

**(:ENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y
DESARROLLO), A.C.:**

**"GANADERÍA Y CAMBIOS DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA
REGIÓN CENTRAL DE SONORA. IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE Y
VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES PECUARIOS EN EL
CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO".**

Por:

LUIS CARLOS BRAVO PEÑA

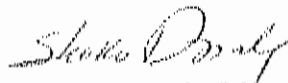
**TESIS APROBADA POR
LA COORDINACIÓN DE DESARROLLO REGIONAL**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de tesis de Luis Carlos Bravo Peña, le han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias.



Dra. Olga Shoko Doode Matsumoto
Directora de tesis



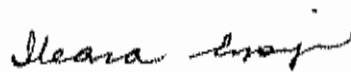
Dr. Alejandro E. Castellanos Villegas
Co-director de tesis



Dr. Ernesto Camou Healy



Dra. Diana Luque Agraz

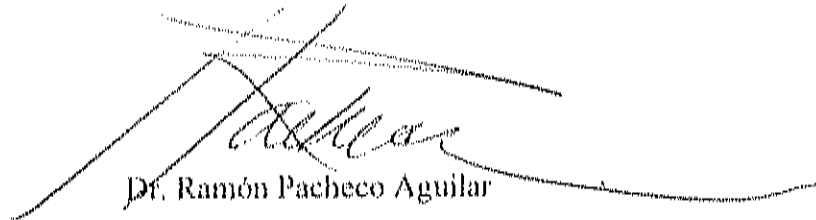


Dra. Heana Espejel Carbajal

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso del autor, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de datos obtenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, A.C., previa aprobación escrita del manuscrito en cuestión, de la directora de tesis.



Dr. Ramón Pacheco Aguilar

Director General.

CIAD A.C.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó en el marco del proyecto CONACYT CB06-61865, "Cambios en la Cubierta Vegetal e Impactos de la Actividad Ganadera. Estudio de las Interacciones Ecológicas y Socio-Económicas", mismo que estuvo bajo la dirección del Dr. Alejandro E. Castellanos Villegas, en el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS) de la Universidad de Sonora (UNISON).

Se agradece el financiamiento brindado por CONACYT para la realización de dicho proyecto, y la beca que me otorgó el mismo Consejo para realizar mis estudios doctorales en CIAD, A.C., con este tema de investigación. Fui un alumno de doctorado con un tránsito constante entre la Universidad de Sonora y CIAD A.C., y agradezco profundamente a ambas instituciones, todas las facilidades brindadas para el desarrollo de mi trabajo. En particular, agradezco al DICTUS (UNISON), y a la Coordinación de Desarrollo Regional (CIAD A.C.), todo el apoyo logístico, y los espacios que me facilitaron en estos tres años.

Como muchos otros doctorantes, cuando inicié mi proyecto de tesis no imaginaba la tarea que tenía enfrente. Los Doctores Olga Shoko Doode Matsumoto (CIAD A.C.), y Alejandro E. Castellanos Villegas (DICTUS, UNISON), en su calidad de Director y Co-director de tesis, tuvieron un papel fundamental para delimitar y abordar el problema de estudio. Sin su ayuda este documento no sería posible. Cada uno me guió en distintas etapas, muy atinadamente, en sus respectivos campos. Son dos asesores brillantes, pero más allá de sus inteligentes asesorías, siempre me brindaron su amistad y su confianza. Las palabras no me alcanzan para agradecerles todo lo que

quisiera. Tengo una deuda de gratitud con ambos, por el resto de mi vida. En particular, gracias Dr. Castellanos. Su apoyo ha sido invaluable.

Con mis Sinodales también he sido afortunado. Aunque la relación académica entre un estudiante y su sinodal es diferente a la relación que establece con su Director o Co-director, los consejos y observaciones de los doctores Diana Luque Agraz, Ernesto Camou Healy, y Martha Heana Espejel, me ayudaron a corregir el rumbo más de una vez. Cada uno me ayudó a explorar caminos académicos distintos, facilitando que esta experiencia de investigación fuera más productiva y fecunda.

La interacción y el trabajo con la Dra. Luque me ayudó a construir un concepto propio de Vulnerabilidad, y a entender este fenómeno desde la perspectiva de la Ecología Política. En particular, me ayudó a establecer los vínculos entre Vulnerabilidad y la Segunda Contradicción del Capital. También le debo a la Dra. Luque, el que ahora puedo concebir el proceso de investigación, desde un paradigma epistemológico que era totalmente desconocido para mí. La charla e interacción con el Dr. Camou me ayudó a identificar los factores más relevantes para comprender el problema de estudio, a centrar mi trabajo de campo en aquellos aspectos que darían más solidez a mis resultados, y a ubicar mi discusión en el marco de referencia del Materialismo Histórico. Los diálogos y el intercambio de correos con la Dra. Espejel fueron muy importantes para identificar la ruta a seguir en la investigación documental y con los funcionarios de gobierno, principalmente en los aspectos vinculados con las propuestas de fomento pecuario que se mencionan en el trabajo, o con los instrumentos de regulación ambiental que podrían aplicarse en el fenómeno que hemos abordado. Mi profunda gratitud para los tres. Gracias Heana por ser parte de mi vida desde hace tantos años.

Merece mención especial la Maestra Gloria Cañez. No fue mi sinodal, pero sus observaciones fueron determinantes en cada una de las fases de esta investigación. Con gran experiencia académica y en el trabajo de campo, sus consejos me ayudaron a reorientar el trabajo en distintas ocasiones. Gracias maestra por su tiempo, por su amistad, y por sus atinadas sugerencias de siempre. Nunca olvidaré esas cálidas y productivas charlas en su cubículo.

¿Qué decir de mis informantes? Me ayudaron a ver el problema de investigación con otra mirada, a sentir su vulnerabilidad frente al deterioro ecológico del agostadero, con mi propio corazón. Gracias mil por su tiempo, por su calidez, por su franqueza, por abrirme las puertas de su casa, o sus oficinas, y por la confianza para compartir datos y hacerme sugerencias. Gracias a los productores Don Pedro Manzo, Don Tomás Cota, Don Armando Pazos, Don Marco Antonio Palacios, Don José Luis Rendón, Don Narciso Mejía; y a los funcionarios Biól. Everardo Camero, Ing. Elvia García Cruz, Ing. Ricardo García, Sres. Adán Preciado y Ricardo Preciado. Gracias a todos ellos, y a los que no menciono por falta de espacio. Gracias por acompañarme a su manera en este proceso.

Vaya también un agradecimiento muy respetuoso a los maestros que tuve en CIAD, como coordinadores de algún curso, o simplemente como acompañantes en esta aventura. A riesgo de olvidar algún nombre por mi mala memoria, quiero expresar mi gratitud a la Dra. Ana María Calderón, a la Dra. Elisa Valenzuela, a la Dra. María del Carmen Hernández, al Dr. Martín Esqueda, a la Dra. Luz Vázquez, al Dr. Jesús Hernández, al Dr. Rogerio Sotelo, al Dr. Luis Huesca, al Dr. Carlos Borbón, a la Dra. Cristina Taddei, a la Dra. Juana María Melendez, a la M. en C. Rebeca Noriega, al M.

en C. Antonio Ulloa, a la Dra. Gloria Yépez y al Dr. Ramón Pacheco. Sus clases, observaciones al trabajo durante los seminarios o fuera de estos, o su simple acompañamiento durante mi estancia en CIAD, fueron siempre muy enriquecedoras. Gracias también por su apertura para las consultas, incluso en los pasillos. Es algo que nunca pasa desapercibido para un estudiante.

Gracias también a mis compañeros en el seminario de investigación de los doctorantes, en CIAD. Sus observaciones y sugerencias en clase, aunque a veces demoledoras, fueron siempre muy constructivas. Me ayudaron a exigirme más, a ser más riguroso conmigo mismo, a aprender a ser riguroso con otros.

Un agradecimiento muy sincero al personal de apoyo en Biblioteca, en la Coordinación de Programas Académicos, y en la Coordinación de Desarrollo Regional. Su apoyo y ánimo fue siempre invaluable en estos tres años. Gracias sentidas a mis buenos amigos Luis Conde y Don Gerardo Reyna, al eficiente Héctor Galindo, a las gentiles Laura García, Verónica Araiza, Ana Isabel Escobedo, Argelia Marín e Irene Valenzuela. Gracias por su disponibilidad y amabilidad de siempre.

Gracias a mis compañeros del Laboratorio de Ecofisiología Vegetal en el DICTUS (UNISON): José Llano, Hernán Celaya, Deladier Robles, Raúl Romo, Adrian Escobar, Daniela Ochoa, Cesar Hinojos, Adrian Escobar, Arturo Ibarra, y a mi gran amigo, Octavio Gautrín. Hicieron más llevadero y ameno el trabajo, me enriquecieron con sus charlas y observaciones, me ayudaron con las tareas de campo, y me brindaron sobre todo su amistad. Gracias por todo ello. Sepan también que cuentan conmigo.

Un agradecimiento muy cálido a la Sra. Patricia Arrizon, responsable del área de Proyectos Especiales en DICTUS. Más de una vez metió el hombro por mí, y me ayudó

muy eficientemente con los vericuetos de la comprobación de gastos. Ese es el dolor de cabeza en todo proyecto de investigación financiado con fondos externos.

Mi más sincero agradecimiento a Don José María Gamboa, esposo y compañero de mi directora de tesis. Las amenas charlas en su casa, donde compartió conmigo su experiencia de años de trabajo de campo, enriquecieron mucho mi trabajo. Gracias Don Chema, cuenta usted conmigo para lo que se ofrezca.

Un agradecimiento muy respetuoso, cálido y profundo, a mis suegros. Ambos me dieron un apoyo incondicional, siempre estuvieron disponibles a nuestras necesidades, nos echaron la mano con apoyo logístico, cuantas veces se requirió por las exigencias del trabajo. Gracias mil por ser mis padres adoptivos. Gracias también, muy profundas y llenas de cariño, a mis padres biológicos Indalecio y Martha, a mis hermanos Xóchitl y Omar, y a mis tíos Linda, Rodolfo, Francisco, Consuelo y Guadalupe, con sus respectivas familias. Me han apoyado sin reservas, económica y moralmente, detrás de la trinchera. En particular, gracias a mis Padres, gracias por el ejemplo de lucha, honestidad y coherencia, que me han brindado toda la vida.

Por último, aunque en realidad desde el principio, gracias a Dios. Él es el verdadero artífice de todo esto.

A Ana Cecilia, mi amada esposa.

A Juan Pablo, nuestro amado hijo.

A mis padres.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I:	7
INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	
1. CONSOLIDACIÓN DEL CAPITALISMO Y SUBSTITUCIÓN DEL MODELO PRODUCTIVO DE LA GANADERÍA BOVINA.	8
2. LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO Y SU EXPLICACIÓN DESDE LA PERSPECTIVA ECOMARXISTA.	14
3. EL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD.	22
4. LA VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES PECUARIOS EN LA REGIÓN CENTRO-ORIENTE DE SONORA.	28
5. LA UTILIDAD DEL ENFOQUE DE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD PARA ABORDAR PROBLEMAS AMBIENTALES COMO ESTE.	37
6. HIPÓTESIS DE ESTE TRABAJO	56
7. OBJETIVOS	62
CAPÍTULO II:	68
DIFERENCIAS ESPACIO-TEMPORALES DEL INDICE DE LA DIFERENCIA NORMALIZADA DE LA VEGETACIÓN (NDVI) ENTRE ÁREAS CON ZACATE BUFFEL Y CON VEGETACIÓN NATURAL DE LA REGIÓN CENTRAL DE SONORA.	
RESUMEN	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUCCIÓN.	71
1.1. Área de estudio.	75
2. METODOLOGÍA.	77
2.1. El índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI).	77
2.2. Las imágenes MODIS.	78
3. RESULTADOS.	82
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	97
5. CONCLUSIONES.	103
6. AGRADECIMIENTOS.	104
7. REFERENCIAS.	104
CAPÍTULO III:	112
POLÍTICAS RURALES Y PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL. ELEMENTOS PARA REFORMULAR INSTRUMENTOS DE FOMENTO AGROPECUARIO RELACIONADOS CON LA APERTURA DE PRADERAS GANADERAS.	
RESUMEN:	113
1. INTRODUCCIÓN.	114

2. EL FOMENTO PECUARIO Y LA DEFORESTACIÓN EN MÉXICO.	118
a) La regulación ambiental de la ganadería bovina en la década de los setentas.	118
b) El nuevo esquema de fomento agropecuario en la década de los 80's.	121
c) El programa Alianza para el Campo y los cambios de la cobertura vegetal.	123
d) Impactos vinculados con los atributos ecológicos de los pastos introducidos.	128
e) El papel de PROGAN en la conservación o el deterioro de la cubierta vegetal.	129
3. LA REGULACIÓN AMBIENTAL DE PRADERAS GANADERAS.	131
4. ELEMENTOS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LOS SUBSIDIOS VINCULADOS CON LA APERTURA DE PRADERAS.	136
5. AGRADECIMIENTOS.	142
6. BIBLIOGRAFÍA.	143
CAPÍTULO IV:	153
SEQUÍA AGROPECUARIA Y VULNERABILIDAD EN EL CENTRO ORIENTE DE SONORA. UN CASO DE ESTUDIO ENFOCADO A LA ACTIVIDAD GANADERA DE PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE BECERROS.	
RESUMEN:	154
1. INTRODUCCIÓN.	155
2. METODOLOGÍA.	157
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	159
3.1. Caracterización de la Amenaza Socio-Natural.	159
3.1.1. Características físicas e hidrológicas del Municipio.	159
3.1.2. Coeficientes de agostadero y sobre-carga animal.	161
3.1.3. El perfil racial del ganado.	162
3.1.4. Desmonte de vegetación natural e introducción de zacate buffel.	163
3.1.5. Infraestructura ganadera para la extracción o acopio de agua.	164
3.2. Caracterización de la Capacidad de Respuesta frente a la Sequía.	165
3.2.1. Caracterización y diferencias sociales entre productores pecuarios.	165
3.2.2. Estrategias de los productores para enfrentar la sequía.	167
3.2.3. Estrategia 1: Proporcionar suplementos alimenticios al ganado.	168
3.2.4. Estrategia 2: Ajustar el tamaño del hato al forraje disponible.	168
3.2.5. Estrategia 3: La rotación del agostadero.	169
3.2.6. Estrategia 4: Cambios del perfil genético del hato.	170
3.2.7. Estrategia 5: Medidas de labranza agrícola.	171
3.2.8. Estrategia 6: El destete precoz de becerros.	171
3.2.9. Estrategia 7: Préstamos sustentados en la existencia de capital social.	172

3.2.10. Estrategia 8: Buscar recursos económicos fuera del rancho.	173
3.3. Las acciones de los programas gubernamentales de fomento ganadero.	174
3.3.1. El programa Alianza para el Campo (ALCAMPO).	174
3.3.2. Los recursos del Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Sequía Recurrente (PIASRIE)	177
3.3.3. El Programa de Apoyo Ganadero (PROGAN)	179
3.3.4. El Crédito del SIDEGAN.	180
3.4. Elementos que pueden mejorar la Capacidad de Respuesta.	181
4. CONCLUSIONES.	184
5. AGRADECIMIENTOS.	185
6. REFERENCIAS.	186
CAPÍTULO V:	195
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.	
5.1. La Vulnerabilidad se retroalimenta de las contradicciones de clase existentes entre diferentes estratos pecuarios.	196
5.2. La Vulnerabilidad de los productores pecuarios, es la expresión concreta de un “Conflicto de la Distribución Ecológica”, donde las fuerzas del capital han jugado un papel prominente.	204
5.3. El conflicto de la distribución ecológica que hemos descrito, puede hacerse más severo en el escenario de cambio climático previsto para esta región de México.	214
5.4. Nuestro abordaje es consistente con el enfoque de las ciencias de la complejidad, y con paradigmas de vanguardia para entender el fenómeno de la degradación/desertificación de la tierra y sus repercusiones sociales.	218
5.5. Las soluciones propuestas reconocen la multi-dimensionalidad y multi-causalidad del fenómeno de la vulnerabilidad.	223
5.6. Es importante fortalecer y reconstruir el tejido social entre los productores en pequeño, y la capacidad de implementar medidas adicionales de respuesta.	225
6. REFERENCIAS DE LOS CAPÍTULOS I Y V	231
ANEXO 1. INFORMANTES CONSULTADOS.	256
ANEXO 2. CARTAS DE ACEPTACIÓN DE LOS MANUSCRITOS.	262

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II	
Tabla 1. Áreas bajo desmonte y con polígonos naturales monitoreados por zona.	82
Tabla 2. Valores de NDVI Isoyeta de 500-600 mm (Zona Este).	84
Tabla 3. Valores NDVI Isoyeta de 400-500 mm (Zona Centro).	85
Tabla 4. Valores NDVI Isoyeta de 300-400 mm (Zona Oeste).	85
Tabla 5. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 600-500 mm.	88
Tabla 6. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 400-500 mm.	89
Tabla 7. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 300-400 mm.	90
Tabla 8. Límite de los Percentiles 50 y 90 de NDVI por clase y estación del año.	95
CAPÍTULO III	
Cuadro 1. Cambios de uso del terreno y afectaciones por bioma a nivel nacional durante el periodo 1976-2000.	115
Cuadro 2. Desmontes anuales financiados por ALCAMPO en el estado de Sonora durante el periodo 1996-2006 (Has).	125
Cuadro 3. Contribuciones del programa ALCAMPO al desmonte por apertura de praderas ganaderas en Sonora durante el sexenio 2001-2006.	127
Cuadro 4. Superficie de praderas (Hectáreas) subsidiada por el programa ALCAMPO en el municipio de La Colorada (1996-2006).	127
Cuadro 5. Destino de los recursos invertidos en la habilitación de praderas por el programa ALCAMPO en Sonora y en el Municipio de La Colorada (1997-2006).	138
CAPÍTULO IV	
Tabla 1. Comportamiento histórico estatal y local del hato ganadero.	162
Tabla 2. Inversiones de fomento a la ganadería bovina por el Programa ALCAMPO durante los años 2005 y 2006 en el municipio de la Colorada.	176
Tabla 3. Beneficiarios de ALCAMPO en La Colorada durante los años 2005 y 2006.	177
CAPÍTULO V	
Tabla 1. Condición de las praderas muestreadas en este trabajo, en base a su densidad y cobertura vegetal.	203

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I	
Figura 1. Evolución reciente del precio internacional de maíz, sorgo y trigo (Dólares/Ton), insumos utilizados en la engorda de bovinos.	31
Figura 2. Comportamiento del precio del becerro de primera (120-160 kg), durante el periodo Julio de 2007 a Enero de 2009.	32
Figura 3. Convergencia local entre la amenaza ambiental y los factores que inducen vulnerabilidad.	36
CAPÍTULO II	
Figura 1. Localización y rangos de precipitación en la zona de estudio.	75
Figura 2. Patrón histórico de la precipitación pluvial en la Zona.	77
Figura 3. Anomalias de la precipitación pluvial durante las últimas cuatro décadas	79
Figura 4. Diagrama metodológico de obtención de los valores de NDVI, y su registro en bases de datos para procesamiento estadístico.	81
Figura 5. Comportamiento del NDVI por clase y rango de precipitación.	83
Figura 6. Comportamiento mensual de la precipitación y temperatura en la zona central del estado (Se ejemplifica con la Isoyeta de 300 a 400 mm).	83
Figura 7. Comportamiento del NDVI por zona y clase durante la temporada seca.	91
Figura 8. Comportamiento del NDVI por zona y clase durante la temporada húmeda.	92
Figura 9. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación nativa, en los periodos medios de cada una de las estaciones del año (zona Este).	93
Figura 10. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación nativa, a mitad de cada una de las estaciones del año (zona Centro).	94
Figura 11. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación nativa, a mitad de cada una de las estaciones del año (zona Oeste).	95
CAPÍTULO III.	
Figura 1. Localización del municipio de La Colorada, en el centro de Sonora. .	126
CAPÍTULO IV	
Figura 1. Localización del municipio de La Colorada, en el centro de Sonora.	160
Figura 2. Patrón histórico de la precipitación pluvial en la zona.	161
Figura 3. Factores locales que convierten a la sequía meteorológica en sequía agropecuaria.	182
Figura 4. Ciclo de vulnerabilidad creciente a la sequía, entre los productores pecuarios sin acceso a recursos o créditos.	183

CAPÍTULO V

Figura 1. Rutas de deterioro o rehabilitación potenciales en las praderas de zacate buffel que se han degradado.	201
Figura 2. "Pradera" del sector social, Ejido Tecoripa.	203
Figura 3. Destino de los recursos ejercidos por el Programa Alcampo en el Municipio de La Colorada, periodo 1997-2006.	213
Figura 4. Destino de los recursos ejercidos por el Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN) en el Municipio de La Colorada, periodo 1997-2006.	214
Figura 5. Elementos que configuran la vulnerabilidad <i>–o no sustentabilidad–</i> , de los productores pecuarios y la ganadería bovina en el centro de Sonora.	218

GANADERÍA Y CAMBIOS DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA REGIÓN CENTRAL DE SONORA. IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE Y VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES PECUARIOS EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

RESUMEN:

En este trabajo se abordan las relaciones entre el proceso de cambio tecnológico de la ganadería bovina sonoreense, el establecimiento de praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare*), y la vulnerabilidad de los productores pecuarios frente a eventos de sequía, fenómeno que incrementarán su severidad de acuerdo a los escenarios de cambio climático para el noroeste de México. El abordaje se realiza mediante una aproximación trans-disciplinaria, con enfoque crítico, desde el paradigma epistemológico de las ciencias de la complejidad. Desde este paradigma, se consideró a la vulnerabilidad de los productores pecuarios como un fenómeno multidimensional, inserto en una matriz de causas históricas y económicas, y vinculado con la incompatibilidad existente entre el paquete tecnológico impuesto por el sistema capitalista de comercialización y producción de becerros, y las condiciones ecológicas de los agostaderos áridos y semiáridos del centro de Sonora. Desde esta perspectiva, se analizó la vulnerabilidad bajo el enfoque previsto por la Ecología Política, tomando como referente teórico a la Segunda Contradicción del Capital, formulación teórica del Eco-marxismo, que postula que el capital amenaza su propia reproducción, al deteriorar los recursos naturales que lo sustentan. Para el abordaje empírico de la vulnerabilidad, se consideraron los impactos ecológicos del establecimiento de praderas de zacate buffel Sonora, y las estrategias de respuesta de los productores pecuarios durante los períodos de sequía.

Sonora, y las estrategias de los productores durante los periodos de sequía. Fue incluido en términos de la caracterización del espacio-temporal del índice de Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI) en parcelas de zonas húmedas y secas con vegetación natural del centro de Sonora, y la aplicación de técnicas de investigación cuantitativa (entrevista estructurada, entrevista a profundidad, observación participante, entrevista informal) en los productores del municipio de La Colorada, municipios de los distritos estratos productivos que distinguen en la ganadería de exportación de bovinos. Los resultados obtenidos indican que la reducción de la lluvia agravó los efectos de la sequía de lluvia sobre la producción de maíz de agosto, y que la capacidad de respuesta frente a este fenómeno, se incrementa en la medida que los productores participan en cursos a diferentes extensiones de tierra, operan con tecnologías mayores de rentabilidad económica, o favorecen de recursos, recursos de reciprocidad y apoyo. Se identificaron ocho estrategias de respuesta frente a las disminuciones de la productividad, y niveles mayores de vulnerabilidad, entre los productores de los estratos bajos de la cadena de producción-canalización de bovinos. Estos productores sólo se enfocan en la cría, regularmente disponen de poca tierra u operan con tecnologías muy bajas de utilidad. Los productores de estratos medios, levados, pequeños artículos en la cadena productiva como comestibles, verduras, hortalizas de campo, que tienen mayor acceso a servicios, agua (disponen de amplias superficies de tierra, o que no se encuentran solamente en la tía, tienen mayor capacidad de respuesta) son los más vulnerables. Los resultados obtenidos, los indicadores de correlación espacial del NDVI, indican que el comportamiento de las parcelas de zonas húmedas y secas durante el periodo de sequía, la

producción forrajera del agostadero sonoreense en los ciclos de compraventa de becerros. Sin embargo, la información revela que este punto genera impactos ecológicos que inciden en la disponibilidad de los productos a los periodos secos, y coinciden con las sequías previstas en los escenarios de cambio climático para esta región del noroeste de México. De acuerdo a los hallazgos de la investigación etnográfica, la vulnerabilidad respecto a los periodos de ausencia de lluvias, es desigual entre las diferentes comunidades. Dicha desigualdad, que en términos de la Ecología Política, implica un conflicto de la distribución etológica, indica que la Segunda Contradicción del Capital adquiere una relevancia entre los productores con menor disponibilidad de recursos, y que en su vez, se reorientan de las contradicciones (que elabore existencias entre los diferentes sectores pecuarios). Durante la investigación se entrevistó a funcionarios de gobierno y otros informantes vinculados con la actividad pecuaria, y se identificaron los factores que favorecen la implementación de políticas, que permiten, a su vez, en el documento se mencionan las estrategias de tipo preventivo que deben perfeccionarse, para mejorar la regulación ambiental de predios y parcelas individuales. Se recomienda en particular, el desarrollo de nuevos esquemas de producción bovina, y estrategias de fomento al sector más equitativo, en términos de género, que propicien el desarrollo de capacidades alternativas en ejidos y comunidades. Estas medidas ayudarán a reducir la vulnerabilidad de los productores pecuarios.

Palabras clave: Cria, Soberanía, Impactos sobre el Paisaje, Segunda Contradicción del Capital, Productores Pecuarios, Vulnerabilidad, Cambio Climático, Ecología Política, etc.

**LIVESTOCK AND VEGETATION COVERAGE CHANGES IN THE CENTRAL
REGION OF SONORA. IMPLICATIONS ON THE LANDSCAPE AND
VULNERABILITY OF THE CATTLE PRODUCTIONS IN THE CONTEXT OF
THE CLIMATE CHANGE,**

ABSTRACT:

This work addresses the relationship between the process of technological change of the Sonoran cattle, the establishment of high-density pastures (Pastorales), and the vulnerability of livestock production, especially drought events, phenomena that will increase their severity according to different climate scenarios for northwest Mexico. This is done through a multi-disciplinary and critical approach, through the epistemological paradigm of complexity. From this paradigm, we considered the vulnerability of livestock production as a multidimensional phenomenon embedded in a matrix of historical and economic crises, linked to the incompatibility between the technological package implemented by the capitalist schooling and production of calves, and the ecological conditions of the arid and semi-arid rangelands in central Sonora. From this perspective, the vulnerability was discussed under the approach provided by Political Ecology, using as theoretical reference the 'So-called' Conundrum of Capitalism, the 'Lorenzo's thermodynamic formulation of postulation of that capitalism. Itself, itens its own reproduction by the deterioration of natural resources that sustain it. For this, empirical approach of vulnerability, the sustainability of ecological impacts or buffer capacity of the primary production (APP) of ecosystems in the context of Nonom was considered, as well as the strategies of

response of livestock production during drought periods. This meant in terms of
 methodology, the characterization of the spatiotemporal pattern of Normalized
 Difference Vegetation Index (NDVI) in buffer zones and natural vegetation zones of
 central Sonora, and the application of ethnographic research techniques (semi-structured
 interview, participant observation, in-depth interview) between
 producers in the municipality of La Colorada, corresponding to the different production
 strata that distinguish the Sonoran livestock export of cattle. The results indicate that
 the interventions of buffer zones make the effects of major rainfall on rangeland forage
 production weak, and that the ability of the producers to respond to this phenomenon
 increases through the (a) the ability to access to larger land areas, operate with higher
 yields of productivity, or reduce costs and assistants. In this
 respect, strategies were identified in response to increases in forage production
 and higher yields of productivity through the production of the livestock strata or the
 production, marketing of calves. These producers also focus on breeding regularity have
 links and, or directly with very low productivity livestock production of higher strata,
 which are linked to the productive chain as buyers, resellers of calves, have large
 land, and do not focus only on breeding, are more responsible and less vulnerable. The
 results obtained by determining the spatiotemporal NDVI, indicate that the
 spatial distribution of buffer zones strategically incorporates the production of Sonoran
 agriculture in the cycles of the rainfall of the IS. However, they also reveal that this
 grass growth is a logical impact that increases the vulnerability of producers in dry
 periods and contributes to the droughts mentioned under climate change scenarios for
 this region or Mexico. According to the findings of ethnographic research, the

vulnerability fluctuating in periods of low rainfall is linked with the differential livestock strains. This differential, in terms of Political Ecology, exemplifies a conflict of the ecological distribution, indicates that the Second Tradition of Capitalist huacales may have severe long producers with reduced availability of resources, and at the same time this differential is focused on the differences between different livestock strains. During the research, government officials and other individuals associated with livestock were interviewed, and the political and institutional factors that favor the implementation of biological grass pastures were identified. In this respect, some aspects that need refinement to improve environmental regulation of induced grasslands are mentioned; in addition, it is recommended in particular, the development of new patterns of cattle production, and more equitable strategies of livestock production in small farms, to build social development capacity in ejidos and rural communities. Thus, these actions will help to reduce the vulnerability of cattle producers.

Keywords: Livestock, Sonora, impacts on the landscape, Second Tradition of Capitalism, Cattle Producers, Vulnerability, Climate Change, Political Ecology,

Capítulo I:

INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

1. CONSOLIDACIÓN DEL CAPITALISMO Y SUBSTITUCIÓN DEL MODELO PRODUCTIVO DE LA GANADERÍA BOVINA.

La expansión del capitalismo a nivel mundial ha generado un marcado proceso de dependencia tecnológica y deterioro ambiental en muchos países de América Latina, África y Asia. La difusión de modelos tecnológicos diseñados para la producción intensiva de mercancías y productos que se incorporan con rapidez a los ciclos de rotación de capital, en campos tan diversos como la minería, pesca, ganadería, agricultura o extracción forestal, a menudo ha deteriorado procesos ecológicos que permitieron el desarrollo de actividades humanas menos intensivas, que se habían desarrollado por cientos de años con menos impactos sobre el medio físico.

Una de las actividades que ejemplifica de manera elocuente los procesos de cambio tecnológico y deterioro ambiental vinculados con la consolidación del capitalismo, es la ganadería de bovinos del norte de México. Esta actividad, que se ha practicado por siglos bajo la modalidad extensiva en el Noroeste de México (Camou-Healy, 1998), presenta desde hace décadas, un acelerado proceso de intensificación productiva que involucra la remoción de amplias extensiones de vegetación nativa y la introducción de zacate buffel (*Penisetum ciliare*), un pasto africano que se usa como forraje (Martín-Rivera *et al.*, 1995). La conversión de matorrales espinosos, selvas caducifolias, y bosques de cactáceas en pastizales de zacate buffel, ha significado la sustitución de millones de hectáreas de vegetación natural (Castellanos *et al.*, 2002), con impactos en la erodabilidad del suelo, la productividad biológica de los ecosistemas, el reclutamiento de nuevos individuos en las comunidades vegetales, y la continuidad de

procesos como el reciclaje de nutrientes o el ciclo hidrológico (Castellanos et al., 2010 – en prensa-).

El proceso de cambio tecnológico de la ganadería bovina puede documentarse desde mediados del siglo XX, periodo en el que la necesidad de optimizar el intercambio de mercancías para generar más ganancias, impuso la necesidad de organizar al mundo de acuerdo a sus ventajas geográficas para la producción de insumos. La división internacional del trabajo, el proceso histórico resultante, en el que los países se especializaron en un papel o función específica dentro de las demandas impuestas por el capital internacional (Gutiérrez, 2004), se acompañó de una transformación nunca antes vista del medio físico. En algunos países de Latinoamérica se incorporaron enormes extensiones de tierra a la dinámica capitalista de producción y abastecimiento de alimentos. En el caso de México, se abrieron a la agricultura tecnificada, enormes extensiones de terreno en las planicies del noroeste, y en algunas regiones del interior del país, y se sustituyó la ganadería de secano, extensiva y articulada con los ciclos climáticos, por una ganadería tecnificada, con nuevas razas productoras de carne, aquellas que tenían más aceptación en las mesas de las nuevas potencias económicas (Camou-Healy, 1998)¹.

La política estatal se encaminó a incrementar la producción de alimentos, pero no a través del desarrollo de las tecnologías locales, ni del uso de métodos agro-productivos que habían permitido cierto bienestar social y la autosuficiencia alimentaria en relativo

¹ En el caso de México, las formas de Intervención del capital internacional implicaron una refuncionalización del sector ganadero de acuerdo con los intereses del mercado mundial, en el que México cumplió una función muy específica como abastecedor de ganado en pie, y de carne magra a precios bajos, en un modelo productivo vinculado al mercado estadounidense (Ver Fernández-Ortiz, L. y Tarrío M. 1988. Ganadería y crisis agroalimentaria. *Revista Mexicana de Sociología*, Vol. 50, No. 1. (Jan.-Mar., 1988), pp. 51-95.).

equilibrio con el medio. El Estado mexicano buscaba incrementar la producción de alimentos mediante investigaciones e inversiones impresionantes en el campo de la genética, de la fitotecnia, de la química de pesticidas; todo envuelto en el paquete conocido como la revolución verde. Se trataba de producir lo que demandaba el mercado internacional, y bajo las formas convenientes a este mercado. En este proceso también se descartaron las técnicas de producción tradicional en agricultura y ganadería; algunas de las cuales habían permitido la producción de alimentos a lo largo de la historia con menos impactos ambientales.

