el año 2013, y 31.21 ha/UA como mínimo, para el año de 2014.

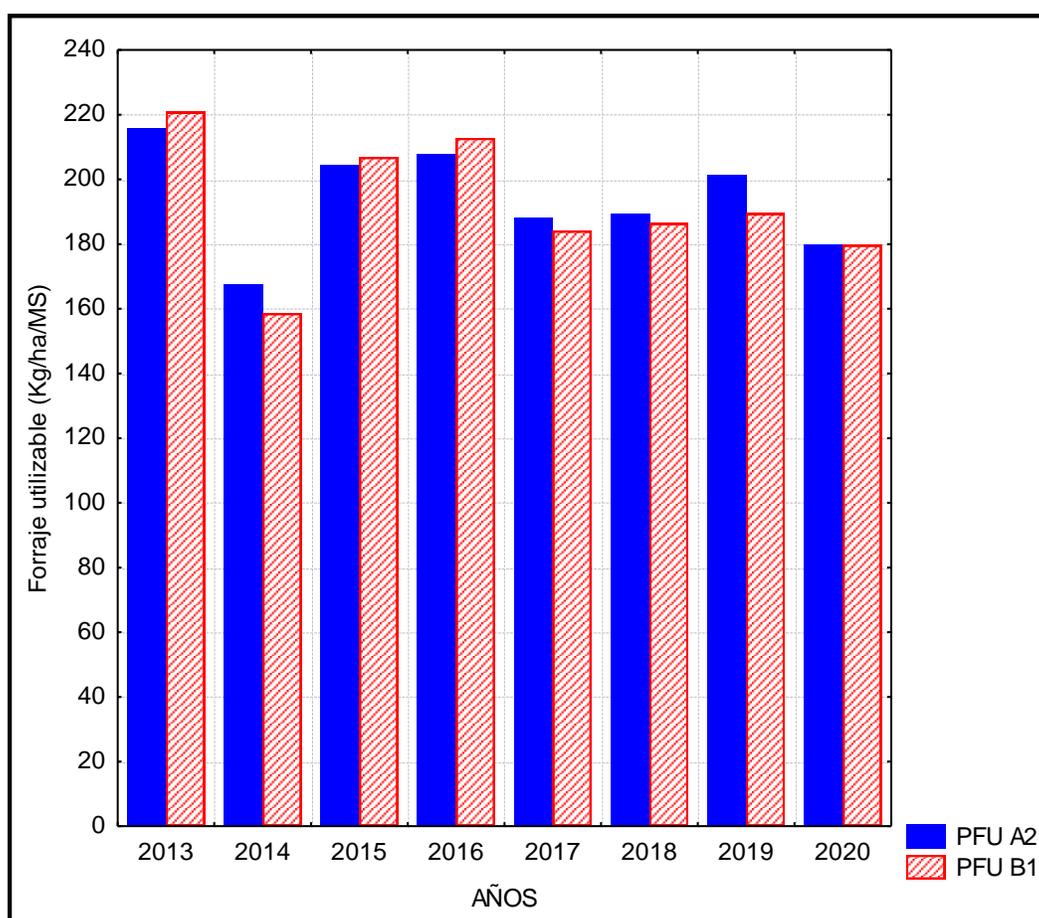


Figura11. Rancho Los Ángeles: Comparación de Producción de Forraje Utilizable

Bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020.

Para el caso del Rancho Las Norias se muestra que el 2014 será el año con menor producción de forraje utilizable, aunque en general los escenarios se muestran muy similares. En cuanto a cómo se comportará la capacidad de carga con el paso de los años esta será mayor, 40.14 ha/UA en el año 2013 y menor, 76.96 ha/UA en el 2014.