Estas nuevas formas de hacer agricultura y ganadería beneficiaron a las élites nacionales, que detentaban el poder económico (Sunyer, 2006), y facilitaron que los gobiernos post-revolucionarios se legitimaran ante la sociedad. El cambio tecnológico consolidó la penetración de las relaciones capitalistas en el campo mexicano, pero también tuvo una función ideológica. Los paquetes tecnológicos promovidos por los gobiernos empujados de "*La Revolución*", creaban la sensación de una conquista, la sensación de un mayor control sobre el medio físico, sobre la naturaleza. En última instancia, creaban la sensación de un Estado nacional más benefactor, más poderoso, más consolidado y fuerte. No es casualidad que desde mediados del siglo XX se hayan impulsado obras hidro-agrícolas gigantescas, casi faraónicas² (Toledo, 2003); independientemente de que ya existían investigaciones que habían documentado las

² La inversión pública nacional en obras de irrigación, por ejemplo, alcanzó su máximo histórico en 1946, cuando representó el 15.7 por ciento del presupuesto federal total ejercido por el gobierno de la república. Ver José Luis Moreno Vázquez, 2006:77. *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero en la costa de Hermosillo, 1945-2000*. El Colegio de Sonora.

ventajas de un modelo agro-productivo sustentado en el equilibrio ecológico con el medio³.

El cambio tecnológico tuvo muchos impactos sociales y ecológicos, y la mayoría de ellos persisten. En el caso particular de regiones importantes para la producción bovina en el norte del país, se sustituyó una producción agrícola muy diversa, enfocada a la producción de alimentos para la sociedad local, por la producción de tres o cuatro cultivos (alfalfa, sorgo, maíz forrajero, etc.) que sirven como insumos a la producción animal destinada a la alimentación de las élites urbanas y del extranjero (Rusteh, 1984). La incorporación de mayores superficies a la ganadería, no redundó en una dieta con mayor calidad para los campesinos. Por el contrario, los hizo depender de alimentos comprados en el exterior, que alguna vez fueron producidos localmente⁴.

La nueva tecnología de producción pecuaria, enfocada a la producción de becerros, y sustentada en la dependencia de razas bovinas no adaptadas al norte árido de México, la aplicación de vacunas, la inseminación artificial, y la introducción de praderas de zacate buffel, no fue accesible para todos los productores (Camou-Healy, 1994). Su costo propició una estratificación de productores pecuarios desconocida hasta entonces, con grandes disparidades en cuanto a sus posibilidades tecnológicas de

³ Smyer menciona las investigaciones realizadas por los hermanos Escobar, en Chihuahua, fundadores de la Escuela de Agricultura Hermanos Escobar, hace más de cien años. Allí habían realizado experimentación exitosa con cultivos adaptados al temporal y a la sequía, que no requerían costosa infraestructura hidráulica. Los Escobar también experimentaron con la puesta en marcha de sistemas de manejo ganadero acordes a la variabilidad climática del noroeste de México. Ver: Smyer, M. P. 2006. Temporal y riego en el agro mexicano. Política y agricultura en el México de principios del siglo XX. Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, N°. 10, 218, 2006. Cabe decir que hasta hace pocos años, la Escuela de Agricultura en mención era una de las escuelas más prestigiadas en el noroeste de México.

⁴ Paradójicamente, México dejó de ser autosuficiente en la producción de alimentos hacia fines de los sesentas, a los pocos años de haber iniciado el proceso de cambio tecnológico en la ganadería (Ver: Arturo Warman, 1981. *Alimentos y reforma agraria, el futuro de una crisis*, Nexos (43) Julio de 1981, pp 3-14). Por otro lado, desde hace algunos años el mercado nacional se distingue por la importación masiva de carne de res producida en los Estados Unidos.

producción ganadera⁵. Los estratos resultantes: poquíteros, productores medios y productores empresariales, se especializaron en fases muy específicas de la cadena productiva (Hernández y Ulloa, 2000). Mientras algunos se hicieron cargo de la engorda y exportación de becerros (las fases terminales más rentables del proceso), otros, la mayoría, han debido desempeñar desde entonces, la fase de la cría. Esta última representa la etapa menos redituable, más crítica y riesgosa de la producción ganadera.

Las fases anteriores son interdependientes entre sí, pero se articulan en un conjunto de relaciones sociales de producción y compraventa de becerros bastante asimétricas. Los poquíteros producen becerros que venden a bajo precio a numerosos productores grandes, mientras que estos compran, producen sus propios becerros, engordan y exportan directamente en condiciones más favorables. Los primeros sobreviven con el producto de su trabajo. Los segundos acumulan capital mediante el intercambio desigual y el producto de sus ventas. El proceso constituye una causa de polarización social en términos de ingreso (Camou-Healy, 1988; Pérez-López, 1993), pero también en cuanto a la generación de capacidades sociales para enfrentar fenómenos recurrentes en el norte del país, como las sequías o la alta variabilidad de la lluvia. La estratificación de productores es el reflejo de diferencias sociales que se han incrementado a lo largo del tiempo, que se manifiestan en el ingreso, en la infraestructura para la producción ganadera, y en las capacidades de respuesta frente al

⁵ Los productores empresariales de la ganadería sonorenses se caracterizan por sus altos estándares tecnológicos de producción pecuaria. Sustentan su producción en mejoras genéticas, manejo de pastizales, suplementos nutricionales, tienen acceso a créditos para mejoras tecnológicas, etc. Los poquíteros, por el contrario, se ubican en el extremo opuesto. Sus pastizales son de mala calidad, no poseen infraestructura como pozos y represas, practican una ganadería que raya en la subsistencia, y casi no tienen acceso a recursos económicos que permitan la compra de insumos, o la adquisición de tecnología.

deterioro ambiental, o cualquier evento climático que implique una caída en la producción de forraje.

Un rasgo paradójico del nuevo esquema de producción de forraje ha sido el deterioro de los procesos ecosistémicos vinculado con la implementación de grandes y numerosas praderas de zacate buffel. Pensadas como una alternativa tecnológica que permitiría incrementar constantemente la capacidad de los sistemas de producción, y satisfacer las necesidades de un hato ganadero no adaptado a las condiciones locales; sus impactos ambientales han propiciado una serie de modificaciones que podrían amenazar la continuidad de procesos ecológicos fundamentales para el ecosistema, y poner en riesgo la viabilidad de la producción ganadera. La erosión y pérdida de fertilidad del suelo (Ibarra-Flores et al., 1999; Robles et al., 2006), la introducción del régimen del fuego (Burquez et al., 2002), las disminuciones en la producción forrajera (Franklin et al., 2006; Romo, 2006) y el incremento en las tasas de evapotranspiración regional derivadas del cambio en la vegetación dominante (Castellanos et al., 2002); pueden propiciar la desertificación del paisaje⁶, e intensificar el efecto de sequías, con repercusiones potencialmente severas en la producción ganadera local. Se ha demostrado que en sequías crónicas, los productores que han transformado casi la totalidad de sus predios, enfrentan condiciones más difíciles que los productores dependientes del agostadero natural (Vázquez-León y Liverman, 2004). Ello pone en evidencia que el

⁶ Existen varias definiciones del término, pero en este trabajo entenderemos por paisaje a una porción definida de la superficie terrestre que tiene reflejo visual en el espacio. El paisaje se compone de elementos bióticos (flora, fauna, etc.), abióticos (rocas, suelo, montañas, fallas geológicas, etc.), y antrópicos (formas de ocupación humana: agricultura, ganadería, uso urbano, etc.). Nuestra definición articula las definiciones provistas por Lugo-Hubp (1989), Farina (1998) y García-Romero y Muñoz-Jiménez (2002). La desertificación a su vez, se define como degradación irreversible de la tierra (UN, 1994).

proceso capitalista de producción de becerros, se ve amenazado por sus propios esquemas de apropiación y modificación del paisaje.

2. LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL CAMBIO TECNOLÓGICO Y SU EXPLICACIÓN DESDE LA PERSPECTIVA ECOMARXISTA.

El cambio tecnológico de la ganadería bovina, y sus impactos actuales sobre el paisaje, pueden entenderse desde la perspectiva marxista de interpretación de la historia. Desde esta perspectiva, que hace énfasis en los vínculos de la historia humana (leyes, filosofía, cultura, etc.) con las necesidades materiales impuestas por los modos de producción dominantes (Garaudy, 1970), este proceso puede relacionarse con la consolidación del capitalismo como sistema económico hegemónico, y su necesidad de intensificar los patrones de uso de la naturaleza en todas las regiones sujetas a las fuerzas del mercado. Tal y como se ha documentado en otras zonas de Latinoamérica por estudiosos del paisaje rural (Salinas *et al.*, 2007), dichas fuerzas han sido capaces de modificar los esquemas locales de apropiación de la naturaleza⁷, y han hecho que el paisaje, como producto social, sea cada vez menos el resultado exclusivo de la sociedad local, y de sus tecnologías tradicionales para aprovechar los recursos. En lugar de ello, las fuerzas del mercado han propiciado una lógica de operación ganadera, que genera formas no sustentables de apropiación social de la naturaleza, mediante estrategias que buscan mantener e incrementar excesivamente los niveles de ganancia, a partir de la explotación del medio físico, bajo tasas que rebasan su capacidad natural de soporte.

⁷ Entendemos por apropiación de la naturaleza, al proceso por el cual los seres humanos extraen elementos o se benefician de algún servicio de la naturaleza para volverlos un elemento social. Es decir, el acto por el cual hacen transitar un fragmento de materia o energía, desde el espacio natural hasta el espacio social (Toledo *et al.*, 2002).

Cabe señalar sin embargo, que los procesos que ilustran la relación entre capitalismo y degradación ecológica, sólo se abordaron de manera incipiente por Marx y Engels en escritos como *El Capital* (K.Marx) y la *Dialéctica de la Naturaleza* (F. Engels). En dichos documentos se sugiere que el trabajo del hombre no es la única fuente de riqueza material, pero no se elabora una construcción teórica lo suficientemente explícita para entender las relaciones entre los sistemas ecológicos y el comportamiento del capital (Poladori, 1996). La existencia de regiones aún no explotadas en el siglo XIX, cuando fueron redactados, y la disponibilidad de recursos que no se encontraban al límite, probablemente no favoreció que Marx y Engels desarrollaran una teoría que explicara las relaciones actuales entre capitalismo y naturaleza⁶, o entre capitalismo y deterioro ecológico (O'connor, 2001).

"La producción capitalista por consiguiente, no desarrolla la técnica y la combinación del proceso social de producción, sino socavando, al mismo tiempo, los dos manantiales de toda riqueza: la tierra y el trabajador"

(K. Marx, *El Capital*, Tomo I, Vol. 2. Siglo XXI. Pp. 613.)

⁶ A diferencia de lo que ocurría en el siglo XIX, y en la primera mitad del siglo XX; hoy se afirma que el capital está en su fase ecológica (O'connor, 1994). Es decir, se encuentra en una fase donde la naturaleza se ha convertido en un nuevo objetivo de la apropiación capitalista; todo con el propósito de re-funcionalizar el capital y asegurar su supervivencia como sistema económico. Para ello, su dinámica de expansión y acumulación ha cambiado de forma, transitando de la acumulación y crecimiento en base a una realidad externa, a la conservación y autogestión de un sistema de naturaleza capitalizada cerrada sobre sí misma. Este nuevo proceso de capitalización de la naturaleza es efectuado a nivel de la representación y la re-codificación semiótica. Aspectos que antes no estaban valorados, ahora se han convertido en nuevas formas de capital. La naturaleza ha adquirido nuevos valores económicos, y la biodiversidad es vista, por ejemplo, como una reserva de valor, que debe ser liberada por medio de la ciencia y la tecnología. Puede ejemplificarse por ejemplo, con la cláusula 27-A, de los acuerdos internacionales en materia de propiedad intelectual, propuestos recientemente por la organización mundial del comercio (OMC). Dicha cláusula, legitima la patentabilidad y privatización de genes, semillas, y elementos biológicos que estuvieron disponibles a la humanidad desde siempre. Gracias a ella, un campesino que guarda sus mejores semillas para poder sembrar el siguiente ciclo agrícola, puede ser acusado de transgredir la ley por las principales empresas biotecnológicas, aunque la práctica de seleccionar y guardar semillas es una práctica agrícola que data desde los inicios de la agricultura, hace miles de años.

"No debemos sin embargo, lisonjearnos demasiado de nuestras victorias humanas sobre la naturaleza. Esta se venga de nosotros por cada una de las derrotas que le inferimos. Es cierto que todas ellas se traducen principalmente en los resultados previstos y calculados, pero acarrearán además otros imprevistos, con los que no contábamos, y que no pocas veces contrarrestan los primeros. Quienes desmontaron los bosques de Mesopotamia, Grecia, el Asia Menor y otras regiones para obtener tierras roturables, no soñaban con que, al hacerlo, echaban las bases para el estado de desolación en que actualmente se hallan dichos países, ya que al talar los bosques acababan con los centros de condensación y almacenamiento de humedad".

(F. Engels. Dialéctica de la Naturaleza, Grijalbo, México D.F. Pp 151)

Frente a este vacío, y ante la evidente responsabilidad del capital en los procesos de deterioro ecológico, dicha cuestión se convirtió con el tiempo en el objeto de estudio de una nueva corriente teórica denominada eco-marxismo, que aborda la relación sociedad naturaleza con el instrumental analítico del marco teórico marxista, pero que toma distancia del marxismo clásico enfatizando las relaciones del capital con el deterioro ecológico, y sus formas contemporáneas de capitalización de la naturaleza. Desde la perspectiva eco-marxista, el modo de producción capitalista no sólo está marcado por la contradicción entre el capital y el trabajo, como se menciona repetidamente en el marxismo clásico. Para los eco-marxistas también hay una segunda contradicción igualmente importante: la que opone al capital y a la naturaleza (O'Connor, 2001).

"Marx creía que las granjas capitalistas (por ejemplo), arruinan la calidad del suelo. Pensaba también que las malas cosechas adoptan la forma de crisis económicas. No obstante (Aunque afirmó que una agricultura racional es incompatible con el capitalismo), nunca tomó en consideración la posibilidad de que los métodos agrícolas ecológicamente destructivos pudieran elevar los costos de los elementos del capital, lo cual a su vez podría amenazar con crisis económicas de un tipo particular: la sub-producción del capital."

O'Connor, J. 2001. Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico. Siglo XXI. Pp 194.

La segunda contradicción del capital representa una categoría teórica muy útil para entender el papel del capital en los procesos de deterioro ecológico. Su utilidad se ha puesto en evidencia en las últimas dos décadas gracias a las aportaciones teóricas de autores eco-marxistas como James O'Connor (1988, 2001), Ravaioli (1993), Ray (1993); quienes han analizado la inserción de los procesos naturales en la producción, reproducción y ampliación del capital, y las barreras impuestas por el deterioro del medio físico a la acumulación capitalista. Gracias a sus análisis, ha quedado cada vez más claro que la degradación de los ecosistemas por la expansión del capitalismo, destruye el potencial productivo de las condiciones naturales de producción, y amenaza las posibilidades mismas de generar más capital y reproducir el sistema económico (Leff, 2003a).

Además de los trabajos en el campo teórico, existen diversos estudios empíricos que han descrito procesos de deterioro ambiental vinculados con la expansión del capitalismo. Destacan los trabajos de Sweezy y Faber (1992) en Nicaragua, Rönnblæk et al (2002) en la India y la Costa Este de África, Martínez (2002) en el Noroeste de México, y García-Aguilar (2006) en Panamá; pues en todos estos casos el capital internacional jugó un papel prominente. Estimuló la demanda de ciertos bienes, o propició la aplicación de tecnologías productivas que facilitaban la rotación rápida de mercancías, pero que degradaban la base física que daba sustento a las distintas actividades humanas. Aunque con diferencias particulares entre sí, cada caso se caracterizó por el deterioro acelerado de los factores naturales importantes para la producción capitalista, así como el empobrecimiento de la población rural. Estos trabajos no hacen una mención explícita de la segunda contradicción del capital, pero en todos ellos se ejemplifica la sobre-explotación capitalista de los sistemas naturales.

Es pertinente señalar, que la primera y la segunda contradicción del capital imponen amenazas a la acumulación capitalista por distintas vías, pero son el resultado de una misma lógica económica. La primera contradicción, que se vincula con la reducción del valor del trabajo pagado por los dueños de los medios de producción, para substraer así, cada vez mayores ganancias; amenaza a la acumulación capitalista por la vía de la demanda, pues la reducción severa de salarios implica que nadie puede comprar, y no hay condiciones para acumular capital. La segunda contradicción se relaciona con los incrementos en el costo de producción, asociados al deterioro ambiental que resulta de devastar el medio físico, mediante la explotación intensiva de los recursos naturales para adquirir más ganancias. Así, aunque se originan en la misma

lógica, bajo la primera contradicción se amenaza al capital por el lado de la demanda, mientras que en la segunda contradicción se amenaza al capital por el lado del costo. En este último caso, el deterioro del medio ambiente implica cada vez mayores costos de producción, lo que disminuye las ganancias, y con el tiempo la rotación del capital.

Al igual que en el caso de la primera contradicción, donde el capital se reestructura constantemente mediante la expansión del sistema de crédito o la búsqueda de nuevos mercados para mantener niveles constantes de demanda; en la segunda contradicción el capital se reestructura a expensas de las llamadas condiciones "naturales" de producción (Escobar, 1995). Es decir, se reestructura a expensas de elementos físicos y biológicos que son tratados como mercancías, aunque sus tasas de regeneración natural no estén determinadas por las leyes del valor y del mercado. Cuando estos elementos se agotan o degradan (Por ejemplo la erosión del suelo, la salinización de las aguas, etc.), los costos de producción se elevan; pero el capital se reacomoda para mantener los niveles de ganancia originales. Este reacomodo reviste muchas estrategias: cambios tecnológicos, cambios en el costo de las materias primas, menores salarios para la fuerza de trabajo, valores agregados o incentivos económicos a los procesos de producción "verdes", subsidios gubernamentales ocultos a formas no sustentables de uso del paisaje, etc.

No obstante los vínculos entre degradación ecológica y producción capitalista de alimentos, la mayoría de los estudios que han documentado el deterioro ecológico por actividades de tipo agro-industrial, carecen de articulación con algún eje teórico que permita poner en perspectiva las barreras auto-impuestas a la acumulación capitalista. Si bien proveen descripciones muy completas de las dinámicas de degradación ecológica,

lógica, bajo la primera contradicción se amenaza al capital por el lado de la demanda, mientras que en la segunda contradicción se amenaza al capital por el lado del costo. En este último caso, el deterioro del medio ambiente implica cada vez mayores costos de producción, lo que disminuye las ganancias, y con el tiempo la rotación del capital.

Al igual que en el caso de la primera contradicción, donde el capital se reestructura constantemente mediante la expansión del sistema de crédito o la búsqueda de nuevos mercados para mantener niveles constantes de demanda; en la segunda contradicción el capital se reestructura a expensas de las llamadas condiciones “naturales” de producción (Escobar, 1995). Es decir, se reestructura a expensas de elementos físicos y biológicos que son tratados como mercancías, aunque sus tasas de regeneración natural no estén determinadas por las leyes del valor y del mercado. Cuando estos elementos se agotan o degradan (Por ejemplo la erosión del suelo, la salinización de las aguas, etc.), los costos de producción se elevan; pero el capital se reacomoda para mantener los niveles de ganancia originales. Este reacomodo reviste muchas estrategias: cambios tecnológicos, cambios en el costo de las materias primas, menores salarios para la fuerza de trabajo, valores agregados o incentivos económicos a los procesos de producción “verdes”, subsidios gubernamentales ocultos a formas no sustentables de uso del paisaje, etc.

No obstante los vínculos entre degradación ecológica y producción capitalista de alimentos, la mayoría de los estudios que han documentado el deterioro ecológico por actividades de tipo agro-industrial, carecen de articulación con algún eje teórico que permita poner en perspectiva las barreras auto-impuestas a la acumulación capitalista. Si bien proveen descripciones muy completas de las dinámicas de degradación ecológica,

las referencias a la segunda contradicción del capital son prácticamente inexistentes, y no se proponen categorías analíticas ni mediaciones empíricas para estudiar estos vínculos. Es importante contribuir a la solución de este vacío, pues el capitalismo no sólo ha facilitado la explotación del hombre por el hombre. También tiene una deuda histórica con los sistemas ecológicos, y ha desempeñado un papel protagónico en el deterioro del medio físico.

La contradicción entre capital y naturaleza asume características propias en el caso de la ganadería capitalista sonoreense. La implantación de un esquema tecnológico acorde con la producción capitalista de becerros, pero incompatible con las condiciones ecológicas locales, ha elevado los costos, pero también ha inducido un proceso de deterioro ecológico que reduce las posibilidades futuras de seguir produciendo⁹. Esto se advierte en la pérdida de un potencial productivo que se expresa en la eliminación de especies vegetales importantes para el ecosistema, en la erosión y el empobrecimiento del suelo, o el deterioro del funcionamiento hidrológico regional por el establecimiento desordenado de praderas; pero también en un incremento de la vulnerabilidad de los productores pecuarios frente a eventos climáticos como las sequías, que son recurrentes en el norte árido del país. Esta vulnerabilidad se origina, por que el deterioro del medio físico implica una pérdida de la capacidad ecosistémica para proveer servicios ambientales al hombre, lo que en conjunto con una mermada capacidad social de respuesta por diferentes posibilidades de acceso a las medidas de mitigación, crea una

⁹ Es ampliamente aceptado entre los autores del pensamiento ambiental crítico, que la racionalidad económica capitalista de nuestro tiempo busca maximizar los excedentes y beneficios económicos en el corto plazo, pero deja la cuestión de la equidad social y la sustentabilidad ecológica al resultado de las políticas distributivas de una riqueza creada sobre la base de la acumulación del capital. Así se deteriora el patrimonio natural y cultural de los habitantes del futuro (Foladori, 2007).

situación que perjudica a los productores que incorporan los procesos naturales –ciclo hidrológico, producción de biomasa vegetal, etc.- como insumos productivos.

No obstante que existen indicadores de deterioro productivo, las resistencias a cambiar este esquema tecnológico son enormes. En parte porque se asume que las dificultades para la producción pecuaria se deben a causas externas (la sequía, el entorno económico desfavorable, precios altos de insumos, etc.), y porque el modelo tecnológico actual de producción de becerros, se sustenta en técnicas productivas avaladas “científicamente”. En consecuencia se privilegian las mismas prácticas tecnológicas, y se realizan nuevas experimentaciones para extender la producción hacia áreas intocadas por esta forma de ganadería. Es el caso de subsidios gubernamentales constantes a la introducción de ganado propio de climas fríos, y de investigaciones financiadas con recursos públicos para iniciar la introducción de praderas en las zonas altas de la sierra, en la frontera de Sonora y Chihuahua, donde el frío no permite el desarrollo de la principal especie forrajera que sustenta a esta forma productiva: el zacate buffel. De lograrse la dispersión de este pasto, el deterioro asociado a los desmontes podría impactar a los habitantes de las tierras bajas, quienes se benefician de los servicios hidrológicos proporcionados por la parte alta de las cuencas hidrológicas.

El deterioro ambiental puede amenazar a la ganadería bovina por distintas vías, pero el esquema capitalista de producción de becerros ha podido reestructurarse a lo largo del tiempo. Algunos productores pecuarios se han adaptado para producir en condiciones desfavorables, y existen diversos subsidios gubernamentales que permiten enfrentar el deterioro de los agostaderos, y mitigar las repercusiones económicas de la degradación. Sin embargo, en el caso hipotético de que la capacidad de adaptación fuera

rebasada por la magnitud del daño o deterioro ambiental, la actividad capitalista de producción de becerros podría experimentar severas pérdidas, o definitivamente volverse inviable. En teoría, este efecto debería percibirse de manera diferenciada, pues las diferencias sociales en el acceso a subsidios para enfrentar la pérdida de potencial productivo del agostadero, la diferencias en la disponibilidad de recursos económicos para paliar el efecto del deterioro ambiental, y la misma posición de los productores en la cadena de producción y venta de becerros; condicionan también diferentes posibilidades de mitigación y respuesta de cada estrato de productores pecuarios.

3. EL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD.

Un concepto que ayudaría a demostrar los riesgos ecológicos y sociales impuestos por el esquema capitalista de producción de becerros, y en particular por sus transformaciones del paisaje, es el concepto de *vulnerabilidad*. Este término se refiere al grado de sensibilidad que muestra un sistema frente a un cambio en las condiciones prevalecientes, sean ambientales, climáticas, o de cualquier otro tipo; relevantes para el sistema en cuestión (McCarthy et al., 2001). Si el sistema es vulnerable, pequeñas causas pueden generar grandes impactos, o incluso colapsarlo. Si no lo es, muestra gran plasticidad y resistencia frente a fuerzas y eventos adversos. Puesto en términos del cambio tecnológico bovino y sus impactos sobre el medio ambiente, si el sistema capitalista de producción de becerros genera condiciones de vulnerabilidad ecológica y social, se hace más sensible frente a eventos ambientales que previamente podían ser absorbidos, como las sequías, eventos climatológicos que tendrán mayor severidad en esta región de México, de acuerdo a los escenarios previstos de cambio climático global

(Magaña et al., 1997; Castellanos et al., 2009). Si por el contrario el sistema es menos sensible, entonces es de esperarse, que las repercusiones sean de poca magnitud.

El término *vulnerabilidad* está presente en una gran diversidad de campos, y en algunos tiene, una aplicación bastante directa. En el campo de la epidemiología por ejemplo, la vulnerabilidad se circunscribe al riesgo que implica la exposición a agentes patógenos (Kaztman, 2000). En este caso es bastante claro que la vulnerabilidad frente a una enfermedad no depende solamente de la exposición al contagio, sino también del sistema inmunológico del individuo expuesto al mismo. Éste es más o menos vulnerable si lleva hábitos de vida saludables, si se ha reforzado con vacunas, o si se ha debilitado por una enfermedad previa. Si es vulnerable se contagiará. Si no lo es, se mantendrá sano.

En ciencias sociales, la delimitación precisa del término resulta más compleja, pues el aspecto o dimensión social que se ve afectado por un riesgo, no está claramente identificado, o puede tener un carácter multifactorial o multidimensional. Existen sin embargo disciplinas donde es posible especificar el concepto con relativa claridad. Es lo que ocurre con los estudios sobre seguridad alimentaria, en los que la dimensión susceptible a daño es el consumo calórico (Watts y Bohle, 1993). En este caso, la vulnerabilidad se define como “la probabilidad de una reducción aguda en el acceso a los alimentos o de una caída de los niveles de consumo de calorías por debajo del índice mínimo de sobrevivencia”. La vulnerabilidad así conceptualizada, puede expresarse mediante operaciones simples, donde el grupo social es vulnerable en función de su disponibilidad de alimentos.

El concepto se ha aplicado en ámbitos muy diversos: epidemiología, economía, seguridad alimentaria, y sobre todo, riesgo ambiental a desastres. Por lo que respecta a las ciencias sociales, ha habido cierto consenso en que la vulnerabilidad está determinada en última instancia, por variables socioeconómicas y políticas (Bohle et al., 1994; Liverman, 1999). Autores como Adger (2003), indican en particular que la vulnerabilidad de un grupo social o comunidad, es consecuencia de tres factores: 1) El grado en el cual este grupo se encuentra expuesto, lo cual es función del tipo de evento y su intensidad; 2) La sensibilidad de este grupo para enfrentar el evento; y 3) la capacidad adaptativa para ajustarse y recobrase de los eventos adversos. Puesto en términos de un proceso de deterioro ambiental con repercusiones sobre el ser humano, el primero de estos factores se referiría al impacto ecológico del proceso de deterioro, y las *amenazas ambientales* que genera (pérdida de biodiversidad, erosión, cambios en la funcionalidad hidrológica, etc.). Los dos factores restantes pueden asociarse con los mecanismos que otorgan estabilidad y *capacidad de respuesta* al grupo social afectado, como la no dependencia del elemento o factor ambiental que se ha deteriorado, la existencia de redes sociales de apoyo y la capacidad de consenso para hacer frente al deterioro ambiental (*Capital social* en los términos de Ostrom, 2000a), la disponibilidad de recursos externos, y la posibilidad de articular acciones defensivas, o *estrategias* de enfrentamiento o evitación del riesgo ambiental impuesto por el deterioro.

En el ámbito del estudio de desastres, como inundaciones, huracanes, o incluso sequías, diversos investigadores de las ciencias sociales han retomado el concepto de vulnerabilidad, adoptándolo y adecuándolo a casos particulares de estudio. En todos los casos se mantiene como elemento común, el hecho de que la vulnerabilidad represente el

grado de sensibilidad social ante un evento potencialmente catastrófico. En este sentido destacan los trabajos realizados por Diana Liverman, quién propone un enfoque muy amplio para integrar dicho concepto en el estudio de la relación sociedad-naturaleza, particularmente en Latinoamérica. Para Liverman (2001), ser vulnerable a la sequía, por ejemplo, significa carecer de defensas ambientales, tecnológicas, económicas o políticas contra este tipo particular de amenaza. Otros autores, como Cutter (1996), identifican 18 definiciones diferentes, pero agrupan estas definiciones en categorías de síntesis que permiten manejar el concepto de una manera más o menos sencilla: vulnerabilidad como una condición preexistente; como una respuesta moderada y como un riesgo ambiental de lugar. Esta última definición incorpora características socio-demográficas y económicas de la población como aspectos intrínsecos de la vulnerabilidad, pero también implica su dimensión espacial sobre el territorio: la vulnerabilidad tiene “ubicación geográfica”, aunque con diferentes efectos de acuerdo con la capacidad de respuesta de la población.

El concepto de vulnerabilidad, tal como lo entendemos ahora, deriva de un proceso de reflexión y análisis que tiene por lo menos tres décadas. Su aplicación al estudio y la gestión de riesgos ambientales, empezó a gestarse a mediados de los 80's del siglo XX. La evidencia derivada de muchos estudios de caso, en los que los desastres tradicionalmente atribuidos a causas naturales eran generados en buena parte por prácticas humanas relacionadas con la degradación ambiental, originó la necesidad de conceptualizar las probabilidades de exposición a la ocurrencia de desastres bajo un enfoque analítico que pusiera en perspectiva, tanto el papel de la sociedad en la génesis de estos eventos, como su grado de exposición a las amenazas naturales. Varios estudios

con este enfoque desarrollados a principios de los noventa resultaron paradigmáticos y constituyen una referencia obligada para cualquier estudioso del tema. Entre los de mayor impacto puede citarse el estudio de Wilches-Chaux (1993) sobre la vulnerabilidad global, que hace referencia a las distintas vulnerabilidades que incrementan la magnitud de los desastres, y que posteriormente fue perfeccionado por Cardona (2003) al introducir la idea de distintas dimensiones de la vulnerabilidad. Otro de los elementos determinantes en este proceso de conceptualización del término, y de su adopción como eje de análisis, fue la insuficiencia de los enfoques técnico-científicos para comprender los fenómenos de desastre, así como la necesidad de conceptualizarlos como un proceso, y no como un evento puntual en el tiempo.

Hasta aquí se ha hablado de términos como amenaza, riesgo ambiental, vulnerabilidad y desastre, pero es difícil manejar estos conceptos sin correr el riesgo de confundir sus significados. Debido a que cada uno de ellos hace referencia a los demás, vale la pena precisar un poco cada uno de los términos. Aunque existen muchas acepciones en la literatura, generalmente se entiende como amenaza, a la probabilidad de un evento que facilitaría daños y pérdidas en la sociedad (García-Acosta, 2004). Este concepto distingue tres posibles variantes: *amenaza natural* cuando esta probabilidad no implica la intervención del hombre (un rayo, por ejemplo), *antropogénica*, cuando el hombre es el causante de dicho evento, y *socio-natural*, cuando la amenaza se origina en la conjunción de causas naturales y causas antropogénicas (Lavell, 2000).

El concepto de *riesgo ambiental* se refiere por su parte, al peligro que corren los ecosistemas o los seres humanos, por la probabilidad asociada con fenómenos de origen natural o humano, que significan un cambio adverso en el espacio que ocupa una

comunidad determinada (Fraume-Restrepo, 2007), mientras que el desastre puede definirse, como la concreción puntual del evento que origina las pérdidas, generalmente catastróficas. Finalmente, no obstante que también se han acuñado muchos conceptos al respecto –algunos de ellos bastante confusos–, la *vulnerabilidad* se define, en su forma más sencilla, como la incapacidad de un grupo social determinado para absorber los efectos de un determinado cambio en el medio ambiente (Luers et al., 2003).

El término vulnerabilidad admite también una serie de conceptualizaciones más específicas, que permiten el uso del concepto para analizar aspectos específicos del fenómeno de desastre. En este sentido, una de las definiciones sobre vulnerabilidad más utilizadas en las ciencias sociales, es la definición de vulnerabilidad global (Wilches-Chaux, 1993) que se compone de aspectos como la vulnerabilidad física, referida a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo y a las deficiencias de sus patrones de ocupación territorial; la vulnerabilidad económica, que atiende a los impactos diferenciales de una amenaza en función de las capacidades económicas de los grupos receptores; y la vulnerabilidad social, que se refiere al nivel de cohesión interna, o capital social que posee una comunidad, es decir la pertinencia del esquema organización de la sociedad para hacer frente a un evento extremo. Todos estos conceptos se involucran en la generación de un desastre, pero el hecho se reconoce como tal cuando intervienen por lo menos dos de estos factores, principalmente cuando se involucran las dimensiones de riesgo y vulnerabilidad.

Los resultados de muchos trabajos que han explorado el tema de la vulnerabilidad, demuestran la pertinencia de un abordaje que no conciba las causas naturales como hechos aislados, independientes de la sociedad, sino como estrechamente

relacionadas a las variables socioeconómicas que distinguen al grupo causante, y a la vez receptor del evento. Esta forma de abordaje llevó a reconocer que la amenaza natural, o antropogénica no constituye el único agente activo del desastre, sino que por el contrario, los elementos que definen la capacidad de respuesta social al mismo, o que lo sinergizan, originando amenazas socio-naturales, también juegan un rol prominente.

Gracias a la adopción de un enfoque no reduccionista, o unidisciplinario, toda la evidencia empírica generada por los estudiosos del tema de la vulnerabilidad durante los últimos años, permitió poner en claro, que el riesgo y el desastre constituyen procesos multidimensionales y multicausales, resultantes de la asociación entre las amenazas y determinadas condiciones de vulnerabilidad que se construyen y reconstruyen con el paso del tiempo gracias al actuar de la sociedad (Oliver-Smith y Hoffman, 2002). Más que tratarse de eventos puntuales, se trata de procesos, y como tal deben entenderse y aprehenderse (García-Acosta, 2004). El énfasis debe concentrarse no en el evento de desastre aislado, sino en los procesos físicos, ecológicos y sociales que frecuentemente están vinculados con el mismo.

4. LA VULNERABILIDAD DE LOS PRODUCTORES PECUARIOS EN LA REGIÓN CENTRO-ORIENTE DE SONORA.

En el caso particular de la actividad ganadera que se practica en la región centro-oriental de Sonora, resulta complejo identificar todos los factores que definen la vulnerabilidad de este sector frente a eventos como las sequías, o el escenario de cambio climático esperado. Sin embargo, la existencia de condiciones tecnológicas y productivas acordes con el esquema capitalista de producción de becerros, como las modalidades de manejo del agostadero, la carga animal y las razas de ganado

productoras de carne, pero no adaptadas a la aridez; amplifican los efectos de la escasez de lluvias. En este caso los impactos de una sequía son más severos debido a prácticas productivas que disminuyen la funcionalidad del paisaje, como los desmontes masivos para introducir un pasto exótico a las condiciones locales. También son determinantes las condiciones de acceso al crédito para enfrentar un periodo sin lluvias, la desigualdad en el acceso a la tierra, y la lógica que subyace a todo el esquema gubernamental de fomento agropecuario. Estas condiciones normalmente benefician a los grandes productores, y no parecen constituir un verdadero auxilio para los productores de estratos más bajos. Así, tanto las prácticas productivas como el esquema vigente de apoyos a los grupos ganaderos, favorecen un modelo tecnológico de ganadería desvinculado de las condiciones climáticas de la zona, pero además generador de profundas diferencias sociales.

En este modelo tecnológico, algunas de las prácticas productivas, como la densidad animal por hectárea, o el tipo de razas demandadas para la exportación de becerros, pueden amplificar directamente las repercusiones de la escasez de agua, pues de hecho las razas europeas consumen diariamente hasta un 30 % más de agua, que el líquido consumido por razas criollas, ya adaptadas desde hace siglos a las condiciones de la zona. Adicionalmente, las sequías se pueden ver retroalimentadas por la pérdida desordenada de cobertura vegetal. De entrada, la remoción de la vegetación ha generado diversas repercusiones ambientales, entre las que destacan la pérdida de biodiversidad (Saucedo *et al.*, 1997), y la afectación de propiedades del ecosistema como la formación del suelo (Ibarra Flores *et al.*, 1999), la infiltración y escurrimiento de la lluvia (Perramond, 2000), y los ciclos de agua y nutrientes (Castellanos *et al.*, 2002); funciones

ambientales críticas en un paisaje árido como el paisaje sonorenses, donde el agua constituye el principal factor limitante para la vida, y para las actividades humanas.

Debido a que en los ecosistemas de zonas áridas existe una relación muy estrecha entre la precipitación y la productividad primaria de la vegetación, un decremento en la precipitación tendrá una fuerte influencia en la salud y estado corporal del ganado. La tendencia observada durante los últimos años de sequía, sugiere disminuciones importantes en la fertilidad del ganado, debilitamiento general y prevalencia de ciertas enfermedades, baja ganancia de peso, etc. De todas estas repercusiones, la más grave parece ser el deterioro de la capacidad reproductiva de las reses, pues debido a las "ventajas" comparativas y geográficas de nuestro estado, el modelo de ganadería prevaleciente, y la economía de casi todas las localidades rurales de la región serrana y el somontano sonorenses se sustenta, precisamente, en la producción y la venta de becerros. Es de esperarse este tipo de repercusiones, ya que durante una sequía, la biomasa de las plantas se reduce notablemente respecto a la biomasa producida durante precipitaciones normales.

Estas repercusiones no impactan por igual a los diferentes estratos del sector ganadero. En términos generales el estrato más bajo, los poquíteros, se caracteriza por una serie de condiciones y limitaciones productivas que le otorgan menos capacidad de respuesta frente al fenómeno de la escasez de agua. Su tierra es escasa y su superficie de agostadero es poca, no posee infraestructura para el acopio de agua, no tiene acceso al crédito comercial, y es menos beneficiado por los programas de gobierno que aportan recursos públicos para la compra de suplementos alimenticios y sustitutos de forrajes en condiciones de escasez de lluvias. Paradójicamente, aunque contribuye con buena

parte de los becerros producidos para la engorda en ranchos privados, o para la exportación a los Estados Unidos, la ausencia de equidad en el acceso a recursos económicos, le convierte en uno de los actores más vulnerables frente a una contingencia de esta naturaleza.

El escenario se ha complicado durante los últimos años, pues el encarecimiento de insumos utilizados en fases subsecuentes a la producción de becerro (como el maíz, trigo y sorgo) y la contracción general de la demanda en Estados Unidos, han impactado negativamente el precio por kilogramo de becerro (Figuras 1 y 2).

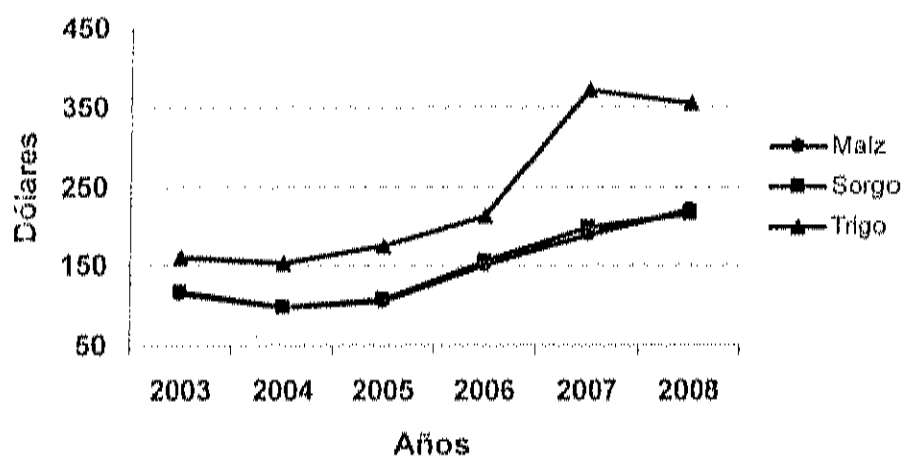


Figura 1. Evolución reciente del precio internacional de maíz, sorgo y trigo (Dólares/Ton), insumos utilizados en la engorda de bovinos.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en los apéndices estadísticos de la FAO. (<http://www.fao.org/docrep/011/a1376e/a1376e10.htm>) Consultados en Enero de 2009.

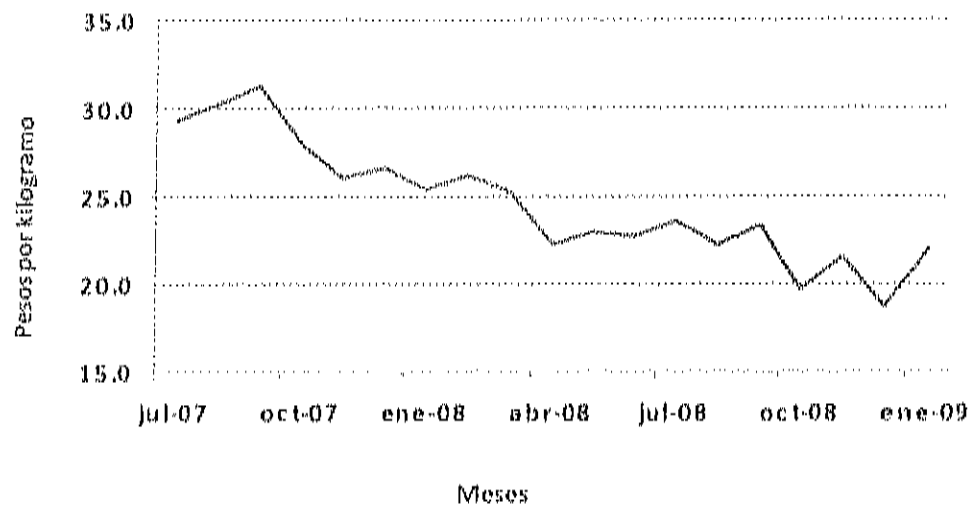


Figura 2. Comportamiento del precio del becerro de primera (120-160 kg), durante el periodo Julio de 2007 a Enero de 2009.

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de comercialización y subastas de la Unión Ganadera Regional de Sonora).

Los productores tardan alrededor de 18 meses en producir cada becerro, incluyendo desde la preñez de la hembra hasta que el producto alcanza la talla de venta. A partir de ese momento, hay que esperar un tiempo para que la vaca vuelva a cargarse. Este lapso de espera depende de la condición de salud del animal, e indirectamente del estado del agostadero. Si las reses están malnutridas porque el agostadero es poco productivo, o no hay dinero para comprar substitutos del forraje, el tiempo se prolonga (Landau et al., 2000; Miyoshi et al., 2001). Durante la preñez de la vaca, y hasta que el becerro es destetado –alrededor de los 140 kg-, el criador carga con los costos de manutención. Hace algunos años, en Sonora esta fase consumía el 75 por ciento del costo total de la producción de un animal de 400 kg (Salazar y Borbón, 2000).

Las fases subsecuentes al destete son menos costosas y más rentables, pues en ella se agrega más valor al animal. Un estudio publicado en 1993, indicó que los productores enfocados exclusivamente a la producción de becerros, sólo reciben el 48 por ciento del precio que recibe el productor o comprador de becerros que exporta directamente en la frontera (Pérez-López, 1993). Claramente, el productor de la primera fase, regularmente el poquitero, es quien corre con la mayor parte de los riesgos, y quien soporta la carga más pesada de los costos.

La tierra disponible por tipo de productor determina con mucho el tamaño del hato, pero también los patrones generales de manejo del agostadero. En tierras ejidales, y en predios de productores privados inferiores a las 200 hectáreas, la superficie promedio disponible no permite sostener —de manera sustentable— más de siete u ocho animales adultos por productor (Coeficientes de agostadero superiores a las 20 Has/U.A., COTECOCA, 1974). Estas cabezas de ganado son insuficientes para sostener una familia, por lo que los productores en pequeño se ven obligados a mantener más vacas de lo que su tierra realmente puede soportar. La sobrecarga animal les impide implementar prácticas de restauración de suelo, y se enfrentan continuamente al dilema de sobrepastorear sus predios debido al precio de los sustitutos del forraje. Aunque el sobrepastoreo reducirá la productividad futura del agostadero, las limitaciones de tierra y el precio de los insumos, no les permiten muchas alternativas para alimentar a las reses.

Todos estos factores sugieren, que los efectos de la variabilidad recurrente de la precipitación, no dependen solamente de las variaciones interanuales de la lluvia, sino también de una serie de factores productivos y socioeconómicos, que magnifican las

repercusiones de esta variabilidad, y que convierten una *sequía meteorológica* caracterizada solamente por el retraso o la ausencia de lluvias (Núñez *et al.*, 2007), en una *sequía agropecuaria*, que distingue impactos severos en las actividades agrícola y ganadera (Marcos, 2001; Bravo *et al.*, 2010). La *amenaza ambiental*, en este caso representada por la ausencia de lluvias, converge con una serie de factores tecnológicos y productivos que la convierten en *amenaza socio-natural*, amplificando las repercusiones sobre el sector ganadero. Todos estos factores construyen la vulnerabilidad del sector ganadero frente a un evento de sequía. Se trata de una susceptibilidad distinta entre poquiteros, productores medios y productores empresariales; en función de su *capacidad de respuesta*, definida por la infraestructura para enfrentar un periodo sin lluvias, sus estrategias para lidiar con la amenaza, sus posibilidades de acceso a créditos, subsidios, y recursos gubernamentales para manejar contingencias como la sequía, y su capital social. Estos factores sociales y económicos, definen con mucho el tipo y la severidad de las repercusiones que tendrá una amenaza, iniciada y magnificada a partir de la escasez de lluvias.

Bajos niveles de diversificación productiva, y un escenario internacional desfavorable agravan las repercusiones de una sequía, y demuestran que la vulnerabilidad de los productores pecuarios también se engrana con procesos económicos de gran envergadura, aunque se ve retroalimentada localmente, por prácticas tecnológicas y esquemas de organización productiva que no facilitan una ganadería más armónica con las condiciones ecológicas locales, y con la capacidad real del territorio para soportar esta actividad.

Por estas razones, para el propósito de este trabajo, se puede entonces conceptualizar al fenómeno de la vulnerabilidad de los productores pecuarios, como un fenómeno que denota la incapacidad para producir y desarrollar la ganadería de bovinos, en condiciones que aseguren la continuidad de la actividad sin deteriorar el medio físico, y sin generar o profundizar procesos de exclusión social que incrementen la desigualdad entre productores, o que pongan en riesgo la viabilidad de la actividad. Se trata de un fenómeno complejo y multidimensional que se vincula con: 1) La vulnerabilidad ecológica resultante de implementar un paquete tecnológico de producción pecuaria que no es acorde con las condiciones ecológicas del agostadero sonoreense, y 2) La vulnerabilidad social relacionada con el proceso de exclusión y polarización social que se gestó y ha desarrollado a partir de la estratificación de los productores pecuarios, como consecuencia de las diferencias históricas en el acceso a la nueva tecnología, y como resultado de las diferencias actuales en la disponibilidad de recursos y en la capacidad de respuesta social frente a un medio ambiente deteriorado.

Este paquete tecnológico, caracterizado fundamentalmente por el cambio del perfil genético del hato pecuario, la intensificación de la carga animal, y la introducción de praderas de zacate buffel, genera un proceso de deterioro ecológico que distingue modificaciones muy importantes a funciones del ecosistema, como la temporalidad y variabilidad de la producción primaria a lo largo del tiempo, la erosión del suelo, las modificaciones a la fertilidad y al ciclaje de nutrientes, y la pérdida de la funcionalidad hidrológica del paisaje. Suponemos que, si bien la implementación de este paquete tecnológico propició históricamente la estratificación de productores pecuarios, esta dinámica de polarización social se ha profundizado debido a los impactos ecológicos

mencionados anteriormente. En particular se ha profundizado por 1) los impactos vinculados a la introducción de zacate buffel -que agravan la severidad de las sequías-, y 2) por las diferencias sociales de acceso a recursos económicos, subsidios, así como de capital social entre un estrato y otro, que disminuyen la capacidad de respuesta social frente a la pérdida de funciones ambientales, particularmente en condiciones de sequía. En estos casos la vulnerabilidad se refleja de muchas formas, pero puede percibirse con relativa claridad en indicadores como deterioro del agostadero, decremento en las pariciones, enfermedades, rendimientos (Figura 3). Factores todos que retroalimentan y profundizan nuevamente las diferencias sociales entre productores.

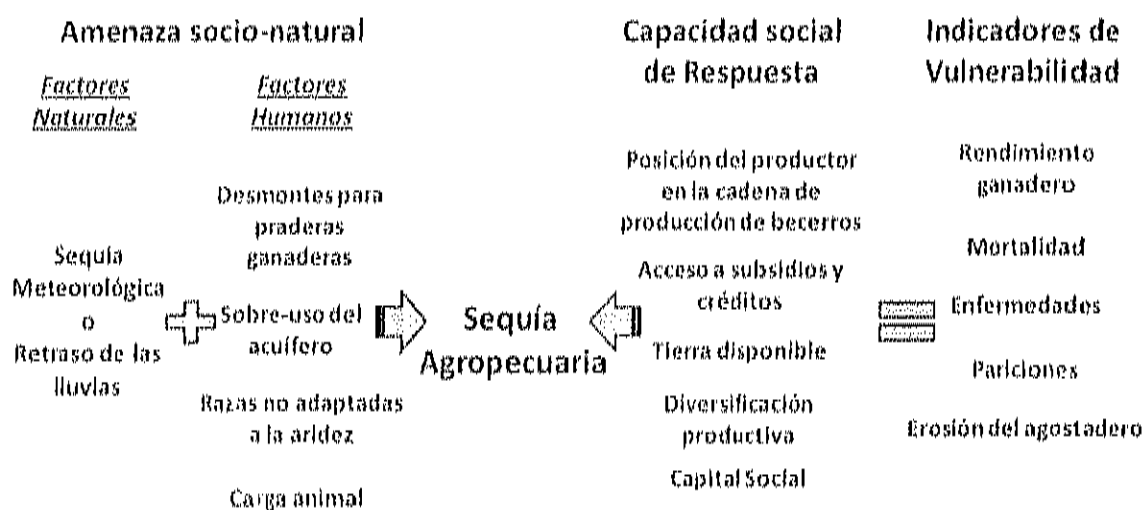


Figura 3. Convergencia local entre la amenaza ambiental y los factores que inducen vulnerabilidad. (Fuente: Bravo et al., 2010).

Desde la perspectiva anterior, la vulnerabilidad de los productores pecuarios no se limita a periodos de sequía, pero se ve exacerbada cuando la ausencia de lluvias

intensifica algunos de los impactos generados por la implementación del paquete tecnológico actual de la ganadería bovina. Es el caso de la escasez de forraje por la eliminación de muchas especies nativas durante la introducción de praderas, que se vuelve crítica en condiciones de sequía; o a la profundización de las diferencias sociales entre estratos, que deriva de la inequidad existente para hacer funcional esta forma de ganadería cuando el recurso forrajero es escaso. Concretamente, la inequidad en el acceso a subsidios y otros apoyos, que limita tanto la compra de suplementos alimenticios para suplir la pérdida de productividad del agostadero, como la rehabilitación de infraestructura que se hizo necesaria por la intensificación de la actividad, como pozos y represas para abastecer de agua al ganado.

5. LA UTILIDAD DEL ENFOQUE DE LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD PARA ABORDAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

La vulnerabilidad de los productores pecuarios denota un proceso de deterioro ambiental que puede entenderse desde la perspectiva marxista de interpretación de la historia, y particularmente desde la perspectiva provista por la segunda contradicción del capital. Sin embargo, constituye un problema que no puede comprenderse a la manera del abordaje científico convencional, como un asunto soluble por partes. Desde el enfoque científico convencional, o enfoque de la *ciencia normal* contemporánea (Funtowicz y Marchi, 2000), suele segmentarse la realidad en múltiples parcelas de conocimiento que se abordan desde ópticas disciplinarias muy específicas, pero esta forma de abordaje no permite la comprensión del problema como un todo, y a menudo descontextualiza el fenómeno de las causas históricas que lo han originado.

Lejos de analizarse bajo un enfoque integrador, a menudo los problemas vinculados con la degradación ecológica suelen analizarse desde una perspectiva estrictamente técnica, que no aborda las condiciones sociales y económicas relacionadas con el problema. Así, se enfatiza el estudio de los elementos y relaciones conmensurables en términos biofísicos, como el agotamiento del acuífero según el nivel freático, la erosión del suelo según su composición granulométrica, o la pérdida de biodiversidad según la riqueza de especies; pero no se estudian las condiciones sociales e históricas específicas que condicionan y determinan la organización productiva, los patrones sociales de apropiación de la naturaleza, y sus efectos sobre el medio ambiente.

El abordaje de nuestro fenómeno de interés a la manera convencional, desde perspectivas como la ecología tradicional, o desde enfoques como la economía ambiental -provenientes de la teoría económica clásica- sería insuficiente para caracterizarlo y comprenderlo en toda su complejidad. Por sí solas, ambas disciplinas están limitadas para conceptualizar y describir la vulnerabilidad actual de los productores pecuarios como lo que es en última instancia: el resultado de un proceso histórico originado por la expansión del capitalismo, donde se han deteriorado los procesos del paisaje que brindan resiliencia ecológica y social frente a eventos de sequía, y donde se han configurado ciertas condiciones socio-económicas de producción, que reproducen y retroalimentan una determinada capacidad social de respuesta para enfrentar estos eventos.

Si bien la ecología como ciencia provee de un valioso cuerpo teórico para entender las implicaciones biofísicas de los cambios en el paisaje, su ausencia de reflexión sobre las variables histórico-sociales que provocan dicho cambio, la limita para

comprender integralmente la complejidad de un proceso como este. A diferencia de lo que sucede con la flora y la fauna, donde las relaciones con otros seres vivos están condicionadas por factores estrictamente biofísicos, la relación del ser humano con los elementos de su entorno físico: flora, fauna, paisaje y clima; está regulada histórica y culturalmente (Montes y Left, 2000), y se encuentra condicionada en este caso por un conjunto de factores socioeconómicos que favorecen un determinado esquema de apropiación de la naturaleza. En el caso del esquema actual de producción bovina, factores como organización para la producción, subsidios gubernamentales para seguir realizando desmontes, o estrategias de respuesta frente al deterioro de procesos ecológicos en el paisaje; constituyen una dimensión del problema que no se puede entender integralmente desde el enfoque disciplinario de la ecología, por lo que se requiere un bagaje teórico más amplio, que permita abordar los aspectos “no biofísicos”, pero sumamente relevantes para comprender las implicaciones de este proceso de deterioro ambiental.

Se requiere del concurso de las ciencias sociales, pero no es pertinente recurrir a los enfoques provenientes de la teoría económica clásica, como la economía ambiental. Esta rama de la economía representa una disciplina bastante extendida para explicar y resolver los procesos de deterioro ambiental, pero se sustenta en el mismo cuerpo de supuestos teóricos que subyacen a la lógica capitalista (Foladori, 2007). Regularmente simplifica los problemas ambientales a un mero asunto de escasez, indefinición en los derechos de propiedad¹⁰, o ausencia de mecanismos eficientes de mercado que

¹⁰ Uno de los argumentos utilizados comúnmente para justificar el abordaje de la economía ambiental, fue desarrollado por Garret Hardin, a finales de los años sesentas del siglo XX. Este autor argumentaba una suerte de destino fatal e inevitable para los recursos de propiedad compartida. Indicó que cuando los

contrarresten las causas del deterioro ambiental. Asume los fenómenos como realidades a-históricas, y se inclina con facilidad hacia alternativas eficientes técnica y económicamente, pero descontextualizadas de los procesos históricos y factores socio-económicos que los han originado. En consecuencia, aporta soluciones que mitigan los síntomas del problema, pero que no cuestionan sus raíces más profundas.

Gracias al concurso de la economía ambiental por ejemplo, en algunos países del mundo ha cobrado vigencia el principio de “*el que contamina paga*”, y los gobiernos asumen que la contaminación puede disminuir si se aplican costosas sanciones a los que contaminan. Paradójicamente, la experiencia indica desde hace años, que las multas benefician a los contaminadores con mayor capacidad económica, quienes tienen recursos para implementar mejoras tecnológicas, o para pagar las sanciones y seguir contaminando (Martínez-Alier, 1996)¹¹. Realidades como esta revelan que el enfoque de la economía ambiental deriva en alternativas eficientes en términos técnicos o económicos, pero no sustentables en términos ecológicos y sociales.

El fenómeno de la vulnerabilidad tampoco puede predecirse como si tuviera un patrón invariable. El deterioro ambiental que agrava los eventos de la sequía, y la capacidad de respuesta de los productores pecuarios frente a estos eventos, son el resultado de un proceso de acumulación de factores socioeconómicos, históricos y

beneficiarios no son igualmente responsables con la propiedad común, se arriesga el usufructo de recursos, y se generan problemas para la colectividad. (The Tragedy of The Commons, Garrett Hardin, Science, 162 (1968): 1243-48). Traducida al español en la gaceta ecológica 37, del Instituto Nacional de Ecología.

¹¹ Martínez Alier indica por ejemplo, que la economización de la naturaleza, y la asignación de valores económicos subjetivos a ella, constituye una salida fácil y miope a la vez. Las empresas, o los actores sociales involucrados, pueden optar por seguir contaminando y destruyendo, si los costos son menores al presupuesto destinado para compensar económicamente. Esta solución en términos de pesos, euros o dólares, sólo conduce a destruir en la misma medida que hay disponibilidad para pagar el daño ambiental. Ver la nota en: Martínez-Alier, J. 1996. FACE, Holanda, la implementación conjunta y los eucaliptos. Ecología Política. Cuadernos de debate internacional. Num. 12, 151-152 pp.

tecnológicos que configuran el desarrollo y la complejidad actual del problema. De aquí que la vulnerabilidad resultante, pueda ser bastante plástica en función de los cambios ambientales, o del contexto socio-económico que rodea a una actividad como la producción de becerros. Los ecosistemas muestran cierta *resiliencia*¹² frente a los impactos humanos, y los productores pecuarios se adaptan y desarrollan estrategias que dependen de los activos físicos y económicos disponibles en ese momento. Por estas razones, entender las situaciones de vulnerabilidad, precisa no reducir el fenómeno a un asunto lineal de cambios en el paisaje, o a un conjunto estático de estrategias sociales para enfrentar las sinergias entre la degradación ecológica y la sequía. Se trata de una tarea que requiere caracterizar la amenaza, y las estrategias de respuesta frente a ella, pero más allá de eso, precisa concebir ambos componentes como los ejes de una relación dinámica, que configura nuevos atributos emergentes en función de variables como la precipitación anual (año de sequía, año lluvioso), el contexto económico y regulatorio que rodea a la ganadería –mercados, precio de insumos, leyes ambientales, etc.-. Este proceso no tiene un comportamiento invariante, a la manera de los fenómenos mecánicos.

En contraposición al enfoque científico tradicional –reduccionista y descontextualizante-, existe un enfoque científico emergente que puede aplicarse a un fenómeno complejo¹³ como este. Dicho enfoque, denominado genéricamente como enfoque de las ciencias de la complejidad, enfatiza la atención en los sistemas como un

¹² En términos ecológicos, el concepto de resiliencia indica la capacidad de un ecosistema para absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, regresando a su estado original una vez que la perturbación ha terminado. Es un atributo que se relaciona con la diversidad y riqueza de especies (Ver Tilman y Downing, 1994).

¹³ En este trabajo entendemos por fenómeno complejo, aquel fenómeno biótico, físico, ecológico o social, que no puede estudiarse ni comprenderse integralmente desde una perspectiva disciplinaria (García, 2000).

todo, buscando entender los fenómenos en su contexto, y en su interacción con otras variables (Morin, 1990; 1997). Se trata de un enfoque científico aún en construcción, que ha roto con el paradigma cartesiano de dividir los problemas científicos en tantas partes como sea posible¹⁴, el mismo que ha propiciado la hiper-especialización del conocimiento en campos inconexos que no articulan soluciones verdaderamente integrales al deterioro ambiental (Toledo et al., 2002a). Este enfoque de las ciencias de la complejidad se ha sacudido del lastre reduccionista, pero no rehúye la utilización de herramientas disciplinarias diversas que pueden describir el fenómeno desde distintas perspectivas. Sin embargo, más allá de focalizar la atención en las partes por separado, busca entender la totalidad a partir de las interacciones entre todos los componentes.

Varios rasgos característicos del enfoque científico de la complejidad son particularmente útiles para abordar los procesos de deterioro ambiental. Destaca el énfasis en una visión holística y continúa de los fenómenos, pues desde la perspectiva de este enfoque científico, el universo es concebido como un todo indivisible y dinámico, con partes esencialmente interrelacionadas, sólo entendibles como modelos de un proceso cósmico (Capra, 1996)¹⁵. Dicha percepción se sustenta, en los descubrimientos contemporáneos de la física sub-atómica, en los que las partículas subatómicas no pueden entenderse como entidades estáticas, sino como componentes cíclicos de un

¹⁴ El Discurso del Método (René Descartes, 1637), base de nuestro método científico, indica textualmente en su segunda regla: *El segundo principio exigía que dividiésemos cada una de las dificultades a examinar en tantas parcelas como fuera posible y necesario para resolverlas más fácilmente.*

¹⁵ Capra enfatiza, entre otras cosas, las similitudes que existen entre las conceptualizaciones de la física cuántica y los conceptos propios de la mística oriental. En ambos casos se define a los objetos, por ejemplo, como patrones de un proceso cósmico inseparable, intrínsecamente dinámico. En forma similar, Capra nota que lo que un físico llama "cosa", es descrito por los místicos indios con la palabra sánscrita *sanskara*, término que significa antes que nada "un evento" o "un suceso", y sólo en forma secundaria, "una cosa existente". Este enfoque de conceptualización del hecho físico, ligado a una cadena de eventos, es radicalmente opuesto al enfoque tradicional, donde el hecho físico se analiza como un evento estático, descontextualizado y desvinculado de sus relaciones con el todo. Ver: Capra, F. 1996. *El Tao de la Física*. Editorial SIRIO. 456 pp.

todo, buscando entender los fenómenos en su contexto, y en su interacción con otras variables (Morin, 1990; 1997). Se trata de un enfoque científico aún en construcción, que ha roto con el paradigma cartesiano de dividir los problemas científicos en tantas partes como sea posible¹⁴, el mismo que ha propiciado la hiper-especialización del conocimiento en campos inconexos que no articulan soluciones verdaderamente integrales al deterioro ambiental (Toledo et al., 2002a). Este enfoque de las ciencias de la complejidad se ha sacudido del lastre reduccionista, pero no rehúye la utilización de herramientas disciplinarias diversas que pueden describir el fenómeno desde distintas perspectivas. Sin embargo, más allá de focalizar la atención en las partes por separado, busca entender la totalidad a partir de las interacciones entre todos los componentes.

Varios rasgos característicos del enfoque científico de la complejidad son particularmente útiles para abordar los procesos de deterioro ambiental. Destaca el énfasis en una visión holística y continua de los fenómenos, pues desde la perspectiva de este enfoque científico, el universo es concebido como un todo indivisible y dinámico, con partes esencialmente interrelacionadas, sólo entendibles como modelos de un proceso cósmico (Capra, 1996)¹⁵. Dicha percepción se sustenta, en los descubrimientos contemporáneos de la física sub-atómica, en los que las partículas subatómicas no pueden entenderse como entidades estáticas, sino como componentes cíclicos de un

¹⁴ El Discurso del Método (René Descartes, 1637), base de nuestro método científico, indica textualmente en su segunda regla: *El segundo principio exige que dividiéndose cada una de las dificultades a examinar en tantas parcelas como fuera posible y necesario para resolverlas más fácilmente.*

¹⁵ Capra enfatiza, entre otras cosas, las similitudes que existen entre las conceptualizaciones de la física cuántica y los conceptos propios de la mística oriental. En ambos casos se define a los objetos, por ejemplo, como patrones de un proceso cósmico inseparable, intrínsecamente dinámico. En forma similar, Capra nota que lo que un físico llama "cosa", es descrito por los místicos indios con la palabra sánscrita *samskara*, término que significa antes que nada "un evento" o "un suceso", y sólo en forma secundaria, "una cosa existente". Este enfoque de conceptualización del hecho físico, ligado a una cadena de eventos, es radicalmente opuesto al enfoque tradicional, donde el hecho físico se analiza como un evento estático, descontextualizado y desvinculado de sus relaciones con el todo. Ver: Capra, F. 1996. *El Tao de la Física*. Editorial SIRIO. 456 pp.

proceso dinámico. En la física subatómica, los electrones pueden ser materia y energía a la vez, y la percepción de esta realidad facilita, que el mundo se perciba como un complicado tejido de eventos, en el cual, conexiones de diferentes tipos alternan, se traslapan o combinan en un *continuum* constante, que determina de este modo la textura de la complejidad. De esta visión holística, en la que todo se encuentra interrelacionado, y en la que las cosas no son cosas, sino interrelaciones entre ellas, o componentes intermedios, surge la necesidad de considerar los contextos y sus interrelaciones con el fenómeno de interés.