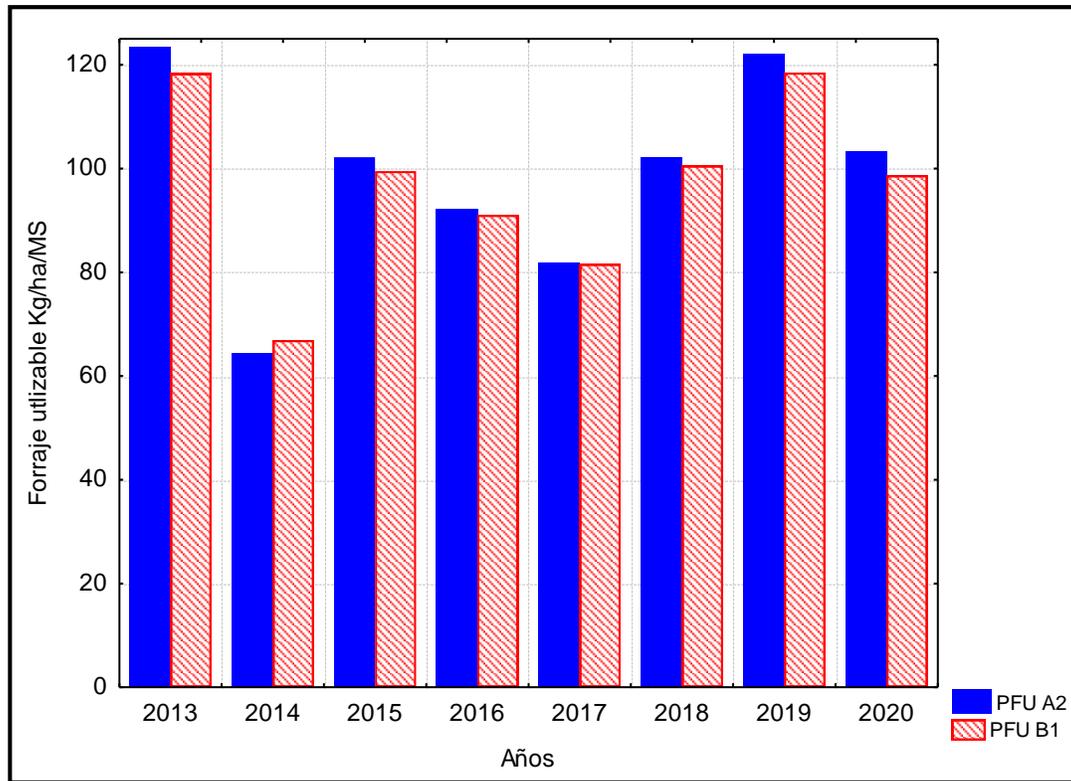


Figura 12. Rancho Las Norias: Comparación de Producción de Forraje Utilizable bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020.

Para el caso del Rancho Santa Teresa su tendencia en la producción de forraje utilizable es muy similar en los dos escenarios; en general no se ve mucha variación y en cuanto a la capacidad de carga se encuentra que para el año 2013 se pronostica 36.98 ha/UA llegando hasta 43.04 ha/UA en 2017.