En este enfoque también se enfatiza la creatividad auto-constituyente de los procesos naturales, y la importancia de las propiedades emergentes¹⁶ que resultan de la interacción entre los componentes individuales del todo. Se asume que los sistemas vivos son *autopoieticos* (Maturana y Varela, 1996), es decir que se auto-organizan y auto-adaptan continuamente, sin perder el orden que les da sentido, en busca de nuevos estados de equilibrio. Este proceso se realiza mediante una red de interacciones entre los componentes del todo, configurando nuevas propiedades emergentes que superan la simple suma de las partes del sistema. Estas propiedades emergentes no son lineales –pequeñas causas pueden generar enormes resultados, y viceversa- ni predecibles, y pueden llegar a ser tan complejas, que sólo alcanzan a comprenderse mediante un enfoque trans-disciplinario que no reduzca el problema en múltiples partes.

Los conceptos y premisas subyacentes a las ciencias de la complejidad (no predictibilidad, continuidad, creatividad auto-constituyente o tendencia a nuevos estados

¹⁶ En este trabajo entendemos por propiedades emergentes, a aquel atributo que resulta de la interacción entre las propiedades individuales de un todo (Sarmiento et al., 2000). La salud de un ser humano, por ejemplo, es una propiedad emergente que resulta de sus hábitos de vida, el ejercicio físico, la dieta, el medio en el cual se desarrolla, y su herencia genética.

de equilibrio, etc.) surgieron de un proceso de observación y análisis en el trabajo científico de campos muy específicos del conocimiento (física cuántica, termodinámica, biología celular), pero su uso se ha venido expandiendo desde hace tiempo hacia el estudio de fenómenos complejos en los ámbitos biológicos y sociales. En el campo de la ecología del paisaje, una ciencia apropiada para estudiar los impactos de la introducción de praderas ganaderas, porque estudia los procesos ecológicos en un contexto geográfico-espacial; desde hace años se reconoce la no linealidad de procesos ecológicos, y se han incorporado conceptos como el de *umbral ecológico*, que expresa el punto de inflexión o cambio abrupto del ecosistema una vez que un factor humano desencadenante - como los desmontes- ha inducido una respuesta (Goffman et al., 2006).

El concepto de umbral ecológico, que surgió en la década de los setentas en el marco de la modificación a teorías desarrolladas en el campo de la física, como la teoría de estados y transiciones, indica que los paisajes pueden cambiar repentinamente de un estado a otro, si existe un mecanismo inductor lo suficientemente fuerte como para modificar su estado ecológico actual (Stringham et al., 2003; Beisner et al., 2003; Briske et al., 2005). El mecanismo inductor puede ser un factor de disturbio asociado a la actividad humana, como el sobrepastoreo de los agostaderos naturales, o el desmonte para introducción de praderas, y el impacto será mayor o menor dependiendo de los procesos y mecanismos ecológicos afectados por el factor que causa el disturbio - *pequeñas causas originan grandes efectos y viceversa*-. En cualquier caso sin embargo, el ecosistema tenderá a un estado de estabilidad que sea acorde con la nueva disponibilidad de recursos (agua, suelo, nutrientes, luz). En un momento dado, este

nuevo estado puede significar menos producción de forraje, empobrecimiento o erosión del suelo, y tener una importancia crítica para el productor pecuario.

Desde el enfoque de las ciencias de la complejidad, esta multiplicidad de estados “estables” no es caótica. Lejos de obedecer al azar, es el reflejo de propiedades emergentes de auto-organización ecológica, que tienden a mantener el funcionamiento del ecosistema dentro de rangos que aseguren su viabilidad en el tiempo. Estas propiedades emergentes no pueden explicarse a partir de la evolución individual de cada uno de los componentes del paisaje (suelo, relieve, clima, vegetación, fauna), pues son el resultado de la interacción entre todos ellos. Así, términos ampliamente utilizados en ecología, como la *homeóstasis*, que denotan la capacidad del ecosistema para mantener y regenerar sus propiedades funcionales (productividad, ciclaje de nutrientes, etc.) y estructurales (dominancia y proporción de formas de vida en un agostadero, etc.), dentro de ciertos límites a pesar de disturbios ambientales (Yachi y Loreau, 1999), nos remiten claramente a conceptos como la *autopoiesis*, o capacidad de auto-organización y auto-adaptación continua de los sistemas (Maturana y Varela, 1996), en busca de nuevos estados de equilibrio.

Estos nuevos estados de equilibrio, podrían definirse en la teoría ecológica del paisaje, como *estados sucesionales de tipo autogénico* (Granados y López, 2000), o cambios graduales de una comunidad vegetal por otra, en función de mecanismos reguladores internos que responden al disturbio ecológico recibido, y a las nuevas condiciones ambientales. Se trata de una evolución del ecosistema, o *trayectoria ecológica* en la línea del tiempo, que deriva de una propiedad emergente del sistema como un todo, que no puede modelarse al estilo de un sistema lineal, y que puede iniciar

de manera inesperada y abrupta frente a un cambio en las condiciones ambientales. Sin embargo, una vez que inicia, es capaz de mantenerse dentro de límites que no pongan en riesgo la viabilidad del sistema, mientras no se rebase un *umbral ecológico* crítico. Si este umbral se rebasa, los mecanismos auto-reguladores pueden romperse, y el comportamiento del sistema sufre una *bifurcación*. Si esto sucede, el ecosistema transita a estados sucesionales muy distintos de los que presentaría en condiciones normales.

El enfoque de las ciencias de la complejidad también está permeando el campo de la investigación social. Aunque disciplinas como la historia, la sociología, o la economía; tomaron por muchos años la perspectiva de la física clásica como ideal de objetivación científica, y desarrollaron esquemas de abordaje científico que simplificaban el hecho social buscando la regularidad, o la linealidad de fenómenos (Castell, 2000), esta forma de comprensión de los fenómenos sociales se ha visto rebasada con el tiempo. Los avances y propuestas teóricas en el campo de los estudios culturales, como la corriente del funcionalismo ecológico surgida hacia la década de los 70's del siglo XX (Rappaport, 1971); el enfoque de la perspectiva dialéctica, o el resultado de estudios que toman una perspectiva hermenéutica en la investigación etnográfica, o en la interpretación de la historia, subrayan la relevancia de considerar los contextos que rodean a los fenómenos sociales (Pulido et al., 2007). Se trata de aportaciones que enfatizan la importancia de la totalidad, la no regularidad de las relaciones causa-efecto en los hechos sociales, y la no linealidad de la historia humana entre diferentes pueblos y culturas.

Vinculado con este proceso, y particularmente en el campo de los estudios ambientales, en las últimas cuatro décadas se han elaborado propuestas unificadoras que

reconocen la insuficiencia de los *corpus* disciplinarios clásicos para explicar la complejidad de los procesos de deterioro ambiental. Así, al lado de disciplinas que permanecen como áreas autónomas de interpretación de los fenómenos sociales –como la sociología clásica–, cada vez es más evidente el surgimiento de nuevos abordajes trans-disciplinarios –como la eco-sociología o la economía ecológica–, que buscan conjuntar enfoques científicos con las llamadas ciencias naturales, para entender los procesos de degradación ecológica, y las particularidades de la relación sociedad-naturaleza (Toledo et al., 2002). Incluso hay propuestas que, en consonancia con el enfoque de las ciencias de la complejidad, cuestionan las bases epistemológicas que consideran al hombre y a la naturaleza como componentes antagónicos de una dicotomía. Ambos son entidades inseparables que se relacionan y condicionan mutuamente (Descola y Pálsson, 1996).

Para entender a cabalidad los alcances de esta nueva forma de abordaje científico en las disciplinas sociales y naturales, es necesario señalar que la ciencia normal contemporánea se sustenta en un andamiaje epistemológico que favorece la simplificación y descontextualización de los problemas de estudio. Este andamiaje tiene como trasfondo, una cualidad esencial de la cosmovisión¹⁷ occidental denominada *dualismo ontológico*¹⁸, un presupuesto mencionado por Platón hace más de veinte siglos, en el que se concibe al hombre y a la naturaleza como realidades distintas, como componentes antagónicos de una dicotomía donde materia y espíritu, mundo sensible y

¹⁷ Una *cosmovisión* es el conjunto de opiniones, creencias y conceptos correspondientes a una determinada persona, época o cultura, que sirven como marco interpretativo para formar una imagen del mundo. A partir de ella, se interpreta todo lo existente, en diferentes campos, desde la política, la economía o la ciencia hasta la religión, la moral o la filosofía.

¹⁸ Platón no menciona explícitamente el término dualismo ontológico, pero en sus reflexiones filosóficas sustenta los elementos que hoy permiten construir ese concepto. Ver el libro séptimo: La Caverna. Diálogos de Platón.

mundo de las ideas, se encuentran escindidos (Descola, 2001; Luque y Robles, 2006). Esta dicotomía, en la que el mundo sensible o mundo físico tiene inteligibilidad en la medida que participa o es explicable por el mundo de las ideas, fue incorporada desde el siglo XVII en el pensamiento cartesiano, base de nuestro método científico, como un elemento que aseguraría la eliminación de las cargas valóricas en la descripción de los hechos físicos, o como una condición necesaria para generar las ideas lo suficientemente claras y nítidas que distinguen al *verdadero conocimiento*¹⁹.

La idea predominante desde entonces, es que la separación sujeto-objeto ayuda a generar ideas y descripciones objetivas, distintas de las percepciones subjetivas sustentadas en esquemas mentales, fundamentadas en la fe o en hechos no comprobables empíricamente. Y decimos idea predominante, porque hay pensadores en la perspectiva de las ciencias de la complejidad que suponen lo contrario. Uno de los más connotados es el filósofo francés Edgar Morin, quien sostiene que el sujeto cognoscente define arbitrariamente los límites del objeto conocido. Para este pensador, la percepción de la parte, como un fragmento del todo más grande, enraza en la cultura y en las estructuras de significación del ser humano, en su realidad social. Esta define en última instancia los límites de aquello que es aceptable y de aquello que no lo es, e incluso de aquello que puede existir y de aquello que no existe. Desde esta premisa, para Morin la investigación no es a-cultural (Morin, 1997), y no existe una verdadera independencia entre sujeto que estudia y objeto de estudio.

¹⁹ Descartes sugiere aceptar como *conocimiento verdadero*, sólo aquello que se presente con "claridad" y "distinción", es decir con evidencia. Esta es la primera regla de su método. Para este filósofo, el error tiene su origen en el hecho de juzgar antes de tener un conocimiento exacto –es decir claro y distinto– de lo juzgado. Colocar al objeto de estudio, como algo distinto y distante del sujeto que estudia, es una condición para ello.

En contraposición al presupuesto de Morin, el paradigma²⁰ científico dominante propone objetivar el fenómeno de estudio como algo independiente al hombre. Esto conlleva a la “cosificación” del objeto bajo análisis, para que sea dividido en tantas partes como sea posible, a fin de simplificar su estudio (Descartes, 1637)²¹. Cada parte se aborda por separado con las herramientas disciplinarias aplicables, pero es precisamente aquí donde radica la inoperancia del enfoque científico tradicional para analizar muchos problemas ambientales. La suma de los resultados generados al caracterizar cada componente del todo, desde diferentes marcos teóricos y desde distintas perspectivas disciplinarias, no garantiza una visión integrada del conjunto (Bertalanffy, 1950). Aunque la simplificación permite modelar mecánicamente ciertos aspectos del objeto estudiado, dificulta la comprensión de la totalidad. Frecuentemente, el *todo* del fenómeno ambiental no puede desarticularse y modelarse por piezas, como si estuviéramos caracterizando y modelando cada uno de los *momentum* que componen a un hecho físico.

La simplificación mecanicista se vincula con otro presupuesto de la ciencia normal contemporánea: la noción de un orden predecible que gobierna el comportamiento de las partes. Se asume que las cosas se sujetan a leyes regulares, y el trabajo del científico es encontrarlas para formular generalizaciones que sean incuestionables. Dicho orden es a menudo inexistente, pero el método no está diseñado para incorporar las irregularidades. De hecho, gracias a este presupuesto, la idea de una

²⁰ Kuhn (2004) define el paradigma como “una completa constelación de creencias, valores y técnicas, compartidas por los miembros de una determinada comunidad para interpretar su realidad”. Esta definición presupone un conjunto compartido de suposiciones, una manera compartida de percibir el mundo, de explicarlo y comprenderlo.

²¹ El Discurso de Método, base de nuestro método científico, indica textualmente en su segunda regla: *El segundo principio exigía que dividiésemos cada una de las dificultades a examinar en tantas parcelas como fuera posible y necesario para resolverlas más fácilmente.*

ciencia predictiva e infalible se ha constituido desde el siglo XVII, en el referente estándar de toda actividad científica, sentando las bases para legitimar una sola forma específica de interpretar la realidad: aquella que siga los postulados básicos, predictivos, de la física clásica newtoniana.

No es casualidad que hasta hace relativamente pocas décadas, tanto naturalistas como científicos sociales buscaran leyes universales que explicaran los objetos de su investigación científica. Durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, por ejemplo, está interpretación “científica” de los fenómenos, llegó a poner en boga la *teoría del determinismo geográfico*, que explica el desarrollo de los pueblos como si fuera una consecuencia mecánica del medio geográfico donde viven, subestimando el papel de la cultura y su impronta sobre la transformación del entorno físico²². Todavía hoy, de hecho, en algunos ambientes universitarios o políticos, se supone, que el desarrollo de la sociedad y sus formas de organización, están regidos, determinísticamente, por los modos de producción dominantes.

Las consecuencias de estas formas de abordar al problema de estudio son mayúsculas. Destaca la simplificación de la complejidad (Funtowicz y Marchi, 2000), y la parcelación del conocimiento en múltiples disciplinas científicas, hasta un grado de hiper-especialización que no permite disponer de una noción integrada del todo (Morin, 1990). La historia del hombre también se ha concebido como un fenómeno lineal, regular y predecible, y este argumento ha servido como acicate ideológico para justificar el colonialismo y la dominación de unos pueblos por otros. Si se interpreta que el

²² Dicha teoría incluso justificó ideológicamente a movimientos como el nacional-socialismo, en la Alemania de mediados del siglo XX, pues los ideólogos nazis suponían que la región central de Europa reunía las características geográficas idóneas para la máxima evolución cultural y biológica del hombre. Los individuos caucásicos naturales de esa zona, tenían que ser superiores.

progreso y la historia es lineal, entonces los pueblos desarrollados tienen el deber de civilizar a los no desarrollados, para ayudarles a encontrar el modelo de sociedad a seguir. También por estas razones, como resabio de la herencia mecanicista, hoy tenemos toda una jerarquía del conocimiento científico, en la que las disciplinas o ciencias predictivas –al estilo de las ciencias físicas- tienen más prestigio y legitimidad social que las ciencias no predictivas –al estilo de ciencias como la antropología-, ya que se les atribuye mayor “objetividad” (*ciencias duras vs ciencias blandas*).

La simplificación reduccionista, ha contribuido a legitimar esquemas de producción de alimentos no sustentables. Favorece por ejemplo, la imposición de paquetes tecnológicos agropecuarios a un elevado costo ambiental, pues no permite el manejo articulado y coherente de sistemas complejos de organización biológica, como los ecosistemas. Propicia por el contrario, que cada componente de los ecosistemas (agua, plantas, minerales, suelo, animales, etc.) sea estudiado, gestionado y manejado por cuerpos disciplinarios desvinculados entre sí, a menudo bajo modalidades tecnológicas que desarticulan a este elemento de los ritmos y ciclos naturales que determinan la unidad y estabilidad del sistema ecológico en el que se encuentra inserto. El agua se estudia y maneja por separado, el suelo se estudia y maneja por separado, la vegetación se estudia por separado, etc. aunque la relación suelo-planta-agua integre un proceso ecológico indivisible, con vínculos tan estrechos y significativos como para controlar el funcionamiento hidrológico del paisaje, o como para establecer la capacidad de carga animal de un agostadero.

Precisamente por todas estas razones puede decirse que el problema ambiental, incluso aquel que ha sido generado por la adopción de nuevas tecnologías para la

producción intensiva de alimentos, es un problema del conocimiento. Es un problema que deriva de la racionalidad teórica e instrumental que distingue a nuestro sistema científico, misma que escinde al ser humano de su entorno, propicia la simplificación de la complejidad, y condiciona una forma de apropiación de la naturaleza, como si esta pudiera reducirse a la categoría de objeto, aprehensible para la satisfacción de nuestros fines. Es un problema que deriva del condicionamiento que hemos recibido de nuestro sistema científico, mismo que al configurar una determinada idea del mundo, legitima la apropiación de la naturaleza como si esta apareciera escindida del ser humano.

Estas fallas revelan que los problemas relacionados con el deterioro ambiental, como la vulnerabilidad de los productores pecuarios, no deben abordarse bajo el mismo esquema de generación del conocimiento que los ha generado, como si fueran asuntos tratables por partes, con enfoques científicos disciplinarios que segmentan la realidad, y que no permiten una comprensión integral de la compleja relación sociedad-naturaleza. Por el contrario, su solución requiere de enfoques sistémicos y trans-disciplinarios, como el enfoque propuesto por las ciencias de la complejidad. Este enfoque ofrece grandes posibilidades para esto, porque se sustenta en una óptica sistémica, transdisciplinaria, no limitada por la estrechez de marcos analíticos disciplinarios. Precisamente por eso, es de suponerse que al menos en el campo de los estudios ambientales, los enfoques tradicionales de abordaje científico quedarán rebasados. Por su propia complejidad, los fenómenos ambientales demandan el tránsito hacia la trans-disciplinariedad, y los fundamentos epistemológicos que han regido a la *ciencia normal* desde la época de Descartes, se vuelven inoperantes para entender el todo.

Es necesario considerar atributos como la irreversibilidad y la no linealidad, aceptar que los fenómenos no siempre son predecibles, y hacer énfasis en la identificación de las propiedades emergentes que muestra el sistema en su conjunto. Bajo estas premisas, podemos disponer de una clave distinta para explicar la relación sociedad-naturaleza, por que los componentes de esta relación se condicionan mutuamente, se integran por entes con capacidad para modificar y modificarse, para innovar y adaptarse, y una vez que interactúan muestran un comportamiento que no es completamente previsible ni controlable bajo los cánones de la ciencia predictiva clásica. Buscar rutas no mecanicistas, distintas al camino convencional, se ha vuelto un reto que no podemos eludir.

Hay avances en ese sentido. Precisamente por el dinamismo y no linealidad de los fenómenos que conjuntan sociedad y naturaleza, en los últimos años se han desarrollado instrumentos metodológicos que se sustentan en la simulación informática para explorar las situaciones de comportamiento no lineal. Los sistemas complejos a veces exhiben propiedades emergentes que sólo pueden observarse mediante la modelación computacional (Anderson, 2002), y la simulación de multitud de casos permite encontrar posibilidades de variación y cambio que no podrían identificarse con otros instrumentos (Gimblett, 2002). Este tipo de modelaciones constituye un terreno fértil pero poco explorado, y tiene gran potencial como sustento de políticas públicas enfocadas al manejo de recursos naturales (Loiselle et al., 2000; Ortiz y Wolff, 2002). Hay que decir sin embargo, que la teoría social que se utiliza para sustentar esta forma de abordaje metodológico, a veces queda rebasada frente a la complejidad del mundo real (Abel, 1998).

Los resultados de autores que nos han precedido, demuestran la pertinencia del enfoque de las ciencias de la complejidad para el análisis de la vulnerabilidad social. En los estudios de este fenómeno se hace énfasis en los contextos que originan al desastre, y las causas naturales no se conciben como hechos aislados, independientes de la sociedad, sino por el contrario, como estrechamente vinculados a las variables socioeconómicas que distinguen al grupo causante, y a la vez receptor del evento. En particular, el término mismo de *amenaza socio-natural*, en la que concurren y se sinergizan las probabilidades de daño por fuerzas naturales y factores antropogénicos, contribuye a borrar la histórica disyunción entre ser humano y naturaleza, dos categorías analíticas que siempre se habían considerado escindidas en el modelo de la ciencia simplificante. Una escisión que en la perspectiva de los estudios geográficos regionales, siempre se traducía en una concepción del medio natural como lo deseable²³ y en una concepción del medio humano como lo indeseable: “los impactos antropogénicos”. Así, a diferencia de los estudios geográficos tradicionales, en los que el medio humano y el medio natural se analizan como componentes separados y dicotómicos, en los estudios de vulnerabilidad no pueden entenderse los procesos detonantes de la vulnerabilidad, si sus causas se analizan como componentes que se encuentran escindidos. Hombre y naturaleza interactúan y se retroalimentan de tal forma que, o bien originan procesos adaptativos que implican una disminución de las amenazas, o bien sinergizan nuevas probabilidades de daño, incomprensibles si se analizan desde una óptica simplificante.

En este escenario de nuevas formas de abordaje científico para entender el deterioro ambiental, y teniendo como telón de fondo la perspectiva provista por la segunda

²³ Cuanto más prístino, más deseable. De hecho, en esta concepción se sustentan buena parte de los indicadores ambientales para monitoreo

contradicción del capital, es pertinente considerar el enfoque ofrecido por la Ecología Política, para enlazar el abordaje desde diferentes disciplinas, y para discutir un fenómeno como la vulnerabilidad de los productores pecuarios. La ecología política puede definirse como un espacio de reflexión que propone una visión interdisciplinaria para comprender la degradación ecológica, haciendo énfasis en las relaciones de poder implícitas en el acceso, uso, manejo y control de los recursos naturales (Soares, 2007). Constituye un ámbito donde confluyen elementos de nuevas disciplinas ambientales, como la economía ecológica, el derecho ambiental, la sociología política, la antropología de las relaciones cultura-naturaleza; para abordar los problemas de la relación sociedad-naturaleza, y dilucidar los mecanismos sociales o económicos que originan un reparto desigual de los costos de la degradación ecológica (Leff, 2006). Desde la ecología política se aspira, por ejemplo, entender como se conforman y desarrollan los diferentes intereses sobre el ambiente, desde una perspectiva histórica y política (Alimonda, 2002), ubicando los procesos locales de deterioro ambiental, en el marco de la economía y las instituciones regionales, nacionales e internacionales.

Aunque se trata de un espacio todavía en construcción (Leff, 2003a), la ecología política brinda un enfoque consistente con el enfoque de las ciencias de la complejidad. En primer lugar, se nutre de la reflexión interdisciplinaria, vinculando métodos y disciplinas que abordan fenómenos socio-naturales. En segundo lugar, reconoce la importancia de los contextos que envuelven a la problemática ambiental, porque las formas de apropiación de la naturaleza, que originan esta problemática, regularmente se legitiman mediante arreglos sociales y dispositivos políticos. En tercer lugar, propicia cuestionamientos de tipo ético al abordar el tema de la degradación ecológica, pues a

diferencia del abordaje científico clásico, no sólo se pregunta el “como” de esta degradación, sino el “porqué” de esta a lo largo de la historia. Con este “porqué”, introduce un sentido crítico que contrasta con el abordaje estrictamente experimental, o descriptivo, de la ciencia clásica.

6. HIPÓTESIS DE ESTE TRABAJO.

Hemos dicho que el paquete tecnológico actual de la ganadería bovina sonorenses genera condiciones de vulnerabilidad, pero suponemos en particular que la introducción de zacate buffel, profundiza dichas condiciones. Creemos que sus impactos sobre el paisaje incrementan la severidad de sequías, y seguramente agravarán los efectos adversos del cambio climático en esta región de México. Sin embargo, partimos de la premisa que la vulnerabilidad está condicionada por la capacidad de respuesta que exhibe cada estrato de productores pecuarios, un atributo social emergente definido por la combinación de sus estrategias, capital social, posibilidades económicas, y su acceso a recursos gubernamentales para mitigar los efectos de una sequía. Todos estos supuestos pueden concretarse en la siguiente hipótesis:

“La introducción de zacate buffel, uno de los rasgos distintivos de la modernización ganadera en Sonora, genera impactos que incrementan la vulnerabilidad del sector ganadero frente al fenómeno de cambio climático. Pero esta vulnerabilidad está condicionada por factores sociales como la disponibilidad de capital, el acceso al crédito y los subsidios agropecuarios, la organización para la producción, y el grado de equipamiento tecnológico de los productores pecuarios”.

Ya discutimos la pertinencia de tomar el enfoque de las ciencias de la complejidad para estudiar un fenómeno como este, pero es necesario abordar varias cuestiones que permitan construir las mediaciones teórico-metodológicas para aceptar o rechazar nuestra hipótesis. En principio se requiere definir qué componente del ecosistema tomaremos como eje de estudio para documentar las modificaciones a la naturaleza inducidas por la ganadería. En segundo lugar, es necesario establecer cómo relacionaremos las modificaciones a este componente con el concepto de vulnerabilidad social frente a los cambios ambientales. En tercer lugar, es necesario definir como enlazaremos los resultados generados mediante abordajes disciplinarios distintos, y cual será nuestro eje de análisis para discutirlos sin perder de vista su vinculación con el capitalismo.

Abordaremos el primer punto, el estudio de la amenaza, tomando como eje un elemento de integración territorial que permite documentar los impactos de la actividad humana sobre la naturaleza, de una manera relativamente clara; así como definir posibles repercusiones ambientales derivadas de la transformación antropogénica. Dicho elemento de integración territorial se constituye por el paisaje geográfico. Este representa un nivel de complejidad ecológica que puede reconocerse de manera visual en el espacio, tomando como referentes su configuración biofísica y de usos humanos. El paisaje es un nivel analítico de utilidad en estudios ecológicos, que se conforma por subsistemas de naturaleza geológica, geomorfológica, climática, edáfica, biótica y humana, con límites claros en el espacio. Además de su validez ecológica, representa también el escenario en el que el productor rural, poquitero o empresarial, realiza el juego de la subsistencia.

Es sobre el paisaje, donde el ganadero incorpora los componentes geográficos, biológicos y genéticos (genes, razas ganaderas, suelos, topografía, clima, agua y espacio), y los procesos ecológicos (sucesión, producción de forraje, movimiento de materiales, etc.) a su actividad. En virtud de esto, dependiendo de la lógica de apropiación dominante, la producción pecuaria tiende a volverse un sistema productivo con una racionalidad ecológica que se integra al funcionamiento natural (Toledo et al., 2002b), o un sistema especializado agroindustrial, donde la implantación de esquemas intensivos de producción bovina, se sustenta en la modificación severa de los componentes y procesos bióticos y abióticos.

La interacción de los diferentes subsistemas que integran el paisaje tiende a mantener una dinámica de equilibrio meta-estable mediante el intercambio de materia y energía (García y Muñoz, 2002), pero dicho equilibrio puede romperse por la eventual acción de fenómenos naturales o modificaciones severas inducidas por el hombre. Si se rebasa un cierto umbral ecológico, se altera el equilibrio dinámico de los subsistemas originales, se generan condiciones de inestabilidad en todo el ecosistema, y se modifica su capacidad de producir recursos naturales y brindar servicios al hombre (Absorber CO₂, convertir energía solar en alimento o energía química, reciclar nutrientes, regular poblaciones animales y vegetales, regular el ciclo del agua, formar suelo, etc.).

Cuando esto sucede, los seres humanos advierten una disminución de la capacidad del paisaje para acoger diversas actividades humanas, o una mayor incidencia de eventos y factores climáticos que ponen en riesgo su supervivencia (sequías, abatimiento de acuíferos, lluvias torrenciales, inundaciones, etc.). Dicho fenómeno se percibe sin que necesariamente haya claridad en cuanto a las causas y los orígenes del

problema, pero se enfrenta con medidas de adaptación social y acciones defensivas encaminadas a mantener los niveles de utilidad previos a la alteración del equilibrio, que en casos muy severos pueden significar migración a otros sitios o abandono de las actividades tradicionales.

Las medidas de adaptación social, o capacidad de respuesta frente al deterioro ambiental inducido por cambios en el paisaje, constituirán el siguiente ámbito de análisis. Estas medidas, que involucran frecuentemente la modificación de las dinámicas y patrones de uso, la incorporación de subsidios energéticos como el suplemento cuando no hay forraje, los cambios en los esquemas y reglas sociales de acceso a los ecosistemas, etc., se pueden realizar con mayor o menor facilidad dependiendo de los recursos disponibles entre los grupos sociales que enfrentan el cambio ambiental. Así, es de esperarse que productores pecuarios con fuerte dependencia de un agostadero en deterioro, marcada dependencia de recursos económicos externos, o con ausencia de estructuras de organización social que permitan ofrecer una respuesta cohesionada frente al cambio ambiental, mostrarán mayor vulnerabilidad que grupos sociales con más capacidad de maniobra.

La capacidad de respuesta puede documentarse empíricamente mediante el registro del actuar y responder de los seres humanos frente al paisaje, pero es necesario seleccionar componentes estructurales y funcionales del ecosistema, que permitan establecer relaciones inequívocas entre su deterioro, y las respuestas sociales que se van a registrar. En este caso, hemos elegido componentes y procesos ecológicos relacionados con la conservación de los recursos hídricos y la provisión de forraje al ganado, representados de una manera sintética en el patrón temporal y espacial de la

productividad primaria. La productividad primaria es una propiedad ecosistémica vinculada con la producción de forraje, que refleja muchos de los impactos asociados a la introducción de praderas, y que tiene una relevancia indiscutible para el sector ganadero local. Sobre todo para los productores pecuarios con menos disponibilidad de recursos para comprar suplementos alimenticios en periodos de sequía.

Para documentar la capacidad de respuesta, tomamos como referente el concepto de estrategia. Este término deriva del Latín (*strategia*), e identifica los procesos y acciones humanas involucrados en el arte de dirigir las operaciones militares (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, 2009), pero en este caso lo hemos definido como el conjunto de medidas implementadas por los productores pecuarios, para evitar, impedir o resistir amenazas ambientales. Las estrategias revelan procesos de sobrevivencia y reproducción social que implican el aprendizaje de experiencias previas de adaptación (Giddens, 1998), así como la optimización del uso de recursos para enfrentar el deterioro ambiental. Se trata de medidas que se sustentan en la existencia de un acervo de capital social para enfrentar el riesgo o consensuar el manejo de recursos, pero que también dependen de los activos tecnológicos, físicos, económicos y de apoyo externo para superar las amenazas (Kaztman, 2000). Las estrategias serán registradas haciendo investigación cualitativa, de tipo etnográfico, entre productores pecuarios de diferentes estratos.

Amenaza y estrategias de respuesta forman parte de una relación dinámica que no tiene un comportamiento lineal e invariable a lo largo del tiempo. Precisamente por ello, en este trabajo trataremos de abordar los diferentes componentes del proceso sin perder de vista el todo. Caracterizaremos amenaza y capacidad de respuesta, con

herramientas propias de la ecología y la investigación social cualitativa, pero no perderemos de vista que ambas dimensiones forman parte de una relación flexible, con propiedades emergentes que no pueden comprenderse desde un abordaje simplificante. Trataremos de identificar situaciones de vulnerabilidad cuando cambia cada una de las partes, y cuando se modifican las variables contextuales del problema. Finalmente, puesto que el fenómeno de la vulnerabilidad se vincula con las demandas que ha impuesto el capital, discutiremos nuestros resultados tomando como eje de discusión los *conflictos de la distribución ecológica* que resultan a la hora de internalizar el costo ambiental de un esquema de desarrollo vigente en la actividad bovina. Nos referimos con esto, a una categoría analítica señalada por pensadores del campo de la ecología política, que describe las inequidades existentes entre distintos grupos sociales cuando se enfrentan a las repercusiones de la degradación ecológica (Martínez-Alier, 2004). Como acertadamente lo señala Joan Martínez-Alier, uno de los pensadores más prolíficos en esta corriente²⁴, no todos los humanos son igualmente afectados por el uso que la economía hace del ambiente natural. Unos se benefician más que otros, unos sufren mayores costos que otros, de ahí los conflictos ecológico-distributivos, conflictos ambientales o conflictos de “justicia ambiental”.

Los conflictos de distribución ecológica, tienen una dimensión política, económica y sociológica. Reflejan la inequidad existente en la distribución de los recursos y el costo ecológico. En ellos convergen factores históricos, políticos y de dominación económica: las fuerzas del mercado internacional, pero también las élites

²⁴ Joan Martínez Alier es Doctor en Economía por la Universidad de Autónoma de Barcelona, director de la Revista Ecología Política publicada por ICARIA. En sus líneas de investigación destacan la Economía Ecológica, la Política Ambiental, y la Ecología Política.

locales que se han beneficiado de una relación de dependencia económica con el mercado mundial, y de la inequidad existente con sus socios ganaderos de bajos recursos. También son el resultado de “consensos sociales” que reposan en formas de organización política, estructuras institucionales, y arreglos jurídicos.

En este caso, nosotros pensamos que la vulnerabilidad de los productores pecuarios, desigual entre productores de distintos estratos, es la concreción más explícita de dichos conflictos. Por lo tanto, identificar situaciones de vulnerabilidad, y discutir estas situaciones en el contexto de las demandas impuestas por las necesidades del mercado internacional de bovinos, servirá para documentar nuestro problema desde la perspectiva de la ecología política. Servirá para discutir un caso de estudio que ejemplifica en el ámbito local, la segunda contradicción del capital.

7. OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo abordan cada uno de los aspectos anteriores. En principio, como **objetivo general** nos hemos propuesto:

“Identificar las relaciones existentes entre intensificación de la actividad ganadera, alteraciones de la cubierta vegetal por introducción de zacate buffel, y la vulnerabilidad social del sector ganadero frente a sequías, en el contexto de los escenarios previstos de cambio climático para la región centro-oriente de Sonora”.

Este **objetivo general** se desglosa a su vez en los siguientes **objetivos específicos**:

- 1) Identificar las modificaciones a la estacionalidad y productividad de la vegetación asociadas a la introducción de zacate buffel, y sus sinergias potenciales con el fenómeno de la sequía.
- 2) Identificar que variables del marco normativo-institucional relacionado con la ganadería, favorecen la introducción de zacate buffel.
- 3) Identificar las estrategias locales de manejo del agostadero frente al fenómeno de la sequía, en particular aquellas relacionadas con la introducción de zacate buffel.
- 4) Identificar variables indicadoras de vulnerabilidad del sector ganadero frente al fenómeno de la sequía, vinculadas con los cambios ambientales derivados de la introducción de zacate buffel, y las estrategias locales de manejo del agostadero.

Estos objetivos permiten ubicar los componentes de nuestro problema de estudio, en las categorías empíricas que usualmente se utilizan en el análisis del fenómeno de la vulnerabilidad (*amenaza ambiental socio-natural, capacidad de respuesta*), y son coherentes con el enfoque metodológico necesario para abordar un problema complejo como este.

En el **objetivo específico uno** se describirán las implicaciones que ha tenido el cambio de uso del suelo y la introducción de zacate buffel sobre la funcionalidad del agostadero, y como este cambio impone menor o mayor viabilidad sobre los procesos del ecosistema que son más importantes para el productor pecuario. Describir el cambio en las tendencias espaciales del paisaje, y sus impactos en términos de la funcionalidad

ambiental, permite entender los factores que convierten a la escasez de lluvias en una amenaza socio-natural. Este análisis se realiza mediante técnicas propias de la sensoría remota y la ecología del paisaje, enfatizando la descripción de propiedades emergentes del ecosistema, que integran en sí mismas la respuesta ecológica de todos sus componentes individuales (suelo, vegetación, etc.) frente a un disturbio como la introducción de zacate buffel. Los esfuerzos se han dirigido en particular, a caracterizar la dinámica de la producción primaria mediante el índice de vegetación normalizado (NDVI) un descriptor de procesos ecológicos que se relaciona con la disponibilidad de forraje, cobertura de la vegetación y los procesos erosivos en el suelo (Stoms y Hargrove, 2000; Franklin et al., 2006; Huete, 1988).

El esfuerzo de caracterización y diagnóstico de este proceso ecológico, se apoya en técnicas ampliamente conocidas de investigación ecológica, pero en el intento de ser coherentes con el enfoque de las ciencias de la complejidad, rebasamos los encuadres metodológicos estrictamente disciplinarios. También hemos realizado trabajo etnográfico entre los productores pecuarios, en este caso con el fin de incorporar elementos que enriquezcan el diagnóstico ecológico de nuestra área de estudio, y en particular de sus agostaderos. Hemos entrevistado a diversos informantes clave que se han ido contactando en el área de estudio durante los últimos tres años, haciendo énfasis en aspectos como tenencia de la tierra, disponibilidad de recursos económicos para la ganadería, patrones de uso del terreno, modalidades tecnológicas de la producción pecuaria, hidrología y degradación del suelo. A través de la investigación se ha utilizado la técnica de bola de nieve (Pulido *et al.*, 2007), para seleccionar a nuevos informantes con datos relevantes sobre el tema.

Los resultados de esta fase se indican en el manuscrito “Diferencias espacio-temporales del Índice de la Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI) entre áreas con zacate buffel y con vegetación natural de la región central de Sonora”. Este manuscrito se enviará en brevedad a una revista especializada sobre el tema.

El **objetivo específico dos**, permite poner la variable introducción de zacate buffel, en relación con su contexto económico, político y normativo. Estos factores permitirán comprender por qué la introducción de zacate buffel continúa a pesar de los impactos ambientales. En términos metodológicos, resolver este objetivo implica la identificación y análisis de todo el esquema de subsidios, apoyos, leyes y normas, etc. encaminados a promover que la ganadería, y en particular la siembra de buffel, funcione. Para este objetivo, se ha realizado trabajo etnográfico entre informantes clave relacionados con la ganadería (productores, dirigentes ejidales y funcionarios de gobierno), indagando acerca de los aspectos institucionales y normativos vinculados con la introducción de zacate buffel, con el esquema vigente de fomento ganadero, y con el sistema jurídico de regulación ambiental. Este trabajo ha implicado técnicas de levantamiento de datos como la entrevista semi-estructurada (Fontana y Frey 2000), la entrevista focalizada y la entrevista informal (Uña-Juárez *et al.*, 2004), pero también se ha recopilado información documental en archivos históricos, y material hemerográfico y bibliográfico relativo al tema.

Los resultados obtenidos en este objetivo se describen en el apartado: “Políticas Rurales y Pérdida de Cobertura Vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas”. Un apartado

en forma de manuscrito que fue aceptado para publicación por la revista *Región y Sociedad* del Colegio de Sonora.

Identificar y describir las estrategias de manejo del agostadero frente a una amenaza ambiental como la sequía, en el **objetivo específico tres**, y el papel que juega la introducción de zacate buffel, nos ayuda a entender la capacidad de respuesta de los productores pecuarios, y las diferencias de vulnerabilidad entre productores de diferentes estratos. En este objetivo documentamos las estrategias mediante trabajo etnográfico entre los productores pecuarios, pero además hacemos investigación en archivos de gobierno, lectura de documentos, entrevistas a funcionarios, etc., que nos ayuden a entender que factores sociales, económicos, institucionales o incluso políticos, las condicionan a lo largo del tiempo. Con esto, esperamos ubicar las estrategias en su contexto, y comprenderlas como fenómenos que están engranados en procesos sociales y económicos más amplios. Los resultados de este trabajo se indican en el manuscrito “Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro-oriente de Sonora, un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción de becerros”, aceptado recientemente por la revista *Estudios Sociales* de CIAD.

La identificación de procesos impactados por la introducción de buffel, y estrategias de los productores frente al deterioro ambiental, revela situaciones de vulnerabilidad que no son evidentes cuando se analiza cada aspecto del problema por separado. En el **objetivo específico cuatro** identificamos que variables construyen el fenómeno de la vulnerabilidad, y como estas variables se articulan con el modo capitalista de producción de becerros. Es un objetivo que se resuelve al integrar todos los apartados de la tesis, y discutir estos con una perspectiva sistémica. Se aborda

parcialmente en cada uno de los capítulos, pero se discute con mayor profundidad en el capítulo III y IV de este documento. Los cuatro objetivos específicos juntos nos ayudan a resolver nuestro objetivo general, y sus resultados se vincularán entre sí mediante un apartado de integración (Capítulo V), que discuta las implicaciones del proceso en términos de la Ecología Política.

**CAPÍTULO II:
DIFERENCIAS ESPACIO-TEMPORALES DEL INDICE DE
LA DIFERENCIA NORMALIZADA DE LA VEGETACIÓN
(NDVI) ENTRE ÁREAS CON ZACATE BUFFEL Y CON
VEGETACIÓN NATURAL DE LA REGIÓN CENTRAL DE
SONORA.**

Este capítulo se ha escrito en formato de artículo científico, para ser traducido y enviado al Journal of Arid Environments. Se presenta en el formato solicitado por la revista.

DIFERENCIAS ESPACIO-TEMPORALES DEL INDICE DE LA DIFERENCIA NORMALIZADA DE LA VEGETACIÓN (NDVI) ENTRE ÁREAS CON ZACATE BUFFEL Y CON VEGETACIÓN NATURAL DE LA REGIÓN CENTRAL DE SONORA.

Luis Carlos Bravo Peña, Alejandro E. Castellanos Villegas, Shoko Doode Matsumoto.

RESUMEN

Comparamos el comportamiento del Índice de la Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) entre áreas con zacate buffel (*Penisetum ciliare*), y áreas con vegetación natural, de tres zonas con distintos regímenes de precipitación pluvial en el centro de Sonora, en el noroeste de México. El índice se obtuvo de los compuestos quincenales de NDVI (bandas 1: 620-670 nm y 2: 841-876 nm) de imágenes MODIS correspondientes al año 2005. Los valores promedio del NDVI oscilaron entre 0.7447 (Mediana: 0.82) y 0.0778 (Mediana: 0.065), con valores mayores en los meses más lluviosos, e inferiores en los más secos. La comparación entre zonas con vegetación natural y con buffel, indicó valores de NDVI mayores para la vegetación natural en las dos zonas con mayor precipitación pluvial anual (Prueba U de Mann Whitney para muestras independientes, $P < 0.05$), pero en la zona más árida sólo mostró este comportamiento en el periodo más seco del año. Los resultados sugieren que, bajo ciertas condiciones ecológicas y de precipitación, el buffel puede disminuir la producción primaria aérea, aunque la intención inicial haya sido su incremento y la rentabilidad desde el punto de vista ganadero. La baja productividad, aunada a la invasibilidad, propensión al fuego, y pérdida de biodiversidad, son argumentos para reconsiderar la política de introducción de buffel en algunas de las zonas ecológicas estudiadas.

Palabras clave: NDVI, zacate buffel, vegetación natural, Imágenes MODIS.

SPATIO-TEMPORAL DIFFERENCES OF THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) BETWEEN AREAS WITH BUFFELGRASS AND NATURAL VEGETATION OF THE CENTRAL REGION OF SONORA.

Luis Carlos Bravo Peña, Alejandro E. Castellanos Villegas, Shoko Doode Matsumoto.

ABSTRACT:

We compared the performance of a normalized difference vegetation index (NDVI) between areas with buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) and areas of natural vegetation in three different precipitation zones in the Sonora State, Northwest of Mexico. The index was derived from biweekly composites of NDVI (bands 1:620 - 670 nm and 2:841 - 876 nm) of MODIS images corresponding to year 2005. The NDVI average values oscillated between 0.7447 (Median: 0.82) and 0.0778 (Median: 0.065), with higher values in the wettest months, and lower in the driest. The comparison between natural vegetation and those transformed to exotic buffel savannas showed higher NDVI values for pixels of natural vegetation in two of the three regions where rainfall is higher (Test of Mann Whitney for independent samples $P < 0.05$). But in the most arid region, the inverse behavior was found. These results suggest that, under certain semi-arid conditions, buffel can lower aerial primary productivity, even though its initial introduction was to increase land productivity and cattle profitability. The low productivity, combined with the invasibility, propensity to the fire, and loss of biodiversity, are arguments to reconsider the policy of introduction of buffel in some of the studied ecological zones.

Key words: NDVI, buffel savannas, desert vegetation, MODIS, land use change.

1. INTRODUCCIÓN.

La ganadería de bovinos es una de las causas principales del cambio en las coberturas de uso del terreno en el Noroeste árido de México. En el estado de Sonora, esta actividad presenta desde mediados del siglo XX, un acelerado proceso de intensificación productiva que involucra la remoción de amplias extensiones de vegetación nativa y la introducción de zacate buffel (*Penisetum ciliare*), un pasto africano que se usa como forraje (Martín-Rivera *et al.*, 1995). Los desmontes se han subsidiado por distintos programas gubernamentales desde la década de los setentas a la fecha, y han significado la sustitución de millones de hectáreas de vegetación natural por praderas de zacate buffel en todo el noroeste de México (Castellanos *et al.*, 2002).

La conversión de matorrales espinosos, selvas caducifolias, y bosques de cactáceas en pastizales de zacate buffel, tiene el propósito de sostener un hato ganadero que casi se ha duplicado durante el último medio siglo; pero representa un cambio profundo en la estructura de la vegetación (Saucedo *et al.*, 2007) y la funcionalidad de los ecosistemas (Castellanos *et al.*, 2002). Los cambios en la estructura se asocian a la remoción total o parcial de la vegetación nativa, sustituida por otra forma de vida que no se encuentra localmente en condiciones naturales (Burquez *et al.*, 2002). Además de drásticas modificaciones en la composición florística, diversidad de estratos y formas de vida, el reemplazo de la vegetación original también implica modificaciones en la funcionalidad ecosistémica, generalmente vinculadas a la alteración de los mecanismos de intercambio de materiales y energía entre los biomas impactados por la introducción de pastizales de buffel, y la atmósfera (Castellanos *et al.*, 2010 en prensa).

Desde la perspectiva gubernamental se asume, que el incremento en forraje por la introducción de buffel disminuirá el riesgo de sobrepastoreo de los agostaderos naturales, y disminuirá la vulnerabilidad de los productores pecuarios en periodos de sequía. Sin embargo, la remoción directa de la vegetación, y la habilidad de la especie para dispersarse a zonas contiguas (Arriaga et al., 2004), reduce hasta en un 90 % la riqueza de especies nativas (Saucedo et al., 1997) y origina repercusiones posteriores en el funcionamiento del ecosistema que pueden reducir la producción de forraje. Algunos autores han demostrado que las comunidades vegetales más diversas pueden utilizar más completamente los recursos limitantes, y lograr mayor productividad (Tilman et al., 1996; Tilman et al., 2006), pero se ignora en qué medida la introducción de praderas de zacate buffel puede disminuir la estabilidad de la producción primaria a lo largo del tiempo, y poner en riesgo la resiliencia de los agostaderos naturales cuando el agua es escasa.

Se ha documentado que la producción de biomasa en pastizales de buffel disminuye drásticamente durante eventos de sequía (Martín-Rivera et al., 1995), llegando a proporciones que hacen muy difícil sostener el hato ganadero a los productores pecuarios que han transformado la totalidad de sus predios (Vázquez-León and Liverman, 2004). Estas modificaciones en el funcionamiento del ecosistema, en conjunto con el efecto sinérgico de factores locales de presión humana, como el incremento del hato ganadero a magnitudes que sólo pueden sostenerse durante años lluviosos, o la pérdida de biodiversidad por la extracción selectiva de recursos forestales, pueden incrementar la vulnerabilidad a las sequías, o a cambios ambientales que previamente podían ser absorbidos (Reynolds y Smith, 2002).

En la lógica de los subsidios gubernamentales, se supone que la introducción de buffel elevará la productividad de los ranchos ganaderos (Ibarra-Flores et al., 2005), pero la mayoría de las praderas parecen ser poco productivas. En el estado de Sonora por ejemplo, el zacate buffel sólo se ha establecido correctamente en menos del veinte por ciento de los desmontes, y en el setenta y ocho por ciento de las praderas restantes presenta valores de productividad forrajera que no pueden considerarse satisfactorios (Castellanos *et al.*, 2002). Es común que los valores de productividad se asocien estrechamente a las condiciones fisiográficas, edáficas, ecológicas y de manejo del sitio donde se ha introducido la pradera (Romo, 2006; Franklin et al., 2006), pero estos factores no siempre se consideran durante el desmonte del predio.

Aunque la productividad primaria aérea (PPA) es una propiedad ecosistémica que refleja muchos de los impactos asociados a los cambios en el uso del terreno (Zhiqiang et al., 2004; Haberl et al., 2007), son muy escasas las investigaciones que comparan el comportamiento de la productividad entre predios naturales y predios transformados por la introducción de praderas en todo el norte de México. Esta falta de información, en conjunto con las especulaciones alrededor del efecto benéfico del zacate buffel sobre el agostadero, retroalimenta la percepción gubernamental de que es conveniente seguir subsidiando los desmontes y la introducción de praderas. Por esta razón, en este trabajo evaluamos los impactos del establecimiento de buffel sobre la productividad primaria aérea de los principales ecosistemas del centro de Sonora, en un gradiente de aridez que comprende distintos tipos de vegetación y condiciones decrecientes de precipitación pluvial.

Para evaluar lo anterior, analizamos el comportamiento anual del índice de la diferencia normalizada de vegetación (NDVI; Rouse et al., 1973), un estimador indirecto de la PPA, en un gradiente espacial de precipitación y comunidades vegetales y praderas ganaderas en el centro de Sonora. Los índices de vegetación son útiles para documentar procesos asociados al cambio de uso del terreno en una escala regional (Stoms and Hargrove, 2000; Guerschman et al., 2003), y existen numerosos estudios que relacionan con un alto nivel de confiabilidad, la información obtenida mediante estos estimadores, con la PPA en diferentes ecosistemas del mundo. Se han encontrado relaciones positivas y estadísticamente significativas entre el valor de los índices y la producción de biomasa en pastizales, matorrales semidesérticos, cultivos agrícolas, bosques y selvas de distintas regiones del planeta (Prince, 1991; Paruelo et al., 1997; Escandón et al., 1999; Paruelo et al., 2000; Santiago-León, 2003; Nakaji et al., 2008).

El propósito de nuestro trabajo fue proveer de nuevos elementos para evaluar posibles impactos de los cambios de uso del terreno asociados a la intensificación de la ganadería, contestando las siguientes preguntas: 1) ¿Es una pradera de buffel más productiva que la vegetación nativa árida y semi-árida de la región central de Sonora? 2) ¿Existen diferencias a lo largo de un gradiente de precipitación y de comunidades vegetales? 3) ¿Existen evidencias para sostener, desde una perspectiva ecológica, que la introducción de praderas reduce la producción de forraje en periodos de escasez de lluvias?

1.1. Área de estudio.

Realizamos nuestro análisis en un cuadrante geográfico que se localiza entre los $28^{\circ} 00'$ y $30^{\circ} 00'$ de latitud Norte y los $111^{\circ} 12'$ y $109^{\circ} 30'$ de longitud Oeste, en el centro del estado de Sonora, al norte de México (Figura 1). Este cuadrante mide $49,292 \text{ km}^2$, y sus áreas no transformadas por la agricultura o usos urbanos, se dedican a la actividad ganadera, fundamentalmente de pastoreo extensivo.

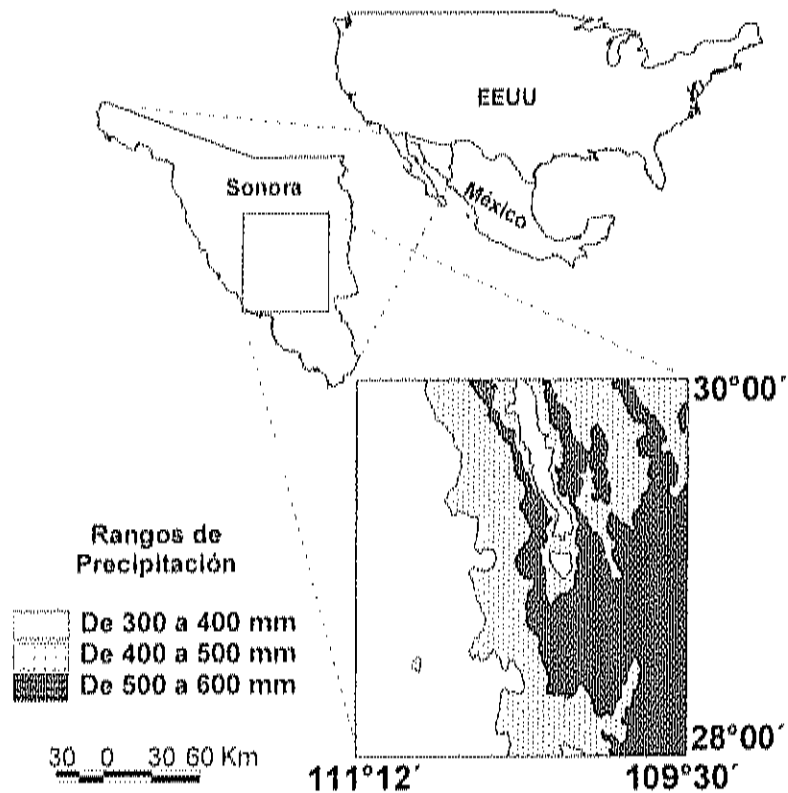


Figura 1. Localización y rangos de precipitación en la zona de estudio.

La zona de estudio posee tres grandes áreas de precipitación, con diferencias ecológicas bien marcadas. Hacia el Este, las precipitaciones oscilan entre los 500 y 600

mm, y dominan la selva baja caducifolia y la selva baja subtropical. Hacia el Centro, las precipitaciones se encuentran en el rango de 400 a 500 mm, y predominan los mezquiales y matorrales subtropicales (INEGI, 2002); mientras que hacia el Oeste, las precipitaciones oscilan entre los 300 y 400 mm anuales, y predominan los matorrales xerófilos, interrumpidos por corredores intermitentes de mezquital (INEGI, 2002), en cauces de arroyos que permanecen inactivos la mayor parte del año.

La precipitación exhibe marcadas diferencias interanuales (Figura 2), pero la lluvia se distribuye en dos periodos bien diferenciados a lo largo del año. El primero que ocurre durante los meses de Julio a Septiembre, contribuye con el 70 % de la precipitación total, mientras que el segundo, conocido como *equipatas*, contribuye con el 30 % restante durante los meses de noviembre a enero. Este segundo periodo de lluvias es muy importante para los ganaderos, pues antecede a un periodo muy seco conocido como "la temporada", que implica la virtual ausencia de lluvias durante los meses de Abril a Junio. La productividad vegetal en los meses de "la temporada", suele ser muy baja, pero si las lluvias en las "equipatas" fueron escasas, la productividad se reduce todavía más.

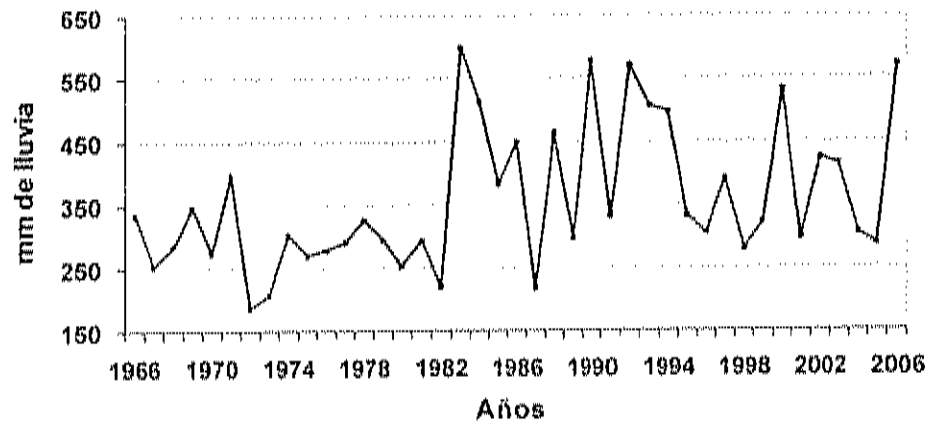


Figura 2. Patrón histórico de la precipitación pluvial en el centro de la zona de estudio.

En la zona, la superficie de agostadero requerida para sostener a un bovino adulto, varía en estrecha correspondencia con la precipitación y los tipos de vegetación dominantes. Hacia el este, donde las precipitaciones son mayores, se recomiendan densidades de carga animal inferiores a un bovino adulto por cada dieciséis hectáreas, mientras que el oeste, donde se observan matorrales xerófilos y condiciones de mayor aridez (300-400 mm de precipitación anual), se sugieren densidades máximas de un animal adulto por cada 30 hectáreas (COTECOCA, 1974). Debido a que estas capacidades de carga del agostadero son muy bajas, se han abierto praderas de zacate buffel desde hace unos cuarenta años. Al año 2002, estas acumulaban una superficie de 280,000 Has (INEGI, 2002).

2. METODOLOGÍA.

2.1. El índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI).

El NDVI es un estimador indirecto de la biomasa y la PPA que se basa en la respuesta espectral de la vegetación a las longitudes de onda roja (*R*) e infrarroja (*IRC*)

del espectro electromagnético (0.6 a 0.7 μm y 0.7 a 1.1 μm respectivamente). Los tejidos fotosintéticamente activos absorben una proporción alta de la radiación incidente en la banda del rojo, pero reflejan una gran proporción de la radiación en la banda del infrarrojo (Thiam and Eastman, 2003). Las diferencias en la reflexión de las dos bandas, permiten la construcción del NDVI con base en la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)}$$

Donde **IRC**: es la información reflejada en la banda del infrarrojo cercano y **R**: es la información reflejada en la banda del rojo. El NDVI arroja valores entre -1 y 1. Las áreas con vegetación abundante generalmente producen valores altos, debido a elevadas reflectancias en el infrarrojo cercano y a bajas reflectancias en el rojo visible. Por el contrario, cuando la superficie bajo monitoreo tiene grandes áreas de suelo desnudo y rocas, los valores suelen ser cercanos a cero o negativos, debido a que la reflectancia del suelo en la porción visible es mucho mayor que la reflectancia de la vegetación en el infrarrojo cercano.

2.2. Las imágenes MODIS.

Se utilizó una serie de compuestos temporales de NDVI generados con información satelital del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Este sensor, a bordo de los satélites *Terra* y *Aqua*, combina alta resolución espacial y temporal (tamaño de pixel de 250 por 250 m y periodicidad diaria), con geo-referenciación y correcciones atmosféricas para cada escena. En este caso, utilizamos los compuestos de 16 días obtenidos mediante la plataforma *Terra* correspondientes al periodo Enero a Diciembre del año 2005. Elegimos este año porque

de acuerdo a la información pluviométrica de la región (Figura 3), y a la opinión de los mismos rancheros, la precipitación en ese año fue de las más bajas durante la última década.

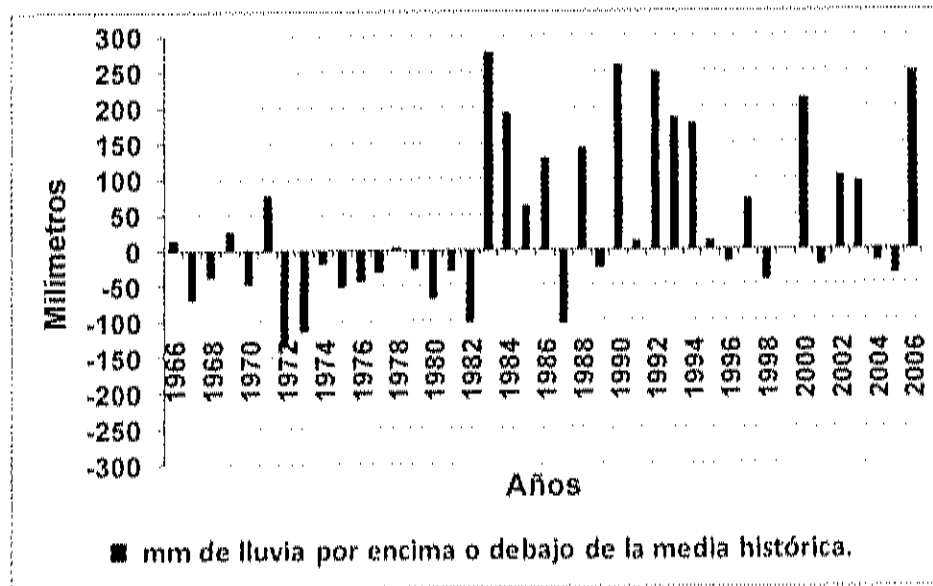


Figura 3. Anomalías de la precipitación pluvial durante las últimas cuatro décadas en el centro de la zona de estudio.

Trabajamos con imágenes MODIS, porque los compuestos de NDVI en periodos de 16 días, nos permiten describir con precisión el comportamiento fenológico de la vegetación, y del NDVI, a lo largo de un ciclo anual. Este tipo de imágenes presenta resoluciones espaciales de 250 metros por píxel, útiles para documentar el fenómeno de interés en un área como la nuestra, donde el tamaño del píxel no sería una limitante, pues existen praderas de zacate buffel con varios kilómetros de extensión.

La información de los compuestos de NDVI fue transformada al DATUM WGS 84 y geo-referenciada en el sistema UTM-12N. Para extraer y comparar los valores del

NDVI correspondientes a praderas y vegetación natural, dividimos el cuadrante bajo análisis en las tres grandes zonas de precipitación que se describieron en el apartado de área de estudio (Figura 1). En la zona Oeste, que presenta un rango de 300 a 400 mm de precipitación anual, se compararon valores correspondientes a praderas de buffel y matorrales xerófilos. En la zona Centro, que muestra valores de precipitación entre 400 y 500 mm se compararon valores de NDVI correspondientes a praderas de buffel y matorral subtropical; mientras que en la zona Este, donde la precipitación oscila entre 500 y 600 mm, se compararon valores de NDVI correspondientes a praderas de buffel y a polígonos cubiertos por selva baja caducifolia y vegetación francamente subtropical.

Delimitamos las praderas y las zonas con vegetación natural con el auxilio de recorridos de campo, la sobreposición de cartografía reciente de usos del suelo en un sistema de información geográfica, nuestro conocimiento del área, y la interpretación visual de imágenes de satélite de la plataforma IKONOS con resolución espacial de cuatro metros. En cada una de las tres zonas, los polígonos de vegetación natural y los polígonos de zacate buffel, se ubicaron en condiciones similares de topografía y pendiente (áreas con pendientes menores al 20 %, y altitudes similares sobre el nivel medio del mar).

Los polígonos de praderas y vegetación natural fueron sobrepuestos a las imágenes con los valores de NDVI. Utilizamos el comando Query del Software IDRISI (Clark Labs, Versión ANDES), para extraer los valores de los píxeles contenidos en cada polígono, y generar archivos independientes por cada clase y zona. Estos archivos se exportaron a los programas Excel y SPSS v. 17 (Microsoft y SPSS) para su graficado y análisis estadístico (Figura 4). Con estos datos hicimos pruebas de normalidad

(Kolmogorov-Smirnov, Pardo y Ruiz, 2002) y determinamos la estadística mensual de NDVI (distribución de frecuencias, media, mediana, desviación estándar, límites máximos y mínimos), para cada clase y zona. Como las distribuciones por clase no eran normales, utilizamos la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para muestras independientes (Ebdon, 1983; Pardo y Ruiz, 2002), con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$), a fin de establecer si existían diferencias significativas entre las medianas de NDVI obtenidas en el zacate buffel y en la vegetación natural.

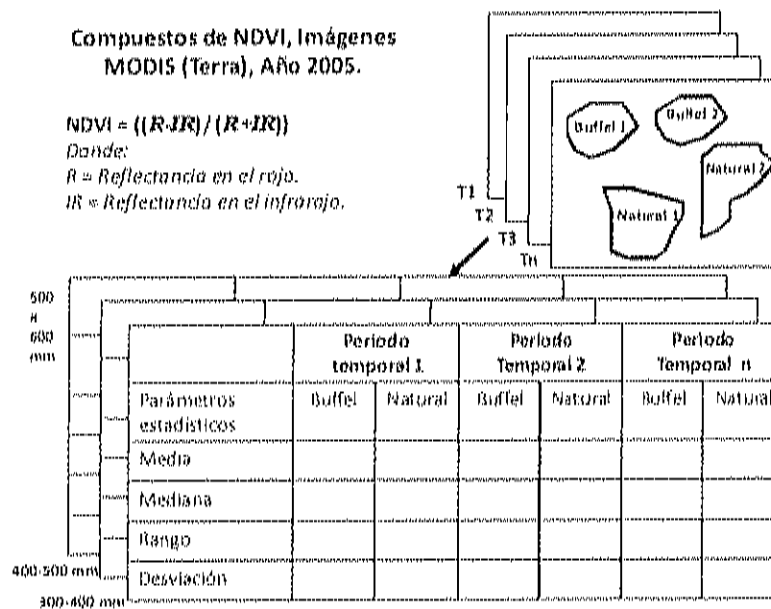


Figura 4. Diagrama metodológico de obtención de los valores de NDVI, y su registro en bases de datos para procesamiento estadístico.

Puesto que nos interesaba establecer si la introducción de zacate buffel es apropiada para que los ganaderos enfrenten periodos de sequía, además de haber elegido un año seco, hicimos énfasis en la comparación de los valores correspondientes al periodo menos lluvioso (Abril-Junio), y al periodo más húmedo (Julio-Septiembre) del

año. En el análisis incluimos 152 praderas de zacate buffel, que suman una superficie de 47,643.3 Has. Por lo que corresponde a la superficie natural, se incluyeron 148 polígonos, que suman una superficie de 40,562.5 Has. La superficie total bajo análisis se desglosa por zona en la tabla 1.

Tabla 1. Áreas bajo desmonte y con polígonos naturales monitoreados por zona.