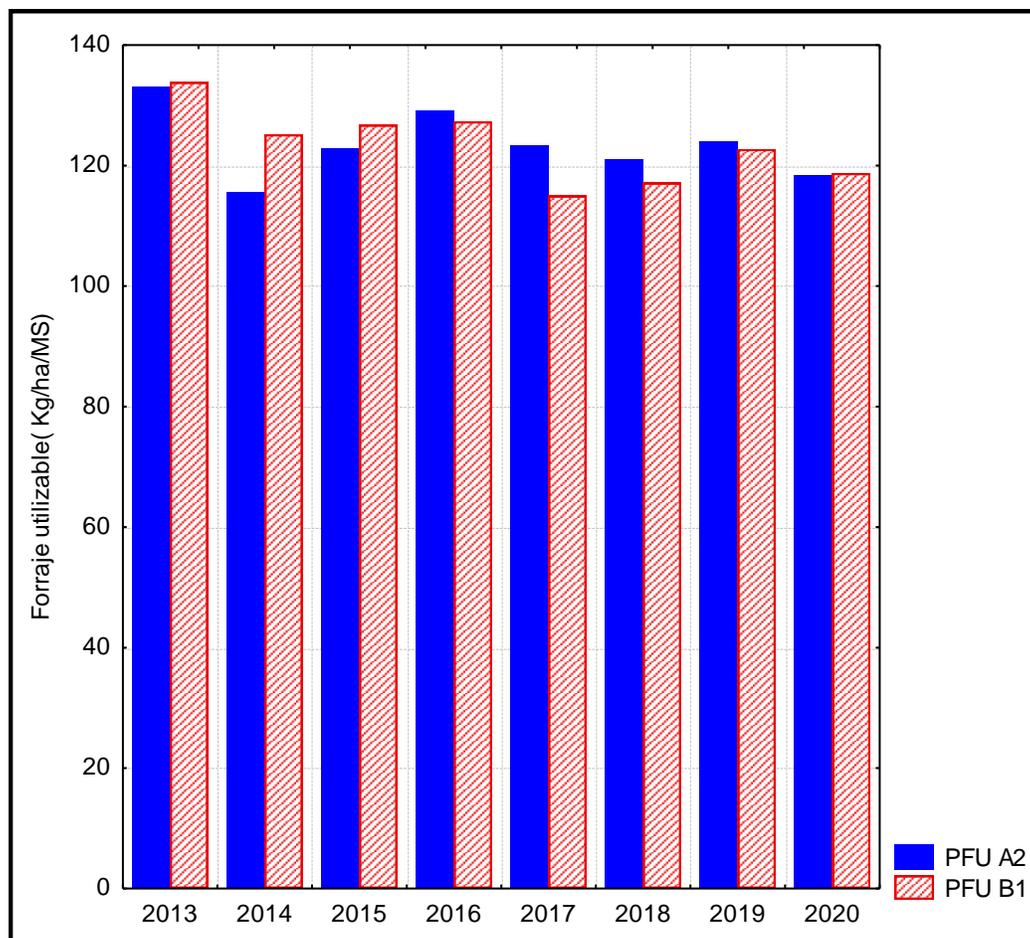


Figura 13. Rancho Santa Teresa La Rueda: Comparación de Producción de Forraje Utilizable Bajo dos escenarios A2 y B1 para los años 2013-2020.

Proyección de Producción de Forraje Utilizable para los años 2050 y 2080 bajo dos escenarios de cambio climático A2 y B1 utilizando el Modelo PRECIS para cada Rancho.

Para el caso del Rancho Los Ángeles, en la figura 14 se observa que tanto para el año 2050, como para el 2080, el escenario A2 es mejor que el B1 siendo este el que muestra mayor producción de forraje. Con una capacidad de carga que va desde 27.83 ha/UA en 2050 a 31.67 ha/UA para 2080.