	Total global	Total zona Oeste (300-400 mm)	Total zona Centro (400-500 mm)	Total zona Este (500-600 mm)
Praderas	47,643.75 Has	35,025 Has	9,981.25 Has	2,637.5 Has
Natural	40,562.5 Has	20,675 Has	15,793.75 Has	4,093.75 Has

3. RESULTADOS.

Los valores promedio del NDVI oscilaron entre 0.7447 (Mediana: 0.82) y 0.0778 (Mediana: 0.065). Tanto en polígonos naturales como en praderas de buffel, estos valores respondieron estrechamente al patrón regional de la precipitación y temperatura (Figuras 5 y 6), pues en todas las zonas y clases, se presentaron los valores más elevados a partir del 31 de Julio y hasta la segunda quincena de Agosto. A partir de la primera quincena de Septiembre la actividad fotosintética se redujo, y continuó con esa tendencia hasta la segunda quincena de noviembre. En la primera quincena de Diciembre tuvo un ligero repunte, asociado con la presencia de lluvias invernales en ese mes. Los valores también fueron muy bajos antes de los meses de verano, durante "La temporada" de Abril a Junio.

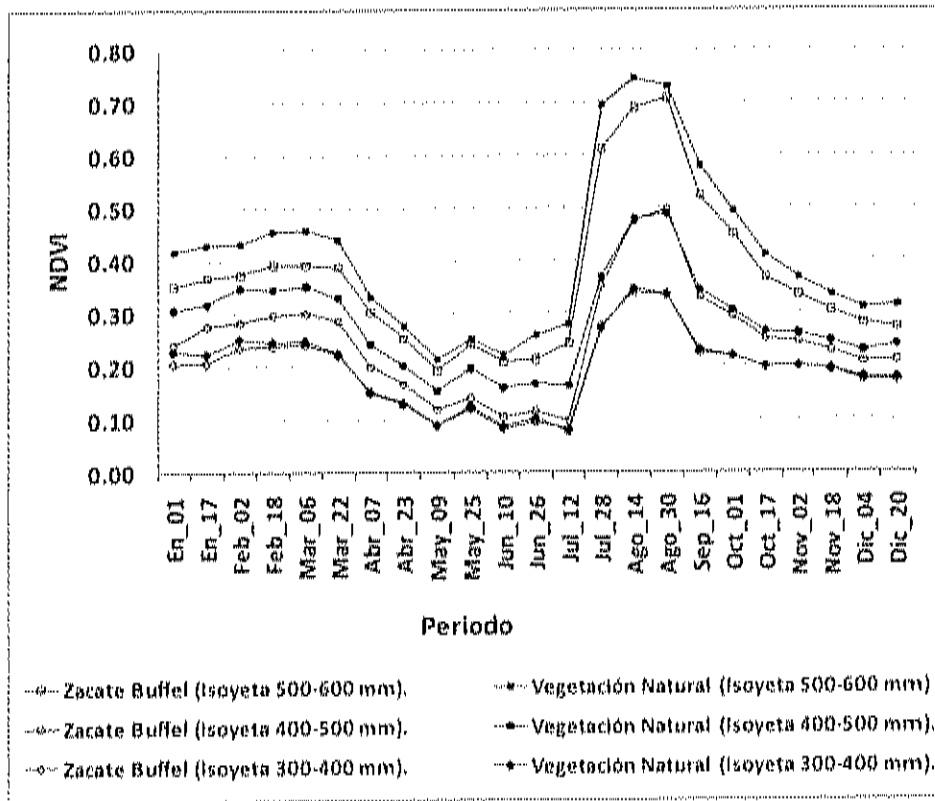


Figura 5. Comportamiento del NDVI por clase y rango de precipitación.

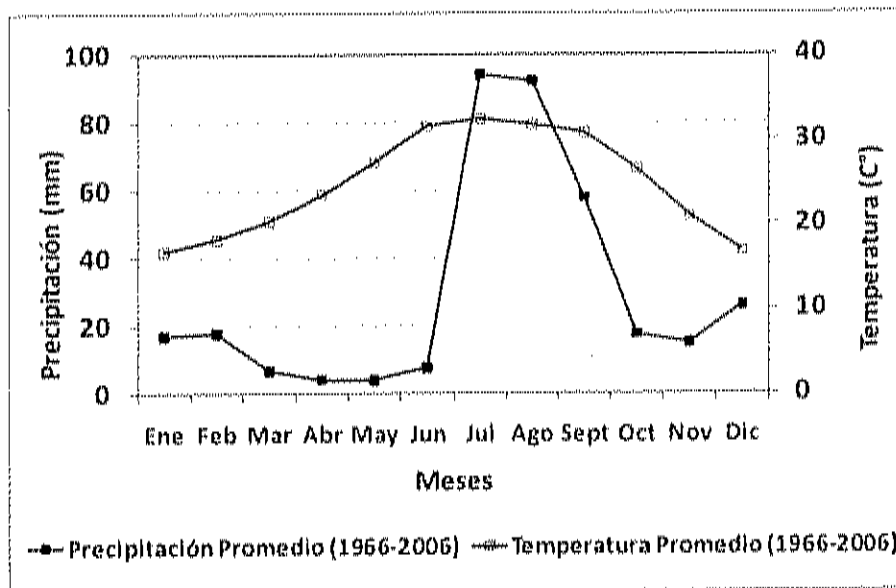


Figura 6. Comportamiento mensual de la precipitación y temperatura en la zona central del estado (Se ejemplifica con la Isoyeta de 300 a 400 mm).

El valor promedio mayor para ese año (0.7447, Mediana: 0.82) se obtuvo en la imagen del día 14 de Agosto, y corresponde a la media de los polígonos naturales de la zona Este (500-600 mm de precipitación) (Tabla 2). El valor inferior se observó el día 12 de Julio (0.0778, Mediana: 0.065), y corresponde a los polígonos naturales de la zona Oeste (300-400 mm de precipitación) (Tabla 4). A nivel de zonas, los valores promedio y las medianas de NDVI fueron mayores para los polígonos naturales en el este (Tabla 2) y centro del área de estudio (Tabla 3), y notablemente inferiores en la zona oeste (Tabla 4).

Tabla 2. Valores de NDVI Isoyeta de 500-600 mm (Zona Este).

Periodo	Zacate Buñel				Vegetación Natural			
	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
Enero 1	0.3517	0.3300	0.175	0.640	0.4165	0.4050	0.170	0.700
Enero 17	0.3676	0.3700	0.170	0.625	0.4307	0.4350	0.130	0.690
Febrero 2	0.3734	0.3700	0.190	0.555	0.4336	0.4250	0.100	0.665
Febrero 18	0.3922	0.3950	0.165	0.590	0.4564	0.4750	0.190	0.660
Marzo 6	0.3914	0.3950	0.190	0.615	0.4569	0.4750	0.220	0.635
Marzo 22	0.3880	0.3900	0.200	0.650	0.4391	0.4550	0.245	0.605
Abril 07	0.3030	0.2950	0.130	0.490	0.3319	0.3450	0.170	0.490
Abril 23	0.2521	0.2450	0.110	0.470	0.2756	0.2850	0.130	0.410
Mayo 09	0.1916	0.1850	0.075	0.375	0.2137	0.2200	0.085	0.325
Mayo 25	0.2412	0.2200	0.115	0.505	0.2498	0.2550	0.115	0.405
Junio 10	0.2072	0.1850	0.090	0.405	0.2200	0.2300	0.055	0.405
Junio 26	0.2128	0.1900	0.090	0.465	0.2564	0.2400	0.065	0.615
Julio 12	0.2429	0.2000	0.050	0.750	0.2783	0.2300	0.030	0.825
Julio 28	0.6114	0.6250	0.220	0.855	0.6960	0.7650	0.240	0.915
Agosto 14	0.6897	0.6900	0.340	0.870	0.7447	0.8200	0.270	0.925
Agosto 30	0.7079	0.7150	0.375	0.885	0.7295	0.7950	0.260	1.000
Septiembre 16	0.5220	0.5150	0.225	0.815	0.5794	0.6100	0.170	0.870
Octubre 01	0.4494	0.4450	0.235	0.670	0.4933	0.4750	0.185	0.810
Octubre 17	0.3668	0.3700	0.190	0.560	0.4089	0.4000	0.160	0.730
Noviembre 02	0.3337	0.3300	0.215	0.525	0.3666	0.3650	0.160	0.625
Noviembre 18	0.3041	0.2950	0.160	0.480	0.3340	0.3400	0.150	0.535
Diciembre 04	0.2799	0.2750	0.150	0.455	0.3076	0.3150	0.135	0.495
Diciembre 20	0.2718	0.2650	0.165	0.470	0.3142	0.3200	0.130	0.465

Tabla 3. Valores NDVI Isoyeta de 400-500 mm (Zona Centro).

Periodo	Zacate Buffel				Vegetación Natural			
	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
Enero 1	0.2403	0.2300	0.120	0.480	0.3059	0.3000	0.020	0.530
Enero 17	0.2759	0.2750	0.130	0.505	0.3182	0.3250	0.000	0.570
Febrero 2	0.2823	0.2700	0.145	0.600	0.3479	0.3500	0.145	0.545
Febrero 18	0.2961	0.2800	0.150	0.660	0.3454	0.3450	0.130	0.560
Marzo 6	0.3006	0.2850	0.160	0.655	0.3517	0.3500	0.150	0.555
Marzo 22	0.2849	0.2700	0.165	0.480	0.3294	0.3250	0.175	0.550
Abril 07	0.1995	0.1900	0.100	0.520	0.2415	0.2400	0.110	0.430
Abril 23	0.1665	0.1600	0.085	0.510	0.2009	0.1950	0.070	0.400
Mayo 09	0.1169	0.1150	0.050	0.260	0.1537	0.1500	0.045	0.310
Mayo 25	0.1397	0.1350	0.065	0.445	0.1954	0.1800	0.060	0.490
Junio 10	0.1044	0.1000	0.030	0.420	0.1591	0.1450	0.025	0.410
Junio 26	0.1145	0.1050	0.040	0.280	0.1665	0.1600	0.055	0.365
Julio 12	0.0969	0.0850	0.000	0.380	0.1631	0.1550	0.015	0.500
Julio 28	0.3519	0.3250	0.090	0.830	0.3688	0.3200	0.000	1.000
Agosto 14	0.4749	0.4650	0.210	0.870	0.4781	0.4600	0.130	0.895
Agosto 30	0.4959	0.4850	0.200	0.905	0.4876	0.4850	0.135	0.905
Septiembre 16	0.3302	0.3200	0.140	0.770	0.3432	0.3250	0.000	0.790
Octubre 01	0.2938	0.2850	0.165	0.685	0.3045	0.2950	0.140	0.710
Octubre 17	0.2505	0.2450	0.145	0.625	0.2636	0.2550	0.100	0.595
Noviembre 02	0.2455	0.2350	0.150	0.540	0.2606	0.2550	0.125	0.465
Noviembre 18	0.2278	0.2250	0.125	0.440	0.2455	0.2400	0.090	0.510
Diciembre 04	0.2056	0.2000	0.110	0.445	0.2283	0.2300	0.105	0.420
Diciembre 20	0.2403	0.2000	0.120	0.480	0.3059	0.2350	0.020	0.530

Tabla 4. Valores NDVI Isoyeta de 300-400 mm (Zona Oeste).

Periodo	Zacate Buffel				Vegetación Natural			
	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
Enero 1	0.2053	0.2000	0.000	0.535	0.2280	0.2250	0.005	0.460
Enero 17	0.2072	0.2050	0.035	0.690	0.2237	0.2200	0.015	0.700
Febrero 2	0.2363	0.2300	0.095	0.575	0.2515	0.2500	0.080	0.635
Febrero 18	0.2382	0.2300	0.095	0.585	0.2463	0.2450	0.105	0.550
Marzo 6	0.2412	0.2400	0.130	0.540	0.2489	0.2500	0.130	0.495
Marzo 22	0.2223	0.2200	0.050	0.460	0.2243	0.2250	0.120	0.545
Abril 07	0.1532	0.1550	0.060	0.405	0.1499	0.1450	0.065	0.295
Abril 23	0.1310	0.1300	0.045	0.345	0.1284	0.1200	0.055	0.265
Mayo 09	0.0893	0.0900	0.015	0.255	0.0886	0.0850	0.005	0.230
Mayo 25	0.1204	0.1150	0.040	0.275	0.1243	0.1200	0.025	0.280
Junio 10	0.0823	0.0750	0.000	0.430	0.0869	0.0850	0.005	0.220
Junio 26	0.0948	0.0900	0.015	0.335	0.1017	0.0900	0.010	0.365
Julio 12	0.0811	0.0750	0.000	0.300	0.0778	0.0650	0.000	0.340
Julio 28	0.2753	0.2500	0.000	0.945	0.2701	0.2500	0.000	0.925
Agosto 14	0.3384	0.3250	0.080	0.715	0.3460	0.3400	0.000	0.855
Agosto 30	0.3344	0.3300	0.035	0.730	0.3352	0.3000	0.000	0.830
Septiembre 16	0.2246	0.2150	0.035	0.565	0.2296	0.2150	0.040	0.585
Octubre 01	0.2187	0.2150	0.080	0.580	0.2184	0.2000	0.090	0.540
Octubre 17	0.1982	0.1900	0.065	0.525	0.1979	0.1800	0.065	0.440
Noviembre 02	0.1992	0.1950	0.075	0.525	0.1993	0.1850	0.090	0.405
Noviembre 18	0.1923	0.1850	0.070	0.465	0.1939	0.1850	0.080	0.380
Diciembre 04	0.1732	0.1700	0.050	0.480	0.1783	0.1700	0.070	0.360
Diciembre 20	0.1715	0.1700	0.050	0.445	0.1773	0.1700	0.065	0.370

Hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$, Prueba U de Mann Whitney para muestras independientes), entre valores de NDVI correspondientes a praderas y polígonos naturales al interior de cada zona (Tablas 5,6 y 7). En esta prueba, donde el valor de U toma la distribución del estadístico Z cuando se comparan muestras grandes ($N > 30$), se rechaza la *Hipótesis Nula* (Igualdad de medianas) cuando el valor de U calculado corresponde a un valor de Z calculada mayor a Z crítica. Nosotros asumimos como *hipótesis alternativa* que una de las clases tiene una mediana mayor que la otra (Z crítica 1.645, a $\alpha = 0.05$, Ebdon, 1983), y obtuvimos valores de Z de hasta 10.927, 9.873 y 8.416 en las comparaciones de la zona Este (Tabla 5); de 34.23, 34.05 y 33.22 en la zona Centro (Tabla 6), y de 6.908, 6.362 y 6.293 en la zona Oeste (Tabla 7). Estos valores de Z, que tendrían probabilidades muy bajas si la hipótesis nula es cierta (valores de P, o significación asintótica < 0.05 en la última columna de las tablas 5,6 y 7), son notoriamente superiores a Z crítica en las zonas Centro y Este, donde la introducción de zacate buffel ha significado la remoción de porciones considerables de matorral subtropical, selva baja caducifolia y selva baja espinosa, ecosistemas terrestres muy productivos de la región.

Los resultados fueron distintos de un rango de precipitación a otro. Los valores de Z calculada y los rangos promedio obtenidos por cada clase en las comparaciones de la zona Este (Tabla 5), sugieren que la vegetación natural alcanza valores mayores de NDVI (Figuras 7 y 8), en la temporada de lluvias y en el periodo de estiaje. En la zona Centro se presenta una tendencia similar en la temporada de estiaje (Tabla 6), pero los valores de NDVI del zacate buffel son estadísticamente similares al valor obtenido por la vegetación natural durante los periodos de Julio 28 y Agosto 14 (Figura 8), e incluso lo

superan en el periodo correspondiente al 30 de Agosto, en plena época de lluvias (Ver figura 6). En la zona Oeste, la vegetación natural aparece como el tipo de vegetación con mayor NDVI en el periodo más seco del año, correspondiente a los compuestos de Mayo 25, Junio 10 y Junio 26. En este rango de precipitación, la tendencia fue menos clara, pero el zacate buffel aparece como la vegetación con mayor NDVI en los periodos cuando las limitaciones de humedad todavía no son tan fuertes, como Mayo 9, Julio 28, Agosto 20 y Octubre 1. No hubo diferencias estadísticamente significativas en los periodos restantes (Tabla 7).

Tabla 5. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 600-500 mm^a.

Periodo	Clase	Rango promedio ***	Suma de rangos	U Mann Whitney	Z Calculada Valor Absoluto**	Significación asintótica P
Abril 23	Zacate Buffel	455.76	192330.50	103077.5	7.053	.000
	Vegetación Natural	592.63	388172.50			
Mayo 09	Zacate Buffel	439.70	185553.50	96300.5	8.416	.000
	Vegetación Natural	602.98	394949.50			
Mayo 25	Zacate Buffel	508.30	214503.00	125250.0	2.601	.009
	Vegetación Natural	558.78	366000.00			
Junio 10	Zacate Buffel	499.09	210614.00	121361.0	3.381	.001
	Vegetación Natural	564.72	369889.00			
Junio 26	Zacate Buffel	465.15	196293.50	107040.5	6.256	.000
	Vegetación Natural	566.58	384209.50			
Julio 12	Zacate Buffel	504.72	212991.00	123738.0	2.904	.004
	Vegetación Natural	561.09	367512.00			
Julio 28	Zacate Buffel	422.43	178266.00	89013.0	9.873	.000
	Vegetación Natural	614.10	402237.00			
Agosto 14	Zacate Buffel	417.43	175153.50	86900.5	10.297	.000
	Vegetación Natural	617.33	404349.50			
Agosto 30	Zacate Buffel	450.33	190041.00	100788.0	7.510	.000
	Vegetación Natural	596.13	390462.00			
Septiembre 16	Zacate Buffel	466.04	198668.50	107415.5	6.179	.000
	Vegetación Natural	586.01	383834.50			
Octubre 01	Zacate Buffel	490.12	206832.50	117579.5	4.140	.000
	Vegetación Natural	570.49	373670.50			
Octubre 17	Zacate Buffel	480.08	202593.00	113340.0	4.991	.000
	Vegetación Natural	576.96	377910.00			

*N Buffel= 422, N Vegetación Natural=655

** Se rechaza H0 (Igualdad de medianas) si el valor de Z calculada es mayor a 1.645. ***El rango promedio indica en que clase se acumulan los valores de NDVI mayores.

Tabla 5. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 600-500 mm^o.

Periodo	Clase	Rango promedio ***	Suma de rangos	U Mann Whitney	Z Calculada Valor Absoluto**	Significación asintótica P
Abril 23	Zacate Buffel	458.76	192330.50	103077.5	7.053	.000
	Vegetación Natural	592.63	388172.50			
Mayo 09	Zacate Buffel	439.70	185553.50	95300.5	8.416	.000
	Vegetación Natural	602.98	394949.50			
Mayo 25	Zacate Buffel	508.30	214603.00	125250.0	2.601	.009
	Vegetación Natural	558.78	366000.00			
Junio 10	Zacate Buffel	499.09	210814.00	121361.0	3.381	.001
	Vegetación Natural	564.72	369889.00			
Junio 26	Zacate Buffel	465.15	196293.50	107040.5	6.256	.000
	Vegetación Natural	586.58	384209.50			
Julio 12	Zacate Buffel	504.72	212991.00	123736.0	2.904	.004
	Vegetación Natural	661.09	367512.00			
Julio 28	Zacate Buffel	422.43	178266.00	89013.0	9.873	.000
	Vegetación Natural	614.10	402237.00			
Agosto 14	Zacate Buffel	417.43	176153.50	86900.5	10.297	.000
	Vegetación Natural	617.33	404349.50			
Agosto 30	Zacate Buffel	450.33	190041.00	100788.0	7.510	.000
	Vegetación Natural	596.13	390462.00			
Septiembre 16	Zacate Buffel	466.04	196668.50	107415.5	6.179	.000
	Vegetación Natural	586.01	383834.50			
Octubre 01	Zacate Buffel	490.12	206832.50	117579.5	4.140	.000
	Vegetación Natural	570.49	373670.50			
Octubre 17	Zacate Buffel	480.08	202593.00	113340.0	4.991	.000
	Vegetación Natural	576.96	377910.00			

*N Buffel= 422, N Vegetación Natural=655

** Se rechaza H0 (Igualdad de medianas) si el valor de Z calculada es mayor a 1.645. ***El rango promedio indica en que clase se acumulan los valores de NDVI mayores.

Tabla 6. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 400-500 mm*.

Periodo	Clase	Rango promedio ***	Suma de rangos	U Mann Whitney	Z Calculada Valor Absoluto**	Significación asintótica P
Abril 23	Zacate Buffel	1455.50	2324426.50	1048423.5	26.05	.000
	Vegetación Natural	2446.11	6181323.50			
Mayo 09	Zacate Buffel	1387.34	2215584.50	939581.5	28.98	.000
	Vegetación Natural	2489.18	6290165.50			
Mayo 25	Zacate Buffel	1295.04	2068177.00	792174.0	32.94	.000
	Vegetación Natural	2547.52	6437573.00			
Junio 10	Zacate Buffel	1288.50	2057733.50	781730.5	33.22	.000
	Vegetación Natural	2551.65	6448016.50			
Junio 25	Zacate Buffel	1269.00	2026600.00	750597.0	34.05	.000
	Vegetación Natural	2563.97	6479150.00			
Julio 12	Zacate Buffel	1264.67	2019675.50	743672.5	34.23	.000
	Vegetación Natural	2566.71	6488074.50			
Julio 28	Zacate Buffel	2042.50	3261872.00	1985869.0	0.86	.391
	Vegetación Natural	2075.14	5243878.00			
Agosto 14	Zacate Buffel	2075.24	3314162.00	1997460.0	0.55	.585
	Vegetación Natural	2054.45	5191588.00			
Agosto 30	Zacate Buffel	2106.14	3363508.50	1948113.5	1.87	.061
	Vegetación Natural	2034.92	5142241.50			
Septiembre16	Zacate Buffel	2010.54	3210833.00	1934830.0	2.23	.000
	Vegetación Natural	2095.34	5294917.00			
Octubre 01	Zacate Buffel	1933.74	3088179.00	1812176.0	5.52	.000
	Vegetación Natural	2143.87	5417571.00			
Octubre 17	Zacate Buffel	1846.71	2949192.50	1673189.5	9.26	.000
	Vegetación Natural	2198.88	5566567.50			

*N Buffel= 1597, N Vegetación Natural=2527

** Se rechaza H0 (Igualdad de medianas) si el valor de Z calculada es mayor a 1.645. ***El rango promedio indica en que clase se acumulan los valores de NDVI mayores.

Tabla 7. Comparación Buffel-Vegetación Nativa, Isoyeta 300-400 mm*.

Periodo	Clase	Rango promedio ***	Suma de rangos	U Mann Whitney	Z Calculada Valor Absoluto**	Significación asintótica P
Abril 23	Zacate Buffel	4569.81	25608092.50	8535149.5	5.413	6.20E-08
	Vegetación Natural	4264.88	14108235.50			
Mayo 09	Zacate Buffel	4503.75	25238890.50	8004251.5	2.262	2.37E-02
	Vegetación Natural	4376.48	14477337.50			
Mayo 26	Zacate Buffel	4325.03	24237482.00	8532272.0	6.293	3.11E-10
	Vegetación Natural	4679.22	15478846.00			
Junio 10	Zacate Buffel	4312.19	24165512.50	8460302.5	6.908	4.91E-12
	Vegetación Natural	4700.97	15550815.50			
Junio 26	Zacate Buffel	4403.23	24675713.00	8970503.0	2.550	1.08E-02
	Vegetación Natural	4546.74	15040615.00			
Julio 12	Zacate Buffel	4589.55	25719861.50	8523380.5	6.362	1.09E-10
	Vegetación Natural	4231.10	13995466.50			
Julio 28	Zacate Buffel	4539.53	25439507.50	8803734.5	3.966	7.32E-05
	Vegetación Natural	4315.85	14276620.50			
Agosto 14	Zacate Buffel	4432.24	24838270.50	9133060.5	1.159	2.47E-01
	Vegetación Natural	4497.60	14878057.50			
Agosto 30	Zacate Buffel	4551.09	25504313.50	8738928.5	4.518	6.24E-06
	Vegetación Natural	4296.26	14212014.50			
Septiembre 16	Zacate Buffel	4488.33	25152598.50	9090543.5	1.521	1.28E-01
	Vegetación Natural	4402.58	14563729.50			
Octubre 01	Zacate Buffel	4508.86	25267663.50	8975578.5	2.502	1.23E-02
	Vegetación Natural	4367.79	14448664.50			
Octubre 17	Zacate Buffel	4536.80	25423085.50	8820146.5	3.828	1.29E-04
	Vegetación Natural	4320.81	14293232.50			

*N Buffel= 5604, N Vegetación Natural=3308

** Se rechaza H0 (Igualdad de medianas) si el valor de Z calculada es mayor a 1.645, ***El rango promedio indica en que clase se acumulan los valores de NDVI mayores.

El zacate buffel nunca siempre presentó valores menores de NDVI que la vegetación nativa de la zona Este (Tablas 2 y 5), y sus valores de NDVI fueron menores que en la vegetación de la zona Centro durante la temporada de estiaje y en los meses

posteriores al verano (Figuras 7 y 8). En esta última zona, donde no hubo diferencias en Julio 28 y Agosto 14 (Tablas 3 y 8), y se obtuvieron valores estadísticamente superiores en Agosto 30, parece que esta gramínea iguala o supera los valores de NDVI de la vegetación nativa, en periodos muy específicos, que se restringen a la temporada húmeda (Figura 8). En la zona Oeste el comportamiento fue distinto, pues el zacate buffel parece más productivo que la vegetación nativa en casi todos los periodos evaluados (Figuras 7 y 8). Exceptuando los periodos Mayo 9 y Julio 18, sus valores de NDVI superaron los valores obtenidos por la vegetación nativa.

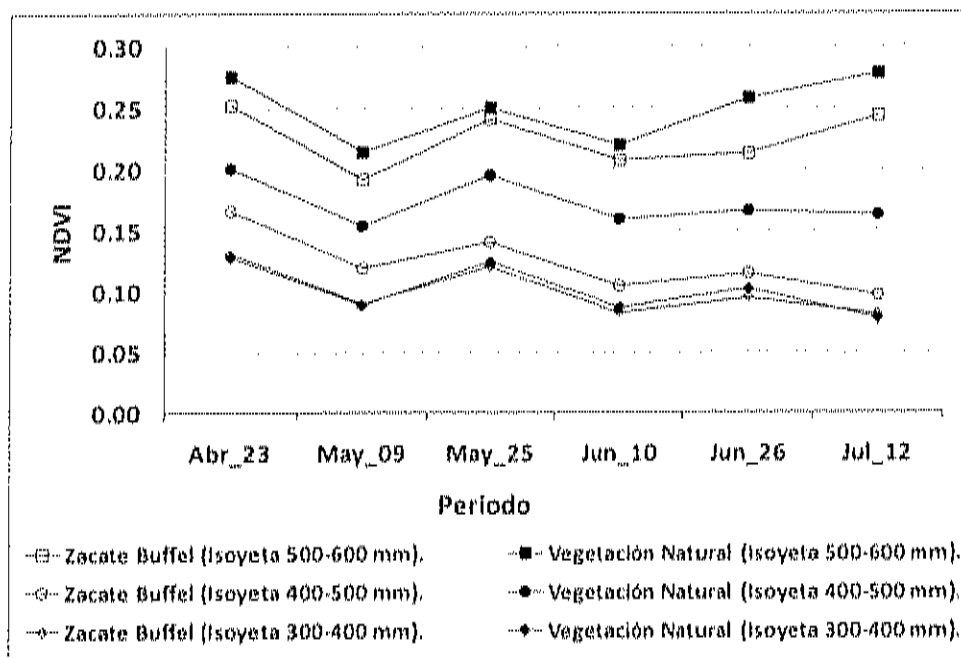


Figura 7. Comportamiento del NDVI por zona y clase durante la temporada seca.

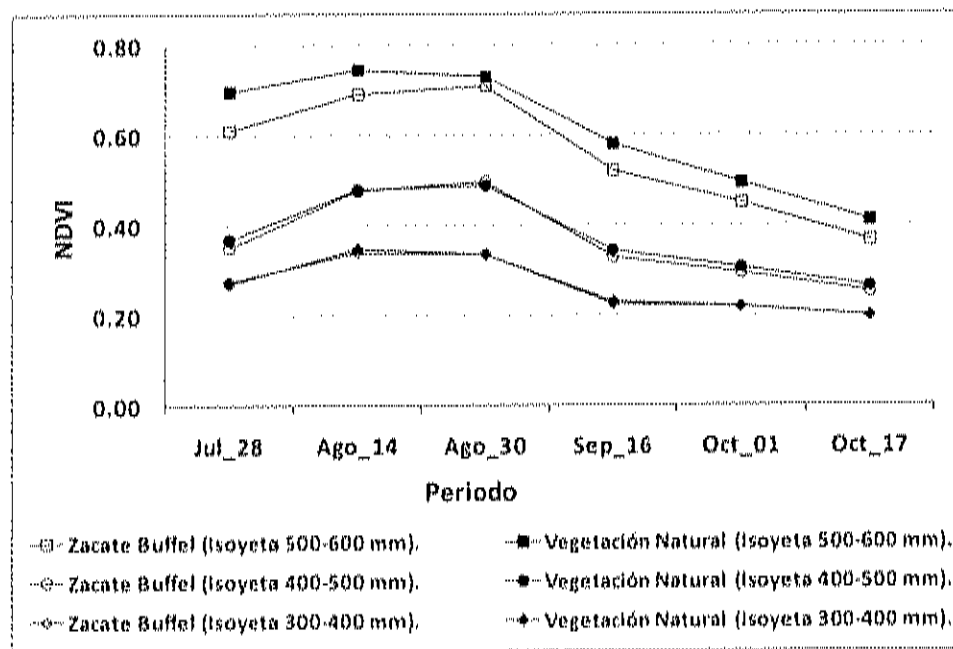


Figura 8. Comportamiento del NDVI por zona y clase durante la temporada húmeda.

El zacate buffel presentó medianas y promedios de NDVI menores a los valores de la vegetación natural, pero a menudo sus valores máximos rebasaron los valores máximos de la vegetación nativa. Fue el caso en tres periodos de comparación (Abril 23, Mayo 9 y Mayo 25) en la zona Este, y tres periodos de comparación en la zona Centro (Abril 23, Junio 10 y Octubre 17). En ambos casos este fenómeno se vincula, con la existencia de praderas muy productivas, que amplían el rango máximo de NDVI alcanzados por el zacate buffel, pero que son insuficientes para elevar el promedio o la mediana, hasta un nivel superior a la mediana y promedio de NDVI de la vegetación nativa. Se trata más bien de praderas poco comunes en el conjunto de praderas evaluadas, que alimentan la percepción de que esta gramínea constituye un forraje muy productivo.

En las zonas centro y este, los valores de NDVI tienden a ser más elevados en la vegetación natural que en el zacate buffel. Este patrón fue más evidente en las estaciones previas y posteriores al verano (invierno, primavera, otoño), cuando las bajas temperaturas o la humedad disponible, pueden convertirse en factores limitantes al crecimiento de las plantas. En estos periodos, las frecuencias mayores del zacate buffel se concentraron en las clases ubicadas hacia el extremo inferior del histograma, con distribuciones más sesgadas que en el caso de la vegetación natural. Este patrón fue consistente en primavera, otoño e invierno, y lo mostramos en las figuras 9 a 11, y en la tabla 8, que indican la distribución de frecuencias de valores de NDVI en las semanas 6^a y 7^a a partir del inicio de cada estación del año (Mitad de la estación).

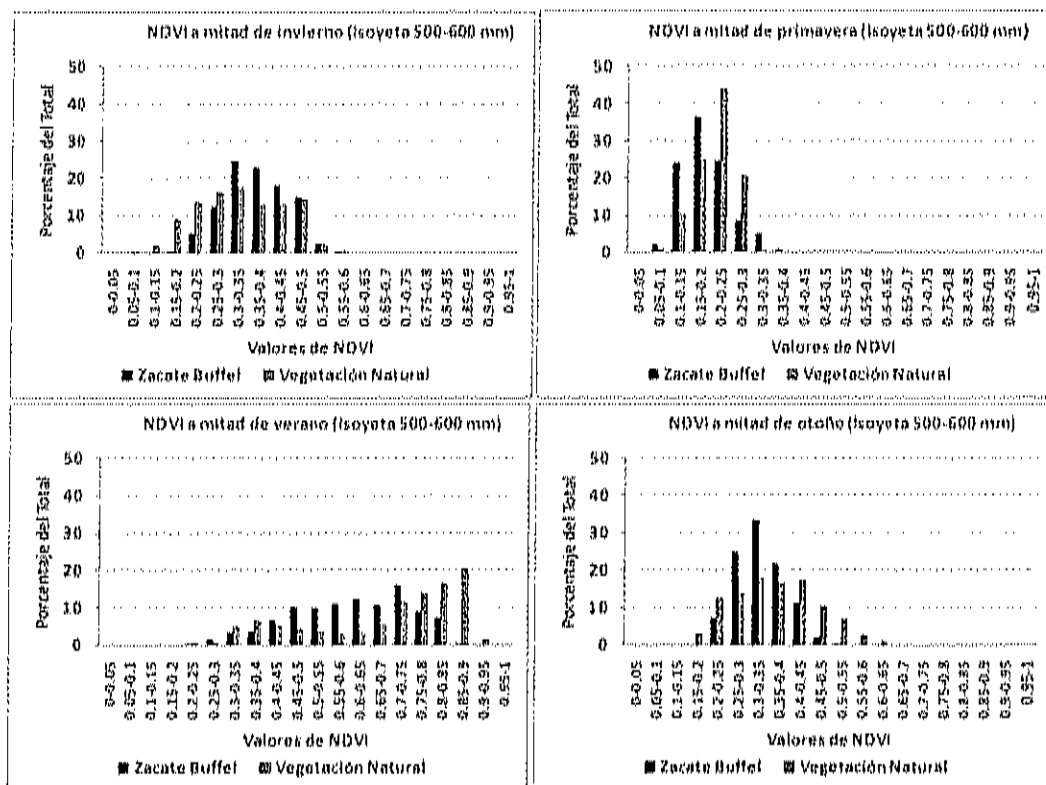


Figura 9. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación nativa, en los periodos medios de cada una de las estaciones del año (zona Este).

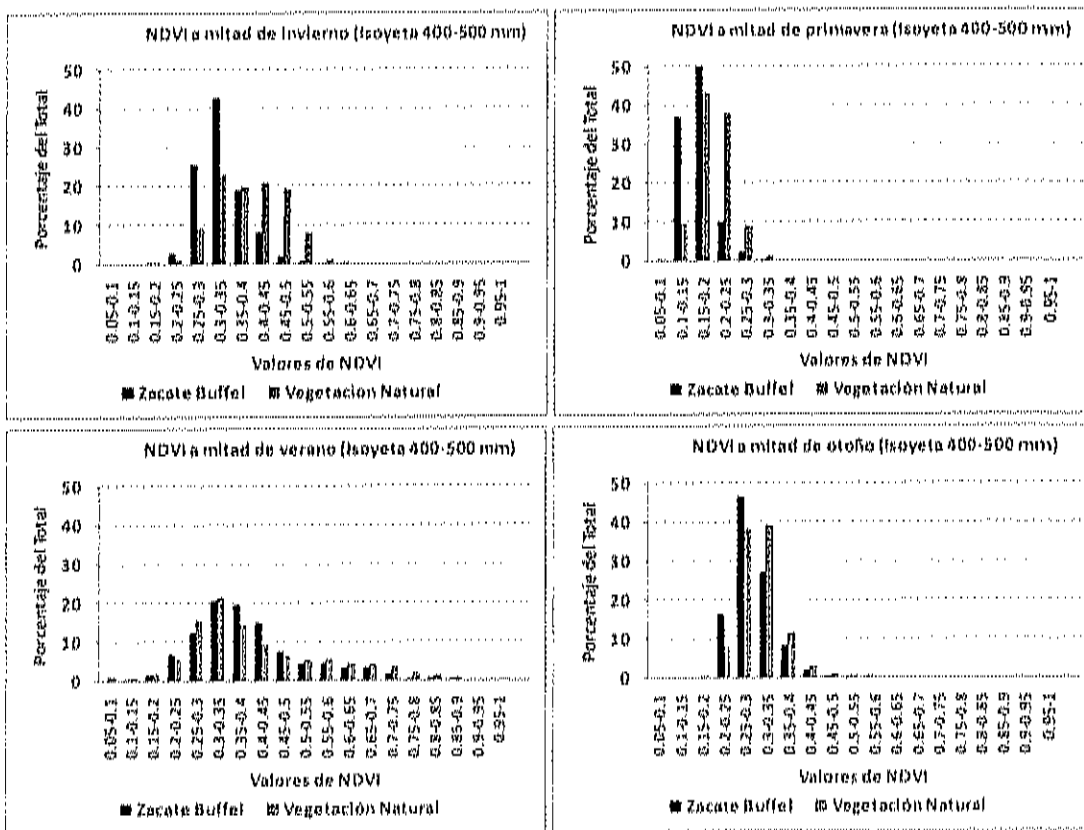


Figura 10. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffer y vegetación nativa, a mitad de cada una de las estaciones del año (zona Centro).

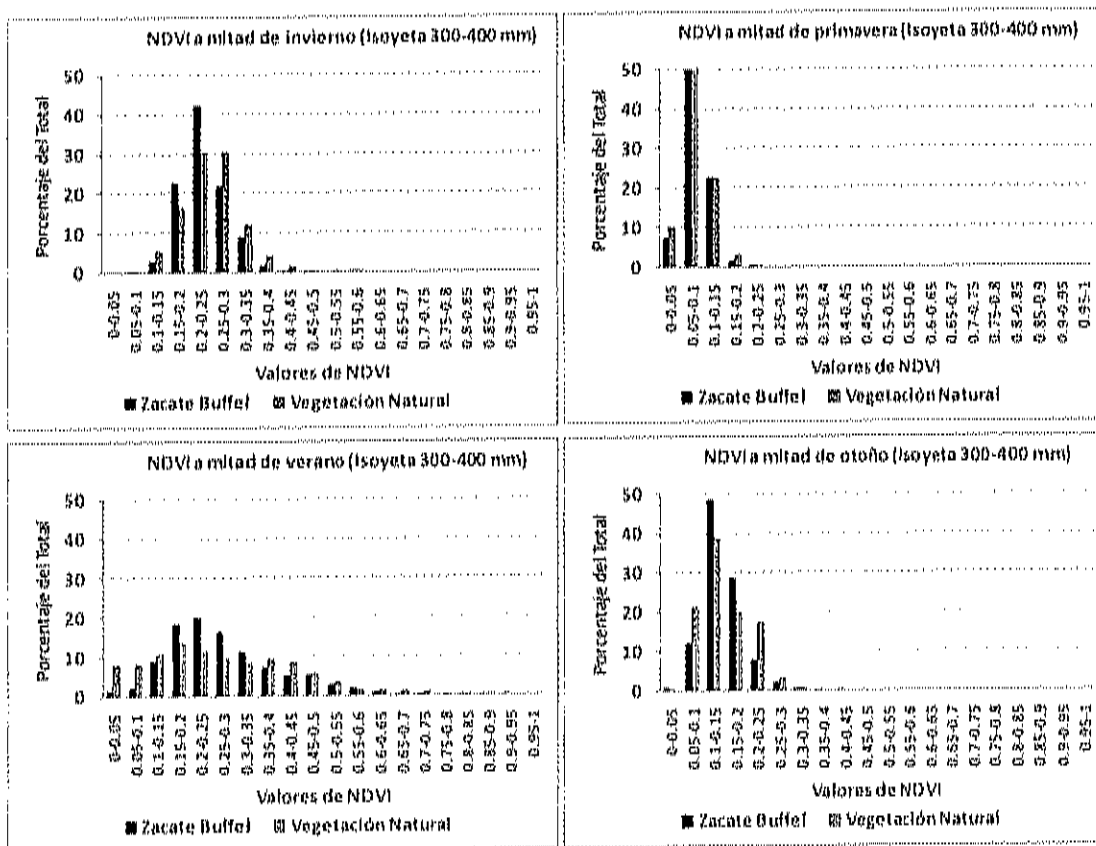


Figura 11. Histogramas de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación nativa, a mitad de cada una de las estaciones del año (zona Oeste).

Tabla 8. Límite de los Percentiles 50 y 90 de NDVI por clase y estación del año.

Zona	Clase	NDVI a Mitad de Invierno		NDVI a Mitad de Primavera		NDVI a Mitad de Verano		NDVI a Mitad de Otoño	
		Límite Percentil 50	Límite Percentil 90	Límite Percentil 50	Límite Percentil 90	Límite Percentil 50	Límite Percentil 90	Límite Percentil 50	Límite Percentil 90
Zona Este	Zacate Buffalo	0.3700	0.4749	0.1850	0.2685	0.6250	0.7900	0.3300	0.4099
	Vegetación Nativa	0.4250	0.5609	0.2199	0.2649	0.7649	0.8799	0.3650	0.5049
Zona Centro	Zacate Buffalo	0.2700	0.3549	0.1150	0.1599	0.3249	0.5400	0.2349	0.3090
	Vegetación Nativa	0.3499	0.4409	0.1500	0.1949	0.3199	0.6150	0.2549	0.3149
Zona Oeste	Zacate Buffalo	0.2300	0.3060	0.0900	0.1250	0.2600	0.4600	0.1949	0.2549
	Vegetación Nativa	0.2600	0.3300	0.0850	0.1350	0.2600	0.4850	0.1850	0.2750

Hacia mitad del invierno en la zona Este (Primera quincena de Febrero), por ejemplo, el 50 % de los valores de NDVI en el zacate buffel se encontró por arriba de 0.3700, mientras que este mismo porcentaje se encontró por arriba de 0.4250 en el caso de la vegetación nativa. Algo parecido ocurrió con el percentil 90, pues el 10 % superior de los valores de NDVI en zacate buffel se encontró por encima de 0.4749, mientras que en el caso de la vegetación natural, este mismo porcentaje se encontró por arriba de 0.5699. Sucede un fenómeno similar a mitad de la primavera (Primera quincena de Mayo) y a mitad del otoño (Primera quincena de Noviembre), pero es menos evidente en la zona Oeste, la isoyeta de menor precipitación.

Los hallazgos anteriores indican –sobre todo en los periodos distintos al verano- que existe una probabilidad más elevada de encontrar valores altos de NDVI en la vegetación nativa, que en el zacate buffel. Aunque exhibe variaciones, la actividad fotosintética y la producción de biomasa –documentadas indirectamente a partir de este índice- permanece en niveles más altos en los parches no transformados por introducción de praderas, mientras que en el caso del zacate buffel, tiende a sesgarse hacia los valores bajos cuando hay limitaciones de humedad o temperatura. Esto es más notorio cuando se compara la productividad del zacate buffel y la vegetación tropical y subtropical (selva baja caducifolia y matorral subtropical), que predomina en los dos rangos de precipitación más elevados considerados en este trabajo.

Aunque el zacate buffel puede elevar su productividad cuando la precipitación mensual se incrementa, y no tener diferencias respecto a los parches con vegetación natural (como sucede en el rango de los 400 a 500 mm de precipitación, durante los periodos de Julio 28 y Agosto 14, Tabla 6), sólo equipara la productividad de la

vegetación nativa en periodos muy acotados temporalmente, cuando la humedad y temperatura no son factores limitantes. En el caso del rango de precipitación comprendido entre los 300 y 400 mm, su comportamiento no es homogéneo, pero en general tiene valores menores de NDVI en el periodo más seco del año.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Desde hace décadas, se ha demostrado empíricamente que la productividad primaria aérea (PPA) de la vegetación, se relaciona en forma lineal con la fracción absorbida (FPAR) de la radiación fotosintéticamente activa (APAR) (Monteith, 1972, 1981; Ruimy et al., 1994). Debido a que los tejidos fotosintéticamente activos absorben una proporción alta de la radiación incidente en la banda del rojo, pero reflejan una gran proporción de la radiación en la banda del infrarrojo (Thiam y Eastman, 2003), los índices de vegetación que ponderen las proporciones de luz reflejadas en cada una de estas longitudes de onda, pueden considerarse indicadores aproximados de la capacidad fotosintética, y de la tasa de fijación de carbono por parte de las plantas (Sellers et al., 1992; Paruelo et al., 1997; Running et al., 2000, Santiago-León, 2003). Son buenos estimadores indirectos de la productividad primaria aérea (Running et al., 2004).

La relación existente entre el NDVI y FPAR (Myneny y Williams, 1994; Ruimy et al., 1994; Fensholt et al., 2004), ha permitido inferir con buen nivel de precisión, parámetros de importancia ecológica como la cobertura de biomasa verde en bosques caducifolios (Wang et al., 2005), o la cantidad y calidad de forraje en ecosistemas dominados por herbáceas y pastos (Santiago-León, 2000; Hill et al., 2004; Kawamura et al., 2005). Concretamente en el caso de sabanas y pastizales compuestos por zacates del

mismo género taxonómico que el buffel, otras herbáceas con metabolismo C4, y condiciones ambientales muy parecidas a nuestra zona de estudio (condiciones áridas o semi-áridas, con marcada estacionalidad de la producción vegetal), se han documentado relaciones lineales entre el NDVI -y otros IV sustentados en información espectral- con la biomasa aérea acumulada (Sjöstrom et al., 2008; Medina et al., 2009).

Las correlaciones existentes permiten interpretar nuestros resultados, como una caracterización de la dinámica temporal y espacial de la producción primaria en áreas donde predomina la vegetación nativa, y en áreas transformadas por la introducción de zacate buffel. Nuestros resultados sugieren diferencias en la productividad primaria de áreas con vegetación nativa y áreas con praderas introducidas. Estas diferencias indican mayor productividad en las áreas naturales que en las áreas transformadas por praderas de buffel en las zonas Este y Centro, pero parecen mostrar mayor productividad de praderas en la zona Oeste, más árida. En particular en la zona Este, los resultados sugieren que la apertura de praderas de buffel significa una reducción sustancial de la productividad y de la biomasa aérea. No ocurre lo mismo en el caso de la zona Oeste, donde se observa que el NDVI es mayor en los polígonos con zacate buffel (Tabla 4) durante el periodo con menos limitaciones de humedad.

Estos resultados son coincidentes con los hallazgos de otros estudios recientes en el centro de Sonora, que indican que la introducción de praderas de buffel significa menor productividad que en los agostaderos naturales (Franklin et al., 2006; Romo, 2006). En este caso, la pérdida de biomasa aérea por deforestación, y la pérdida asociada de productividad, resultan más importantes en las selvas bajas caducifolias y los matorrales subtropicales, que son los ecosistemas terrestres más diversos y

productivos dentro del área de estudio. En estas superficies, la pérdida de cobertura vegetal por introducción de praderas conlleva una reducción de los valores del NDVI.

En la zona Oeste, de mayor aridez, los valores del NDVI sugieren que la productividad es mayor en praderas cuando las limitaciones de humedad son menores, pero hay elementos a favor y en contra de esta interpretación, por lo que nuestro hallazgo debe tomarse con reserva. En esta zona la vegetación natural se encuentra más dispersa debido a volúmenes menores de precipitación, lo que puede propiciar que la señal espectral de las plantas anuales, o herbáceas que crecen entre los arbustos y árboles, se confunda con la señal espectral del suelo. Si hay confusión, se enmascara o distorsiona el valor del índice.

La vegetación de esta zona también se distingue por la presencia de una proporción importante de cactáceas en el matorral xerófilo. Aunque importantes en biomasa aérea y productividad durante periodos de buena precipitación, las comunidades de cactáceas pueden presentar áreas foliares bajas, y en general, este atributo fisonómico hace que el albedo, y la respuesta en el rango del rojo se incremente (Xavier and Vetorazzi, 2004). Si este es el caso, sería natural que los valores del NDVI fueran bajos, o incluso inferiores a una pradera de buffel con mayor área foliar, aunque no necesariamente con mayor biomasa. Dependiendo de la arquitectura foliar, los índices de vegetación pueden reflejar estrechamente las variaciones de la respuesta espectral debidas a la estructura de las hojas, su volumen y la estructura del dosel (Fensholt et al., 2004).

Precisamente por su aridez y su baja capacidad de carga ganadera, la zona Oeste ha sufrido desde hace décadas la extracción constante de especies maderables para la

fabricación de carbón. Si la contribución de las especies removidas es significativa, los valores promedio del NDVI pueden reducirse, y las praderas podrían ser más productivas que el agostadero natural. No hay datos al respecto, por lo que conviene hacer nuevos ensayos en esta zona, hacer mediciones *in situ*, experimentar con imágenes de mayor resolución espacial, o índices de vegetación más sensibles al suelo, y probar combinaciones de bandas que permitan registrar respuestas espectrales más específicas.

En el noroeste de México hay dos estudios previos que compararon la productividad de praderas y vegetación natural mediante índices de vegetación (Franklin et al., 2006; y Romo, 2006), pero nadie había documentado el comportamiento de estas diferencias a lo largo de un ciclo anual. Franklin et al (2006) y Romo (2006), utilizaron el NDVI y el SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index; Huete, 1988) para comparar productividad entre praderas de zacate buffel y zonas con vegetación natural en las planicies del centro y centro-oeste de Sonora. Aunque sus resultados no describen el comportamiento anual de los índices, también sugieren mayor productividad en las zonas que aún conservan la vegetación nativa.

En nuestra caracterización, los valores superiores de NDVI coinciden con los picos regionales de humedad y temperatura, y decrecen en los periodos precedentes o subsecuentes. Esto es así, porque la acumulación de biomasa, o eficiencia para utilizar la luz y fijar materia orgánica disminuye, si la humedad o temperatura, o cualquiera de las dos por separado, no se encuentran en el rango óptimo (Propastin y Kappas, 2009). El agua en particular juega un papel preponderante.

Las limitaciones de humedad y temperatura, parecen más desfavorables para el zacate buffel, que para la vegetación nativa. Este fenómeno se ilustra con los

histogramas y tabla de percentiles de frecuencias del NDVI en zacate buffel y vegetación natural a mitad de las estaciones distintas al verano. En estos se refleja una reducción más pronunciada de la actividad fotosintética en el zacate buffel cuando las condiciones son sub-óptimas. En los parches compuestos por vegetación nativa, es posible encontrar valores elevados de NDVI en un mayor porcentaje de píxeles muestreados, mientras que en los sitios cubiertos por zacate buffel, casi todos los registros se ubica en valores bajos de NDVI, hacia el extremo izquierdo del histograma. El primer caso se asocia con mayor diversidad de respuestas espectrales en el mismo periodo de medición, y a su vez con la existencia de una proporción importante de plantas verdes –produciendo frutos, vainas u hojas- que arrojan respuestas elevadas en términos del índice. El segundo caso por el contrario, se relaciona con proporciones más elevadas de plantas que se encuentran senescentes, en estado de dormancia, o con niveles de actividad fotosintética muy baja.

Es posible sustentar desde una perspectiva ecológica, que estas diferencias se vinculan con la pérdida de hasta el 90 % de las especies nativas cuando se introduce una pradera (Saucedo et al., 1997), pues los desmontes implican la ruptura de los mecanismos que sostienen la producción de biomasa cuando las condiciones no son óptimas. Impiden interacciones ecológicas como la facilitación hidráulica (León y Squeo, 2004), que provee de agua a especies con estructuras radiculares poco profundas; la modificación de variables limitantes (humedad del suelo, nutrientes, luz y temperatura (Holzapfel y Mahall, 1999; Pugnaire y Luque, 2001; López-Robles et al., 2006; Méndez-Estrella, 2007), la supresión de competidores, la provisión de micorrizas y facilitación del uso del nitrógeno (González et al., 2007), o la protección de propágulos y

juveniles (Flores y Jurado, 2003), que sostienen la productividad de ecosistemas desérticos o semidesérticos, en condiciones ambientales altamente fluctuantes.

La homogeneización del complejo paisaje original, simplificado por la introducción de praderas, implica la pérdida de la diversidad funcional -pérdida de freatofitas, pérdida de fijadoras de nitrógeno, pérdida de especies que almacenan agua, etc.- que sostienen alternadamente la producción primaria aérea cuando la lluvia es escasa. De manera natural, la presencia de especies y grupos funcionales que difieren en las tasas y tiempos mediante los cuales procesan el recurso agua, permite registrar mayores porcentajes de NDVI elevados, aún cuando haya transcurrido mucho tiempo desde las últimas lluvias. En las condiciones originales el ecosistema es más resiliente – o estable- a la escasez de lluvias, pero una vez simplificado por la introducción de praderas, este atributo se deteriora.

Hay trabajos experimentales que evidencian la importancia de la biodiversidad para sostener la productividad biológica. Por ejemplo, la presencia de un grupo funcional integrado por especies tolerantes a la sequía, permitió a pastizales mantener elevados valores de productividad en respuesta a un periodo sin lluvias, pero no sucedió lo mismo en otros pastizales cuya diversidad se había reducido por la adición experimental de nutrientes (Tilman y Downing, 1994). En este segundo caso, "mejores" condiciones ambientales habían favorecido la dominancia de especies no adaptadas a condiciones adversas, con un rango de respuestas ambientales a la sequía más reducido que en las especies originales.

El resultado del experimento anterior, es en cierta forma comparable con el proceso que sucede cuando se transforma el agostadero natural en una pradera de buffel. Gracias a su metabolismo C4, el zacate buffel hace un uso más eficiente e intensivo del agua que las especies nativas (metabolismo C3) para producir biomasa verde (Castellanos *et al.*, 2002), pero este atributo fisiológico, un rasgo funcional muy importante para explicar la invasibilidad de la especie (Ward *et al.*, 2006), no facilita el uso diferido del agua que ocurre de manera natural cuando el espacio es ocupado por especies que tienen tasas y eficiencias distintas de aprovechamiento de este recurso (Castellanos *et al.*, 2010 --en prensa-). Por razones como esta, cuando existe mayor diversidad, existen mayor probabilidad de que el sistema continúe funcionando, aunque una de las especies individuales deje de funcionar (Yachi y Loreau, 1999).

5. CONCLUSIONES.

Nuestros resultados, en conjunto con los resultados de estudios previos, cuestionan el supuesto técnico y gubernamental de que la introducción de buffel significará mayor productividad. En términos de los índices de vegetación parece ocurrir lo contrario, pero el patrón preciso de lo que sucede está determinado por las condiciones ecológicas del sitio a evaluar. La disminución de productividad es más evidente en las zonas donde se deforestan ecosistemas muy productivos, como los encontrados en las zonas Este y Centro (biomas tropicales o subtropicales) del área de estudio. Esto probablemente es así, por que las selvas caducifolias y los bosques decíduos, son biomas que presentan frecuentemente mayor productividad que los pastizales (Running *et al.*, 2004).

Nuestros resultados sugieren que la remoción de la vegetación natural propicia que el sistema se vuelva menos resiliente para absorber eventos como la ausencia de lluvia, y que reduzca su productividad a niveles menores que en la vegetación nativa, durante periodos como el otoño o la temporada de estiaje. Un ecosistema menos resiliente es más vulnerable a condiciones ambientales adversas (Chapin III et al, 2004), y esta puede ser una de las razones, por las que los agostaderos transformados en praderas de zacate buffel, suelen mostrar desventajas frente al agostadero natural, cuando se presentan sequías muy intensas (Vázquez-León and Liverman, 2004).

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de CONACYT mediante el financiamiento del proyecto de investigación (CB06-61865) y la beca doctoral otorgada a Luis Carlos Bravo Peña para la realización de este estudio.

6. REFERENCIAS.

Arriaga, L., Castellanos, A., Moreno, V., Alarcón, J., 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: A case study for buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology* 18, 1504–1514.

Burquez, A., Miller, E., Martínez, A., 2002. Mexican grasslands, thornscrub, and the transformation of the Sonoran Desert by Invasive Exotic Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). In: Tellman, B. *Invasive species in Sonoran Desert communities*. University of Arizona Press. Tucson, pp. 126-146.

Castellanos, A., Yanes, G., Valdez, D., 2002. Drought tolerant exotic buffelgrass and desertification, en. B. Tellman, *Weeds across borders*, Proceedings of North American Conference, Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson Arizona.

Castellanos, A., Bravo, L.C., Koch, G., Llano, J., López, D., Mendez, R., Rodríguez, J., Romo, R., Sisk, T., G. Yanes., 2010. Impactos Ecológicos por el Uso del Terreno en el Funcionamiento de Ecosistemas Áridos y Semi-áridos de Sonora. En: Diversidad biológica del estado de Sonora. UNAM. *En prensa*.

Chapin III F.S., Peterson G., Berkes F., Callaghan T.V., Angelstam P., Apps M., Beier C., Bergeron Y., Crépin A., Danell K., Elmqvist T., Folke C., Forbes B., Fresco N., Juday G., Niemelä J., Shvidenko A., Whiteman G., 2004. Resilience and Vulnerability of Northern Regions to Social and Environmental Change. *Ambio* 33, 344-349.

COTECOCA. 1974. Coeficientes de agostadero de la república Mexicana. Estado de Sonora. México, D.F.

Ebdon, D., 1982. Estadística para geógrafos. Barcelona. Oikos-Tau, pp. 348.

Escandón-Calderón, J., de Jong, B., Ochoa-Gaona, S., March-Mifsut, I., Castillo, M., 1999. Evaluación de dos métodos para la estimación de biomasa arbórea a través de datos LANDSAT TM en Jusnajib La Laguna, Chiapas, México: estudio de caso. *Investigaciones Geográficas* 40, 71-84.

Fensholt, R., Sandholt, I., Rasmussen, M. S., 2004. Evaluation of MODIS LAI, fAPAR and the relation between fAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment* 91, 490-507.

Flores, J., Jurado, E., 2003. Are nurse-protecte interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science* 14(6), 911- 916.

Franklin, K. A., Lyons, K., Nagler, P. L., Lampkin, D., Glenn, E. P., Molina-Freaner, F., Markow, T., Huete, A. R., 2006. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land

conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation* 127, 62-71.

Guerschman, J. P., Paruelo J., Burke, I., 2003. Land use impacts on the normalized difference vegetation index in temperate Argentina. *Ecological Applications* 13, 616-628.

González, M., Alarcón, A., Ferrera, R., 2007. Biodiversidad funcional de los hongos micorrícicos arbusculares en zonas áridas y semiáridas. En: Montañño NM, Camargo- Ricalde SL, García-Sánchez R, Monroy A. (eds.) 2007. *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (Arbuscular mycorrhizae in arid and semiarid ecosystems)*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT- Mundi-Prensa. 460 pp.

Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Wolfgang, L., Fischer-Kowalski, M., 2007. Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 12942-12947.

Hill, M., Donald, G., Hyder, M., Smith, R., 2004. Estimation of pasture growth rate in the south west of Western Australian from AVHRR NDVI and climate data. *Remote Sensing of Environment* 93, 528-545.

Holzappel, C., Mahall, B., 1999. Bi-directional facilitation and interference between shrubs and annuals in the Mojave desert. *Ecology* 80, 1747-1761.

Huete, A. R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25, 295-309.

Ibarra-Flores, F., Moreno, S., Martín-Rivera, M., Denogean-Ballesteros, F., Gerlach-Barrera, L. E., 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Técnica pecuaria en México* 43, 173-183.

INEGI, 2002. Inventario Forestal Nacional Serie III, <http://mapas.ine.gob.mx/temas.html?seleccion=Vegetación>.

Kawamura, K., Akiyama, T., Yokota, H., Tsutsumi, M., Yasuda, T., Watanabe, O., Wang, S., 2005. Comparing MODIS vegetation indices with AVHRR NDVI for monitoring the forage quantity and quality in Inner Mongolia grassland, China. *Grassland Science* 51, 33-40.

León M., Squeo, F., 2004. Levantamiento hidráulico: la raíz del asunto. En: Cabrera HM (ed) *Ecofisiología en Plantas*. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile, pp. 99-109.

López-Robles, D., López, A., Romo, J., Mendez, R., Castellanos, A., Koch, G., Sisk, T., González, C., 2006. Biogeochemical changes following of buffelgrass establishment in Sonoran Desert. *Proceedings of International Conference of Ecological Society of America*, Mérida, México.

Martín-Rivera, M., Cox, J., Ibarra-Flores, F., 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran Desert. *Journal of Range Management* 48, 60-63.

Medina, G., Gutiérrez, R., Echavarría, F., Amador, M., Ruiz, J., 2009. Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. *Técnica Pecuaria Mexicana* 47, 135-144.

Méndez-Estrella, R., 2007. Restauración de campos agrícolas abandonados: interacciones bióticas y aplicación de la teoría ecológica. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, 126 pp.

Monteith, J.L., 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. *The Journal of Applied Ecology* 9, 747-766.

Monteith, J. L., 1981. Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 107, 749-774.

Myneni, R., Williams, L., 1994. On the relationship between FAPAR and NDVI. *Remote Sensing Environment* 49, 200-211.

Nakaji, T., Reiko, J., Takagi, K., Kosugi, Y., Ohkubo, Sh., Nasahara, K., Saigusa, N., Oguma, H. 2008. Utility of spectral vegetation indices for estimation of light conversion efficiency in coniferous forests in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology* 148, 776-787.

Pardo, M., Ruiz, M., 2002. SPSS 11. Guía para el análisis de datos. McGraw-Hill, pp. 560-581.

Paruelo, J., Epstein, H., Lauenroth, W., Burke, I., 1997. ANPP estimates from NDVI for the central grassland region of the United States. *Ecology* 78, 953-958.

Paruelo, J., Oesterheld, M., Di Bella, C., Arzadum, M., Lafontaine, J., Cahuepé, M., Rebella, M., 2000. Estimation of primary production of sub-humid rangelands from remote sensing data. *Applied Vegetation Science* 3, 189-195.

Prince, S., 1991. A model of regional primary production: Comparison of results for sahelian grasslands 1981-1988. *International Journal of Remote Sensing* 12, 1301-1311.

Propastin, P., Kappas, M., 2009. Modeling Net Ecosystem Exchange for Grassland in Central Kazakhstan by Combining Remote Sensing and Field Data. *Remote Sensing* 1, 159-183.

Pugnaire, F., Luque, M., 2001. Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. *Oikos* 93, 42- 49.

Reynolds, J. ,Smith, D., 2002. Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? En: Reynolds JF & Stafford Smith D(Eds). Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin. 1- 21.

Romo, J., 2006. Conservation and the changing pattern of land cover and land use in central Sonora, Mexico. Thesis Master of Science, Northern Arizona University. Flagstaff.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, 1,309-317.

Ruimy A., Saugier, B.,Dedier, G., 1994. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal Of Geophysical Research* 99, 5263–5283.

Running, S.W., Thornton, P. E., Nemani, R.R., Glassy, J.M, 2000. Global terrestrial gross and net primary productivity from the earth observing system. in Sala O, Jackson R, Mooney H, eds. *Methods in Ecosystem. Science*.New York: Springer-Verlag, 44–57.

Running, S. W., Ramakrishna R. N., Faith, A. H., Maosheng Z., Matt, R., Hashimoto, Hirofumi., 2004. A Continuous Satellite-Derived Measure of Global Terrestrial Primary Production. *Bioscience* 54, 547-560.

Saucedo, M. E., García, E., Castellanos, A., Flores, J., 1997. La riqueza, una variable de respuesta de la vegetación a la introducción de zacate buffel. *Agrociencia* 31, 83-90.

Santiago-León, F. R., 2003. Estimación de biomasa en pastizales utilizando sensores remotos (NOAAAVHRR) y SPOT-VGT) en la cuenca del Río San Pedro, Sonora-México, Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias-Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B. C.

Sellers P. J., Berry J., Collatz AG., Field C. B., Hall F. G. 1992. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. III. A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sensing of Environment* 42, 187-216.

Sjöström, M., Ardö, J., Eklundh, L., Tahir, B., Khidir, H., Pilesjö, P. Seaquist, J., 2008. Evaluation of satellite based indices for primary production estimates in a sparse savanna in the Sudan. *Biogeosciences Discussions* 5, 2985-3011.

Stoms, D., Hargrove, W., 2000. Potential NDVI as a baseline for monitoring ecosystem functioning. *International Journal of Remote Sensing* 21, 401-407.

Thiam, A., Eastman, R., 2003. Vegetation Indices, en: R. Eastman, *IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing*, Clark University. Worcester Ma., pp. 233-244.

Tilman, D. and J.A. Downing. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:363-365.

Tilman, D., Wedin, D. Knops, J., 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379, 718- 720.

Tilman, D., Reich, P., Knops, J., 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* 441, 629-632.

Vázquez-León, M., Liverman, D., 2004. The political ecology of land use change: Affluent Ranchers and Destitute Farmers in the Mexican Municipio of Alamos. *Human Organization*. 63, 21-33.

Wang, Q., Adiku, S., Tenhunen, J., Granier, A., 2005. On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. *Remote Sensing of Environment* 94, 244-255.

Ward, J., Smith, S., McClaran, P., 2006. Water requirements for emergence of buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). *Weed Science* 54, 720–725.

Xavier, A., Vettorazzi, C., 2004. Monitoring leaf area index at watershed level through NDVI from Landsat-7/ETM+ data. *Scientia Agricola* 61, 243-252.

Yachi, Sh., Loreau, M., 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of National Academy of Sciences* 96, 1463–1468.

Zhiqiang, G., Jiyan, L., Mingkui, C., Tao, B. 2004. Impacts of land use and climate change on regional net primary productivity. *Journal of Geographical Sciences* 14, 349-358.

CAPÍTULO III:
POLÍTICAS RURALES Y PÉRDIDA DE COBERTURA
VEGETAL. ELEMENTOS PARA REFORMULAR
INSTRUMENTOS DE FOMENTO AGROPECUARIO
RELACIONADOS CON LA APERTURA DE PRADERAS
GANADERAS.

Este capítulo, escrito en formato de artículo científico, se publicará en la edición 48 (Mayo-Agosto de 2010) de la Revista Región y Sociedad, del Colegio de Sonora. Se presenta en el formato solicitado por la revista.