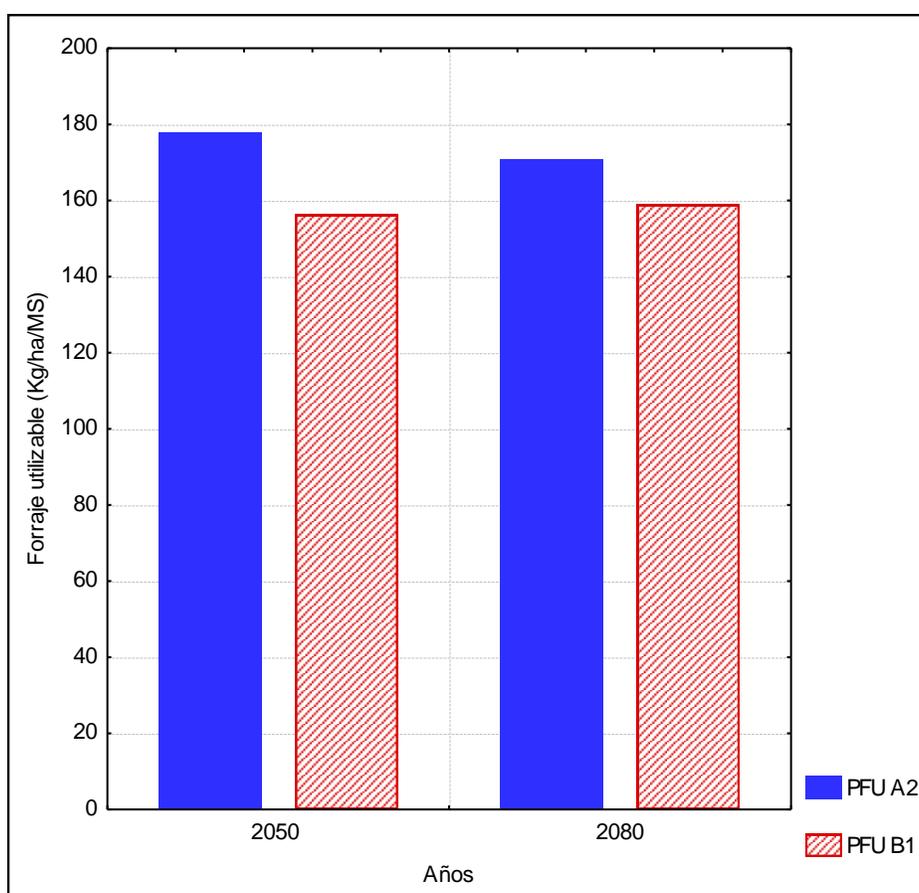


Figura 14. Rancho Los Ángeles: Dinámica de Producción de Forraje Utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1.

En la Figura 15 los resultados muestran que para el Rancho Las Norias, el escenario B1 es el que presenta una mejor producción de forraje tanto para el año 2050 como para el 2080. En relación a la capacidad de carga esta es de 39.06 ha/UA en 2080 y de 42.83 ha/UA en 2050.

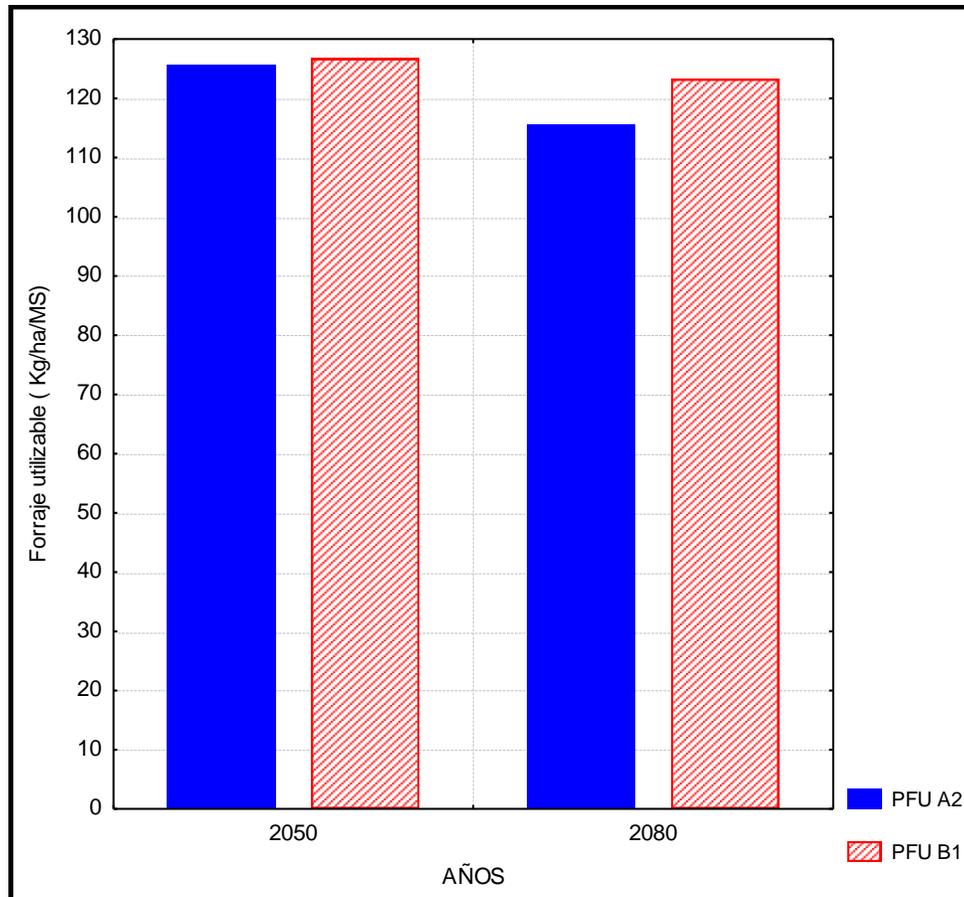


Figura 15. Rancho Las Norias: Dinámica de Producción de Forraje Utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1.

Como se puede observar en la figura 16 la relación entre los dos escenarios para el Rancho Santa Teresa; en el año 2050 el escenario B1 se mostrará mejor que el año 2080, en el que tendrá una disminución, siendo entonces que consecuentemente el escenario A2 será mejor. Lo cual se verá resaltado en la capacidad de carga que será de 38.65 ha/UA para 2080, y de 44.41 ha/UA para el 2080.

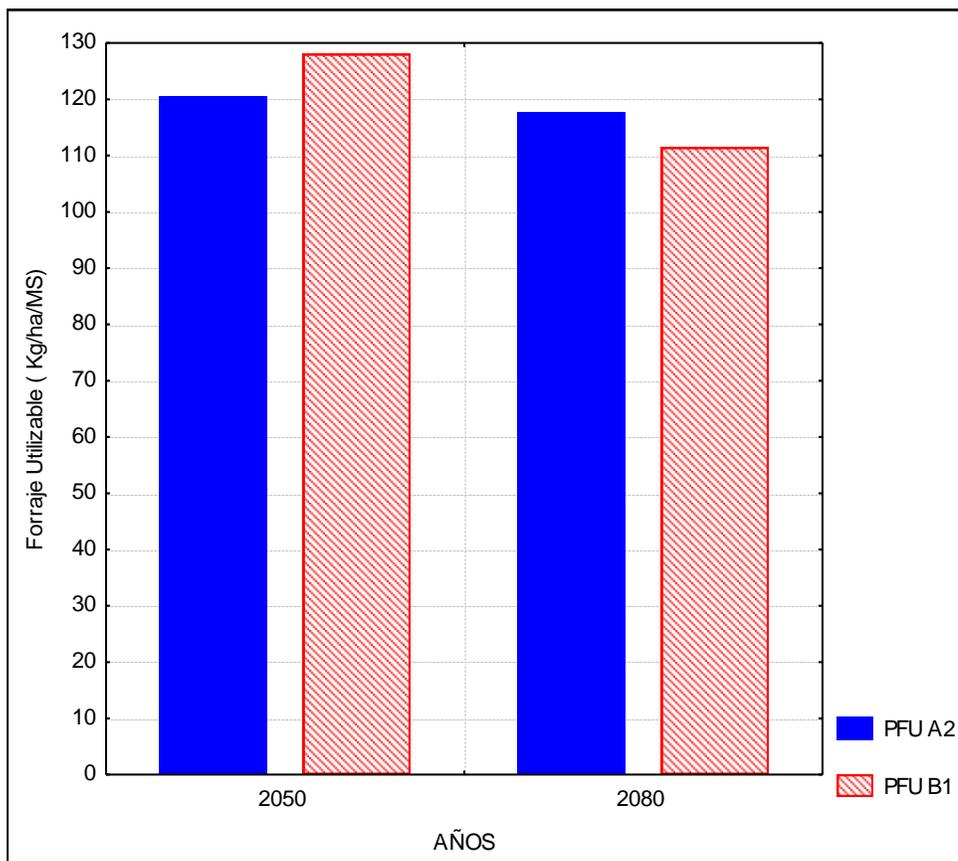


Figura 16. Rancho Santa Teresa La Rueda: Dinámica de Producción de Forraje Utilizable para los años 2050 y 2080 en dos escenarios climáticos A2 y B1.

V. DISCUSIÓN

En esta investigación, se buscaron y estudiaron estrategias y herramientas para conocer la dinámica de la vegetación de los agostaderos, en específico para tres ranchos ganaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se observó que, debido a la sequía que se vive en el norte del país se han hecho varios estudios relacionados a la supervivencia de los pastos ante este fenómeno; como es el realizado en el estado de Chihuahua por Pinedo *et al.* (2013) Quien hace un diagnóstico de cómo se prevé que se encuentre la producción de forraje, lo cual coincide con esta investigación en cuanto a la importancia de la producción de forraje, claro está que en otras investigaciones de igual manera se nota la gran preocupación que genera la interpretación de la dinámica que sufre y puede sufrir la vegetación del campo mexicano, pero también se advierte la falta de metodologías adecuadas para grandes superficies.

En relación de la vegetación ante el cambio climático ha habido estudios recientes que han evaluado escenarios climáticos con horizontes de tiempo en 2020, 2050 y 2080, bajo escenarios A2 y B2, concluyendo que para estos años habrá una ligera disminución de la lluvia, así como cambios en su distribución. Similar se menciona que el ciclo hidrológico se volverá más intenso por lo que proyectan más tormentas severas y a la intensidad de los periodos de sequía <http://www.slideshare.net/ginosmit/mexico-desertification-efectos-de-variacion-climatica-y-del-hombre-en-la-degradacion-de-tierras-presentation>.

Con respecto a esto en este trabajo, se notó que la precipitación tendrá una ligera disminución en cada uno de los ranchos analizados, además, para el año 2014 los tres ranchos analizados se pronostican un tanto difícil para la vegetación de los agostaderos dada la menor cantidad de lluvia y al mismo tiempo, como es de preverse, esto tendrá un impacto negativo en la ganadería para estos ranchos.

VI. CONCLUSIÓN

Con este trabajo, se logró conocer la dinámica a la que se enfrentará la vegetación de los agostaderos en los ranchos: Los Ángeles, Las Norias y Santa Teresa La Rueda, ante el cambio climático.

Uno de los puntos más importantes que se pudieron observar en los resultados antes expuestos es que para el año 2014, se prevé sea un año con muy poca precipitación por consecuente, la vegetación se pronostica estar muy por debajo de su promedio histórico en cada uno de los ranchos, siendo el más afectado el rancho Las Norias, que llegará a alcanzar 76.96 ha/UA. Pero en general este trabajo trajo una nueva visión a futuro de cómo se prevé que se encuentren estos Ranchos en relación a la dinámica de la vegetación con énfasis en el posible cambio que estos sufrirán ante el cambio climático.

Cabe destacar que al usar solamente la precipitación, se plantea la incógnita del efecto de la temperatura a los agostaderos, puesto que esta variable se verá más afectada con el cambio climático, y consecuentemente su efecto deberá ser muy importante.

VII. LITERATURA CITADA

- Bellón, *et al.* (1994), Masera, *et al.* (1992) y Segura (1992), Smith, *et al.* (1992), Shugart 1984. Fueron citados por Villers, L.R., Trejo-V.I., 2000. El cambio climático y la vegetación en México. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 57.
- Berlangua, F. J.L., 2003. Valuación del rancho ganadero experimental las Norias. Tesis Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 52-59.
- Dehua Mao, Zongming Wang, Ling Luo, Chunying Ren. 2012. Integrating AVHRR and MODIS data to monitor NDVI changes and their relationships with climatic parameters in Northeast China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 18, pp. 528-536.
- Diaz-Solis, H., M.M. Kothmann, W.T. Hamilton, W.E. Grant, 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semiarid Grazinglands. *Agricultural Systems* 76 (2003) 655–680.
- Figuras 1, 2,3. 2013. Proporcionadas por el estudiante de Maestría en Zootecnia el Ingeniero Amaury Esquivel Romo.
- García, E.R., López, T.R. 1997. Rancho demostrativo “Los Ángeles” Monografía histórica (1930-1995) UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 3-24.

- Gómez, D. JD., Monterroso, R. AI., Toledo M. ML., Tinoco R. JA. 2008. Generación de escenarios de cambio climático a escala regional, al 2030 y 2050; evaluación de la vulnerabilidad y opciones de adaptación de los asentamientos humanos, la biodiversidad y los sectores ganadero, forestal y pesquero, ante los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos; y fomento de capacidades y asistencia técnica a especialistas estatales que elaborarán programas estatales de cambio climático. Instituto de ecología. México. Pp. 120.
- Maruri, A.J. 2002. Índice de vegetación (NDVI). Secretaría de desarrollo agropecuario. Gobierno de Querétaro. Pp. 1-7.
- Melgoza, A.C. 2006. Situación Actual de los Agostaderos. Campo Experimental La Campana, INIFAP-SAGARPA. Pp.86.
- Mendoza, H. JM. 2012. Proyecciones climáticas para el estado de Coahuila bajo dos escenarios usando el modelo PRECIS. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Miranda, J.D., C. Armas, F.M. Padilla, F.I. Pugnaire.2011.Climatic change and rainfall patterns: Effects on semi-arid plant communities of the Iberian Southeast.Journal of Arid Environments.Volume 75, Issue 12, December 2011,Pp. 1302–1309.

- Moncayo, P. MA., 1994. Manejo y rehabilitación de agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México (Región Norte). Instituto Nacional de Ecología. Saltillo, Coahuila. Pp. 4-10.
- Pinedo, A.C., Q.N.S. Hernández, C.A Melgoza, V.M. Rentería, S.V.C. Vélez, N.C. Morales, E.E. Santellano y E.Esparza. 2013. Diagnóstico Actual Y Sustentabilidad de los Pastizales del estado de Chihuahua ante el Cambio Climático. Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16). Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Mex.
- Rodríguez, A. M. 2008. Modelos de simulación para cereales forrajeros en el sur de nuevo león, Tesis Maestría. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Villers, L.R., Trejo-V.I., 2000. El cambio climático y la vegetación en México. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 57.
- Younis, M.T., M.A. Gilabert y J. Meliá.1999. La dinámica de la vegetación como indicador de la desertificación en la cuenca del Guadalentín, En España. Consultado en: <http://www.aet.org.es/congresos/viii/alb5.pdf>.
- Zubias, M.E. 1996. Evaluación de diferentes tiempos de retiro de un agente sincronizador intravaginal (CIDER-B) en un programa de manejo reproductivo de bovino de carne. Tesis licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 40-43.

Paginas consultadas en internet

Sensor Modis. http://www.dcomg.upv.es/~chernan/sistema_integral/incendios/Modis.htm.

Consultado el 20 de febrero del 2013.

Monitoreo de agostaderos y pastizales. Análisis dinámico de áreas naturales.

<https://sites.google.com/a/sima-coahuila.com/agostaderos-de-coahuila/2--coahuila/estado-de-agostaderos>. Consultado el 19 de abril del 2013.

Precis Caribe. Proyectando el cambio climático en el caribe con el modelo climático regional

HADRCM. <http://precis.insmet.cu/datos.html>. Consultado el 10 de marzo del 2013.

Simulación, Modelos y Simulación: <http://materias.fi.uba.ar/7526/docs/teoria.pdf>.

Consultado el 3 de mayo del 2013.

Vegetación de Coahuila.

http://www.coahuila.gob.mx/index.php/sitios/Invierte_en_nuestro_Estado/Geografia.

Consultado el 5 de Mayo del 2013.