POLÍTICAS RURALES Y PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL. ELEMENTOS PARA REFORMULAR INSTRUMENTOS DE FOMENTO AGROPECUARIO RELACIONADOS CON LA APERTURA DE PRADERAS GANADERAS.

RESUMEN:

México tiene tasas de deforestación cercanas a las 600 mil hectáreas anuales. Una de las causas más importantes de este fenómeno, se relaciona con la promoción de un esquema de desarrollo pecuario que ha ignorado los impactos ambientales. En este trabajo se identifican algunos de los vínculos existentes entre los programas de Alianza para el Campo (ALCAMPO) y de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN), con las tendencias de deforestación por apertura de praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare*) en el estado de Sonora, y se sugieren modificaciones a la legislación ambiental vigente para regular este fenómeno. Se proponen alternativas para evaluar el desempeño ambiental de los programas de subsidio vinculados con la deforestación, y para replantear la estrategia sectorial de fomento pecuario.

Palabras clave: Deforestación, Subsidios, PROGAN, ALCAMPO, Legislación Ambiental.

ABSTRACT:

Mexico has deforestation rates near to 600 thousand annual hectares. One of the most important causes is related to the promotion of livestock development scheme that has ignored the environmental impacts. In this work we identify some of the existing bonds between the programs Alianza Para el Campo (ALCAMPO) and Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN), with the present deforestation trends by the opening of buffelgrass prairies (*Pennisetum ciliare*) in Sonora, and we suggest modifications for the current environmental laws to regulate this phenomenon. We also propose ways to evaluate the environmental performance of subsidies programs related with deforestation, and also to improve the sectorial strategies for livestock development.

Keywords: Deforestation, Subsidies, PROGAN, ALCAMPO, Environmental Regulation.

Luis Carlos Bravo Peña¹, **Olga Shoko Doode Matsumoto**², **Alejandro E. Castellanos Villegas**³, **Ileana Espejel Carbajal**⁴.

¹ y ² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo Sonora. Tel. 01-662-2892400. E-mails: lcbravop@prodigy.net.mx, shoko@ciad.mx.

³ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo Sonora. Tel. 01-622-2592169. Email: acastell@guaymas.uson.mx

⁴ Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C. Tel. 01-646-1-74-59-25. Ext. 26. e-mail: ileana@uabc.mx

I. INTRODUCCIÓN.

México tiene tasas de deforestación que oscilan entre quinientas mil y seiscientas mil hectáreas anuales (Velásquez *et al.* 2002a, IX). Durante los años comprendidos entre 1976 y 2000, el país perdió 20,000 km² de bosques templados, 60,000 km² de bosques tropicales, y 45,000 km² de matorrales desérticos. Estas superficies representan pérdidas anuales de 90,000, 265,000 y 195,000 hectáreas de vegetación natural, que fueron sustituidas por coberturas de tipo antrópico como pastizales, zonas agrícolas y asentamientos humanos (Mas *et al.* 2004). Estas disminuciones proyectan un escenario hacia el año 2020, en el que predominará la pérdida de matorrales y bosques tropicales, así como la cobertura creciente de los pastizales, y los otros usos del terreno que han caracterizado los cambios del paisaje durante las últimas tres décadas.

Una de las causas de este fenómeno se relaciona con la expansión territorial y los cambios tecnológicos de la ganadería de bovinos. Esta actividad, que se ha practicado por siglos bajo una forma extensiva, presenta desde hace algunas décadas, un singular proceso de cambio tecnológico que implica el abandono del esquema tradicional caracterizado por el pastoreo de agostaderos naturales, así como la dependencia creciente de pastizales introducidos que suplen la escasez de forraje natural permanentemente, o al menos durante las temporadas de menor producción vegetal.

Es ilustrativo del fenómeno anterior, que la cobertura nacional de praderas y pastizales inducidos se haya incrementado 12,780,610.84 hectáreas durante el periodo 1976-2000; al crecer de 10,358,508.51 hectáreas en el año de 1976, hasta 23,139,119.35 hectáreas de la misma cobertura en el año 2000. De estas nuevas superficies de pastizal, tan sólo el 8.9 % (1,149,567 hectáreas) correspondió a antiguas tierras de cultivo

agrícola que se destinaron a la siembra de pastos, mientras que el 91.1 % restante (11,631,043.84 hectáreas) correspondió a superficies con vegetación natural, que fueron desmontadas para la introducción de praderas ganaderas durante este periodo (Cuadro 1) (Fuente, Cartas de uso del Suelo y Vegetación 1976, 1993 y 2000, Inventarios Forestales Nacionales Series I y II. Mapoteca virtual del INE).

Cuadro 1. Cambios de uso del terreno y afectaciones por bioma a nivel nacional durante el periodo 1976-2000.

Clase original en 1976	Superficie de la clase original que cambio a pastizal inducido durante el periodo 1976-2000 (Hectáreas)
Bosques	2,525, 214.7
Selvas	4,983,275
Matorrales	2,719,704.7
Pastizal natural	997,083
Vegetación hidrófila	215,830.33
Otros tipos de vegetación	112,993.42
Cuerpos de agua	76,288.99
Asentamientos humanos	653.76
Zonas agrícolas	1,149,567
Total:	12,780,610.84

Fuente: Agregación Propia de las Matrices de cambio a nivel formación y por estado. Mapoteca virtual de la Dirección General de Investigación y Ordenamiento Ecológico. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT.

La conversión de áreas naturales en pastizales, es más evidente en el norte árido de México. En esta región, no obstante las naturales limitaciones climáticas para la

intensificación y expansión territorial de la ganadería bovina, los cambios en el uso del terreno ilustran una transformación mucho más acelerada de los biomas naturales, así como la ampliación de praderas y pastizales en un porcentaje que rebasa claramente la media nacional. De esta manera, mientras la cobertura nacional de pastizales inducidos se incrementó en un 123.38 % durante el periodo 1976-2000, la cobertura de pastizales en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, creció un 283.51 % durante el mismo periodo (aumentaron 4,508,671.84 hectáreas, para pasar de 1,590,272.18 hectáreas en 1976 a 6,098,944.02 hectáreas en el año 2000) (Fuente, Cartas de uso del Suelo y Vegetación 1976, 1993 y 2000, Inventarios Forestales Nacionales Series I y II. Mapoteca virtual del INE). Un salto cuantitativo proporcionalmente más grande, en el mismo lapso de tiempo.

Además de las propias necesidades de la ganadería en materia de abasto de forrajes, y del gradual deterioro de los potreros naturales; muchas otras causas explican esta ampliación sin precedentes de praderas y pastizales en el territorio nacional. Históricamente, estas han involucrado factores legales relacionados con la tenencia de la tierra y la defensa ante el proceso de reforma agraria; factores económico-geográficos, como la reconfiguración del mercado internacional de la carne, y programas internacionales de apoyo para “pecuarizar” Latinoamérica y abastecer de carne a los polos demandantes de este producto; la vecindad con los Estados Unidos, etc. De ellas se ha hablado en diversos estudios sobre el tema, que han descrito los procesos históricos, económicos y sociales relacionados con la expansión de la ganadería bovina en el país (Fernández y Tarrío 1987; Toledo 1990; Camou-Healy 1998; Pérez-López y

Cañez, 2003; Toledo *et al.* 2003), y es poco lo que se puede ampliar sobre el asunto dada la profundidad de sus análisis.

Nada se ha escrito sin embargo, sobre los factores legales e institucionales relacionados con el fomento de praderas ganaderas, y la regulación ambiental de los desmontes asociados a la introducción de pastizales. Estos constituyen actualmente dos aspectos relevantes vinculados con el tema de la ganadería, e incorporan nuevos elementos para comprender su desempeño ambiental en los últimos años. Ante este vacío, en este trabajo discutiremos algunos de los vínculos existentes entre el esquema prevaleciente de fomento pecuario en el país, y el deterioro de la cubierta vegetal por ampliación desordenada de pastizales.

Intentaremos demostrar, que el marco normativo-institucional que sanciona el impacto ambiental de los cambios de uso del suelo en zonas cubiertas por vegetación forestal, es inapropiado para regular los desmontes por apertura de praderas ganaderas. Desde sus orígenes se ha sustentado en una lógica que no pondera los impactos adversos de la introducción de pastizales. Ilustraremos esta aseveración, describiendo las relaciones existentes entre las políticas de promoción de la ganadería y los cambios recientes de la cubierta vegetal en el país. Identificaremos en particular, algunos de los vínculos entre los Programas de Estímulos a la Producción Ganadera (PROGAN) y de Alianza para el Campo (ALCAMPO) y el fenómeno de la deforestación en el estado de Sonora. Enfatizaremos, y propondremos soluciones, a las omisiones de las leyes ambientales vigentes para regular este fenómeno.

El análisis se construye a partir de la consulta de las normas ambientales aplicables a la apertura de praderas, entrevistas semiestructuradas (Fontana y Frey 2000,

652-657) a funcionarios gubernamentales relacionados con la regulación ambiental de praderas y pastizales, personal técnico vinculado con la aplicación de programas de subsidio pecuario en el estado de Sonora, y productores rurales de diferentes niveles socioeconómicos. La información obtenida en las entrevistas se contrastó con información recabada en archivos estadísticos de la actividad ganadera y la regulación ambiental, informes de gobierno, informes técnicos, reportes académicos, e información científica publicada sobre el tema. Para la triangulación de datos nos apegamos a los criterios de objetividad propuestos por Denzin (2000, 193-194), replanteando nuestras hipótesis en caso de encontrar evidencias negativas que invalidaran nuestros supuestos de partida.

En el proceso también mostramos información de un caso de estudio, que describe el desempeño ambiental del fomento pecuario en zonas del noroeste de México que se sustentan en el pastoreo extensivo. Nos referimos al municipio de La Colorada, en el centro de Sonora; región donde la apertura de praderas y pastizales, al igual que en buena parte del territorio del norte del país, distingue a la ganadería de producción y exportación de becerros desde hace décadas.

2. EL FOMENTO PECUARIO Y LA DEFORESTACIÓN EN MÉXICO

a) La regulación ambiental de la ganadería bovina en la década de los setentas.

Los cambios de la cubierta vegetal asociados al crecimiento de pastizales, ocurridos durante las últimas tres décadas, pueden explicarse a partir de diversos factores de carácter nacional e internacional que han incidido en el incremento del hato ganadero, y en la consecuente expansión territorial de la ganadería bovina. Destaca como referente de partida, el extraordinario impulso a la pecuarización de México

durante la década de los setentas, instrumentada por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo ante las demandas crecientes de carne en el mercado Estadounidense. Entre 1971 y 1977, por ejemplo, ambas instituciones otorgaron préstamos para la producción ganadera en México, por un total de 527.4 millones de dólares, lo que representó el 48.7 % del total concedido a los otros países latinoamericanos. Dichos fondos tuvieron una contraparte nacional de 639 millones de dólares (Toledo 1990, 197), cantidad que aún hoy representa un financiamiento extraordinario al fomento ganadero.

El Gobierno Federal promovía programas de subsidios e inversiones para la expansión de la ganadería de bovinos (Salazar-Conde *et al.* 2004, 19; Mas y Puig 2001, 1281), mismos que eran apoyados con créditos para financiar la apertura de tierras por el Programa Nacional de Ganaderización, la Comisión Nacional de Desmontes¹, y los Programas de Inversiones Públicas para el Desarrollo Rural (PIDER), (Merino 2004,183; Cordera-Campos y Lomeli-Vargas 2005, 12). Estas políticas de pecuarización, fueron responsables de la desaparición de poco más del 80 % de las selvas húmedas del país en menos de una década (Toledo *et al.* 2003,12), y de la ampliación de praderas y pastizales, a tasas de cambio en el uso del terreno que rebasaban ampliamente la capacidad natural de regeneración de los ecosistemas.

A la par de los aspectos técnicos y de fomento productivo, la ganadería también representaba una vía efectiva para evadir el proceso de reforma agraria. Tres instrumentos legales que funcionaban durante esa época, 1) los *certificados de*

¹ En el sexenio de Luis Echeverría, por ejemplo, los desmontes para introducir praderas se consideraban un verdadero logro. El párrafo 408 de su sexto informe de gobierno cita por ejemplo, la apertura de 417,520 hectáreas de pastizales en 1975, a través de la Comisión Nacional de Desmontes.

inafectabilidad ganadera establecidos durante el gobierno del general Cárdenas, 2) la definición de *pequeña propiedad ganadera* (establecida durante el gobierno del Lic. Miguel Alemán), y 3) Las causales de inafectabilidad ganadera decretadas durante el gobierno del Lic. Luis Echeverría Álvarez a partir de la creación de la Ley de la Reforma Agraria en 1971, y la derogación del anterior Código Agrario en ese mismo año (Diario Oficial de la Federación, 1971), constituyan además elementos adicionales que favorecían indirectamente el deterioro de la cubierta vegetal.

Además de considerar la dimensión del predio, la inafectabilidad de la tierra -o su calidad de no repartible para efectos agrarios-, dependía de que esta se encontrara en uso activo (Arts. 250,251,256, 258-260; Ley de la Reforma Agraria). Los propietarios, justificadamente o no, se veían en la necesidad de realizar desmontes, introducir pastizales, o simplemente sobrecargar sus predios para demostrar el uso de los mismos, pues podían ser expropiados si no acreditaban la utilización del terreno. Así, aunque en ocasiones el proceso de reforma agraria se manejó de forma discrecional (Gordillo 1988, 89; Zepeda 2000, 24), puede decirse que, tanto el marco legal de la época, como las acciones de política pública en materia pecuaria, contravenían a menudo principios ecológicos fundamentales. Deterioraban las relaciones entre flora, fauna y elementos físicos.

Durante los setentas, nuestro cuerpo normativo de regulación ambiental se encontraba muy poco desarrollado. Por entonces se contaba con la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA) (INE 2000, 10), pero esta

ley consideraba a los problemas ambientales desde una perspectiva de salud pública², y sólo concentraba la atención en sus efectos sobre la salud humana (Brafies 2000, 81). La observancia de la LFPPCA estaba a cargo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), una dependencia que tenía una visión bastante limitada y fragmentada de los asuntos ambientales, como para considerar a la ampliación desordenada de pastizales un objeto de regulación ambiental.

La LFPPCA otorgaba competencias a otras secretarías, como la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Secretaría de Ganadería, que auxiliaban a la SSA en los asuntos relativos a la contaminación del agua, o a la aprobación de los usos del suelo (INE 2000, 11). Sin embargo, la legislación no incorporaba el concepto de impacto ambiental, y únicamente se regulaban los aspectos relativos a la contaminación y sus efectos en la población. Por estas razones, debido a que la apertura de praderas y pastizales incorporaba tierras “ociosas” a la producción, buscaba elevar la disponibilidad de alimentos, y normalmente no afectaba la salud humana en los centros de población, no fue regulada.

b) El nuevo esquema de fomento agropecuario en la década de los 80's.

La década de los ochentas se caracterizó por profundos ajustes estructurales, impuestos por la banca internacional ante el endeudamiento del país por la crisis petrolera (Palacios-Solano 1996, 138). Estos ajustes incluían la liberación del comercio, la eliminación del control de precios, y el desmantelamiento de buena parte de los subsidios al sector agropecuario. El país emprendía un modelo de crecimiento hacia afuera, buscando su lugar en la economía mundial mediante acuerdos y tratados como el

² En su artículo 2, dicha ley se calificaba a sí misma como un ordenamiento jurídico referido a la salubridad general.

Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT). Este acuerdo preparó el terreno para la firma posterior, años después, del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN).

En la retórica que justificaba estas medidas –y que de hecho permanece en el discurso hasta el día de hoy-, se argumentaba que los subsidios agropecuarios distorsionaban el mercado, por lo que tenían que eliminarse para que la economía se volviera eficiente. Algunos subsidios agropecuarios se conservaron, pero en lugar de asignarse a los precios de venta de los productos –como el histórico *precio de garantía*-, fueron substituidos por transferencias directas al productor, de acuerdo con las superficies sembradas (Morán y Galleti 2002, 103). Estos desembocaron hacia 1988, en la creación de nuevos instrumentos de financiamiento al sector agropecuario, canalizados entonces a través del Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL) en su modalidad de "Crédito a la Palabra" (Reyes-Hernández *et al.* 2003, 89). Dicho programa, dirigido a productores con pequeñas superficies (de 2 a 3 Has), derivó a su vez, hacia 1994, en el Programa de Apoyo Directo al Campo "PROCAMPO" (Diario Oficial de la Federación, 1994) y se amplió posteriormente al Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera "PROGAN" (Diario Oficial de la Federación, 2003a).

Además de los programas anteriores, el 31 de Octubre de 1995 se anunció oficialmente la creación del programa de fomento al sector agropecuario denominado "Alianza para el Campo" (ALCAMPO). Durante el periodo 1996-2007, este programa aportó fondos de co-inversión para proyectos específicos presentados por los productores, bonificando un porcentaje del costo total de la adquisición de bienes productivos, o del desarrollo de infraestructura agropecuaria. Dicho porcentaje se

estableció en las convocatorias anuales del programa, pero alcanzó en algunos casos, hasta el setenta por ciento del costo total de las obras.

A partir del ejercicio fiscal 2008, hubo un reacomodo sustancial en el esquema de operación de ALCAMPO y PROGAN. Durante sus primeros años de existencia fueron programas rectores del fomento agropecuario nacional, pero a partir de 2008 se reordenaron como componentes de dos programas agropecuarios de mayor alcance (Diario Oficial de la Federación, 2007). ALCAMPO pasó a ser un eje del recién creado Programa de Adquisición de Activos Productivos, sobre todo en los aspectos relacionados con el subsidio a la adquisición de bienes necesarios para la producción agropecuaria. PROGAN quedó incluido como componente del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria. Ambos programas son operados actualmente por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

c) El programa Alianza para el Campo y los cambios de la cobertura vegetal.

ALCAMPO subsidió distintos rubros agropecuarios, incluyendo el desmonte de vegetación natural, para habilitar praderas ganaderas. En este caso, los fondos se focalizaron en regiones geográficas específicas, o en determinado tipo de proyectos, sugeridos previamente por órganos colegiados como los comités Sistema Producto³, los Comités Técnicos de Ganadería⁴, y los Consejos Estatales de Desarrollo Rural

³ Los comités Sistema-Producto tienen fundamento legal en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Art. 150). Su objetivo es planear y optimizar el funcionamiento de cadenas productivas rurales.

⁴ Los Comités de Ganadería están facultados para evaluar solicitudes de apoyo dirigidas a ALCAMPO.

Sustentable⁵. Dichas agrupaciones se integran por representantes del sector productivo, el gobierno y la academia, y definen áreas y rubros específicos de apoyo de acuerdo a las prioridades de cada entidad federativa y de cada distrito de desarrollo rural. Así, de acuerdo a sus sugerencias hubo zonas donde se privilegió la introducción de praderas, mientras que en otras se subsidiaron rubros distintos.

Durante el periodo 1996-2006, ALCAMPO subsidió acciones encaminadas al manejo e introducción de praderas y pastizales en una superficie equivalente a quince millones de hectáreas en todo el país (SAGARPA-FAO 2006a, 33). El ochenta por ciento de esta superficie recibió financiamiento para la construcción de obras necesarias en el manejo de praderas, como pozos, repesos, líneas para la conducción del agua, etc.; mientras que el veinte por ciento restante, equivalente a tres millones de hectáreas, consiste fundamentalmente, en áreas con vegetación natural que se desmontaron por primera vez para introducir praderas, o en superficies con vegetación secundaria que se desmontaron por segunda o tercera ocasión, ante el deterioro de las praderas originales, o ante la recolonización de especies nativas que no son consumidas por el ganado.

El estado de Sonora recibió una proporción importante de estos recursos. Durante el periodo 1996-2006, ALCAMPO habilitó 210,298 hectáreas de praderas en el estado, superficie que equivale a poco más del 7 % de la superficie de praderas financiadas a nivel nacional. De esta superficie, ALCAMPO canalizó recursos para el desmonte de 116,845 hectáreas cubiertas con vegetación natural, y para la rehabilitación

⁵ Los Consejos Estatales de Desarrollo Rural Sustentable tienen fundamento legal en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Artículos 24 al 26). Dicha Ley les faculta para definir las prioridades regionales en términos de desarrollo rural, así como para solicitar el concurso de los programas sectoriales aplicables.

–frecuentemente un nuevo desmonte- de 93,453 hectáreas de praderas en mal estado⁶, invadidas por vegetación nativa de bajo valor forrajero (Cuadro 2). La remoción de vegetación nativa, es decir de áreas que se desmontaron por primera vez, significó un desmonte promedio equivalente a 10,622.3 hectáreas anuales.

Cuadro 2. Desmontes anuales financiados por ALCAMPO en el estado de Sonora durante el periodo 1996-2006 (Has).

Tipo de desmonte	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Establecimiento de pradera	13,695	22,129	16,843	14,490	9,014	3,007	3,720	4,020	10,251	12,743	6,663
Rehabilitación de pradera	6,383	15,581	14,012	13,502	10,540	5,191	6,242	6,434	7,637	5,917	2,015

Fuente: Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora, Octubre de 2008.

Durante el sexenio 2001-2006, las superficies desmontadas con recursos de ALCAMPO significaron una proporción cada vez mayor de la superficie total desmontada por apertura de praderas (Cuadro 3). En estos desmontes, ha habido regiones donde las afectaciones a la biodiversidad han generado impactos substanciales. Es el caso de municipios que sustentan su ganadería bovina en el pastoreo extensivo, como el municipio de La Colorada, ubicado en las fronteras de la selva baja caducifolia y el desierto sonorense, en el centro de la entidad (Figura 1). En este municipio ALCAMPO destinó recursos para habilitar 20,659.4 hectáreas de praderas (aproximadamente el 4.5 % de la superficie municipal) durante el periodo 1996-2006⁷

⁶ Y ⁷ Con base en información proporcionada por la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora, en Abril de 2007 y Octubre de 2008.

⁸ Los desmontes con recursos públicos en este municipio se iniciaron en 1979, a partir de la aplicación de programas como el PIDER (1,500 hectáreas en el Ejido La Colorada) y de la actuación de la Comisión Nacional de Desmontes.

(cuadro 4). Dicha superficie, sumada a los desmontes previos durante los setentas y los ochentas⁸, acumula 74,963 hectáreas, y representa un cambio substancial en la fisonomía de un paisaje que hace sólo cuatro décadas era muy heterogéneo y diverso en términos ecológicos.

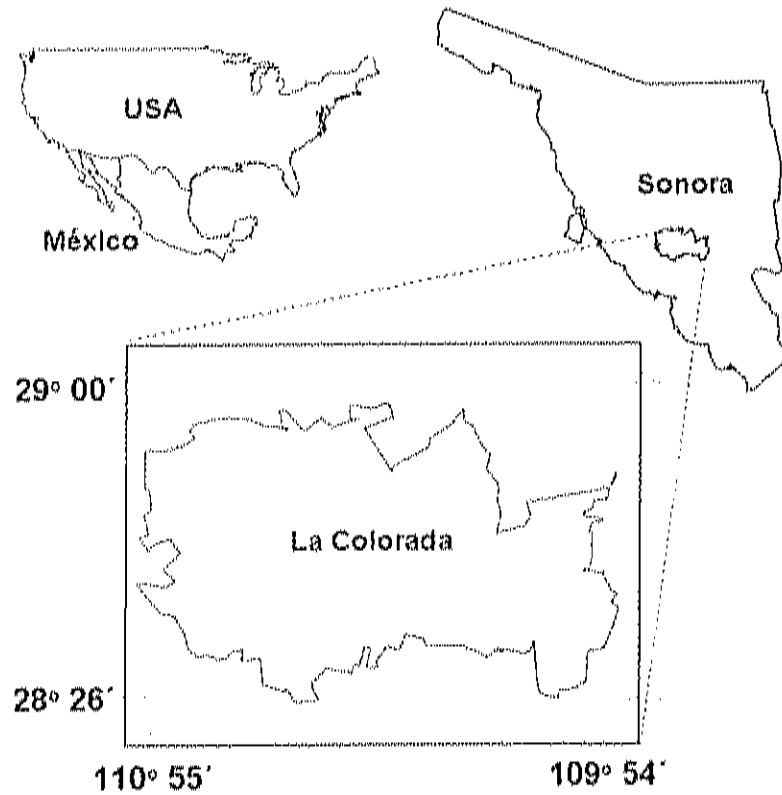


Figura 1. Localización del municipio de La Colorada, en el centro de Sonora.

Cuadro 3. Contribuciones del programa ALCAMPO al desmonte por apertura de praderas ganaderas en Sonora durante el sexenio 2001-2006.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Desmonte total por apertura de praderas (Has)	29,860	29,399	41,240	58,016	64,649	31,907	255,071
Desmonte para establecimiento de praderas por ALCAMPO (Has)	3,007	3,720	4,020	10,251	12,743	6,663	40,404
Porcentaje del desmonte atribuible a ALCAMPO	10.07	12.65	9.67	17.67	19.71	20.88	15.84

Fuente: Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora y Subdirección General de Restauración de Suelos (SEMARNAT-Delegación Sonora), Octubre de 2008.

Cuadro 4. Superficie de praderas (Hectáreas) subsidiada por el programa ALCAMPO en el municipio de La Colorada (1996-2006).

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2730	2736.4	2,869	2414.5	2640.5	1110	833	1112	1748	1462	1004

Fuente: Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora, Abril de 2007.

El caso de La Colorada puede ilustrar algunas de las particularidades vinculadas con la implementación del subsidio pecuario de ALCAMPO, en casi el 84 % de la superficie de Sonora, donde predomina el pastoreo extensivo en agostaderos naturales (López-Reyez 2001,78). Sin embargo, sería inexacto extrapolar las mismas tendencias a toda la entidad. Hay otros municipios con tradición ganadera, que poseen superficies aptas para la agricultura, donde este programa ha destinado recursos para fomentar el

cultivo de forrajes como sorgo o alfalfa, subsidiando la tecnificación agrícola, el equipamiento de pozos, etc. Se trata de zonas poco importantes en términos de cobertura geográfica (menos del 1 % de la superficie estatal)⁹, pero importantes por su tradición ganadera; donde el programa se ha utilizado para consolidar la “pecuarización” de las actividades agrícolas. Este proceso tampoco es nuevo en México. Se relaciona con la sustitución de cultivos importantes en la alimentación humana, por cultivos necesarios en la alimentación animal (Rutsch 1984,54; Camou-Healy 1998, 152).

d) Impactos vinculados con los atributos ecológicos de los pastos introducidos.

Los impactos ambientales del subsidio también se vinculan con la invasibilidad y los atributos ecológicos de los pastos introducidos. Por lo que respecta a las zonas del estado donde la ganadería se sustenta en el pastoreo de agostaderos naturales; todos los desmontes financiados por ALCAMPO se destinaron a la introducción de zacate buffel (*Pennisetum ciliare*). Este es un pasto africano que se introdujo a México hacia el año de 1954 (Camou-Healy 1998, 85), pero que al año 2003 ocupaba una superficie cercana a las cuatro millones de hectáreas en todo el norte del país (García-Dessomes *et al.* 2003, 210). El zacate buffel puede incrementar la capacidad de los agostaderos (Ibarra-Flores *et al.* 2005, 174), pero reduce hasta en un 90 % la biodiversidad de los predios (Saucedo *et al.* 1997, 83), y afecta negativamente procesos como la formación de suelo (Ibarra-Flores *et al.* 1999, 45), la infiltración y escurrimiento de la lluvia (Perramond 2000, 135), y el reciclaje del agua y nutrientes (Castellanos *et al.* 2002, 105-107). Estos procesos tienen importancia crítica en regiones áridas.

⁹ Se refiere a pequeñas áreas agrícolas en la región serrana del estado, y en la Cuenca del Río Sonora.

Debido a que este pasto suele formar manchones densos durante años lluviosos, su introducción incrementa el riesgo de incendio durante las temporadas secas. Las especies nativas del desierto no están adaptadas al fuego, pero el buffel sí, por lo que después de varios incendios sucesivos, este pasto termina por colonizar nuevas áreas y dominar la zona. Cuando el buffel domina la zona, incrementa el riesgo de incendios y restringe todavía más el crecimiento de las plantas nativas. En Sonora, donde las praderas de zacate buffel cubren alrededor de un millón de hectáreas¹⁰, la situación se agrava ante prácticas como *la quema del monte*, realizada por los ganaderos en temporadas muy secas, cuando buscan eliminar las espigas de las plantas nativas para que sean consumidas por las vacas, o cuando buscan que el zacate buffel rebrote antes de las primeras lluvias de verano.

Evaluaciones realizadas hacia 1997, sugerían que, gracias a su invasibilidad ecológica, dos terceras partes del territorio sonorense (12 de casi 18.5 millones de hectáreas), presentaban signos de invasión por este pasto (Burquez y Martínez- Irizar 1997). No hay evaluaciones precisas del área invadida por zacate buffel en otras regiones del norte de México, pero existen evidencias de invasión en Baja California, y el norte de Sinaloa (Burquez y Martínez-Irizar 2006, 100). Es previsible una situación parecida en estados como Nuevo León, Tamaulipas o Coahuila; donde la ganadería extensiva es muy importante, y donde se han desmontado casi 3 millones de hectáreas para introducir zacate buffel (Gómez *et al.* 2007, 2).

e) El papel de PROGAN en la conservación o el deterioro de la cubierta vegetal.

¹⁰ Datos oficiales proporcionados en Octubre del 2008, por la Sub-dirección General de Restauración de Suelos, en las oficinas de la Delegación Estatal de SEMARNAT. Es posible una subestimación de la superficie real.

PROGAN fue concebido como un instrumento que contribuiría a la reforestación de los agostaderos y a la conservación del suelo en las 47.7 millones de hectáreas del país que tienen problemas de sobrepastoreo (Diario Oficial de la Federación, 2003a; UACH, 2008, 70). Sin embargo, las difíciles condiciones socioeconómicas de muchos productores pecuarios, y el deficiente monitoreo de los 214,722 predios ganaderos beneficiados por este programa de apoyo (UACH 2008,72), han propiciado que parte del recurso se utilice en actividades distintas, como la manutención de pequeños ganaderos y productores de subsistencia, o incluso en acciones totalmente contrarias al propósito del programa.

Una evaluación concluida hacia fines de 2007, reveló que durante los primeros años de operación de PROGAN, el 40 % de los predios con subsidio no había recibido acciones de reforestación y restauración del suelo (UACH 2008, 119), y que sus propietarios utilizaron el dinero para otros fines. En el centro de Sonora, donde la sobrecarga animal casi duplica la capacidad del agostadero (SAGARPA, 2002, 33), PROGAN se llegó a utilizar para adquirir más vacas, agravando el deterioro que se quería revertir¹¹. Hasta finales del año 2007, no hubo mecanismos eficientes de seguimiento a los recursos, y a nivel nacional, el programa no sancionó el ajuste de la carga animal en los predios, como una condición para seguir otorgando el subsidio a partir del segundo año de operación del programa (UACH 2008, 124).

¹¹ Y ¹² La fuente de estos datos son las declaraciones de informantes clave y personal técnico entrevistado en los Distritos de Desarrollo Rural del centro de Sonora. Son del dominio público entre ganaderos y funcionarios operativos del desarrollo rural, pero no hay estadísticas oficiales al respecto, ni se les menciona en las evaluaciones nacionales del programa.

Puesto que se asume que el zacate buffel incrementará la capacidad de los agostaderos, se han utilizado recursos de PROGAN para desmontar terrenos e introducir praderas¹², pero se carece de estadísticas confiables que indiquen cuantas hectáreas se han desmontado. En Sonora, PROGAN ha otorgado subsidios a 2,749 productores (SAGARPA, 2009), pero debido a que sus aportaciones pueden ser muy pequeñas cuando el productor tiene pocas vacas, no es fácil definir en qué medida el desmonte es pagado exclusivamente con recursos del programa, o con recursos de otras fuentes.

3. LA REGULACIÓN AMBIENTAL DE PRADERAS GANADERAS.

Desde hace años se ha documentado que las políticas de subsidio agropecuario pueden jugar un papel importante en la pérdida de cubierta vegetal (Vance y Geoghegan 2002; Geist y Lambin 2002), pero los factores asociados con la transformación de ecosistemas naturales en áreas de uso agrícola o pecuario son complejos (Lambin *et al.* 2001; Munroe *et al.* 2002), y no es fácil identificar una relación inequívoca y directa entre las políticas agropecuarias, la dotación de subsidios y la deforestación. A menudo intervienen factores socioeconómicos, culturales y legales, que atenúan o retroalimentan el problema (Reyes-Hernández *et al.* 2003; Klepeis y Vance 2003; Luers *et al.* 2006), y que hacen imposible establecer relaciones lineales de causa-efecto.

Nosotros partimos de la premisa anterior, y postulamos que uno de los factores que retroalimentan el impacto ambiental de ALCAMPO y PROGAN en la apertura de praderas y pastizales, se vincula estrechamente con varias omisiones legales que dificultan la regulación ambiental de las acciones promovidas por ambos programas. La primera de estas omisiones, es que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la

Protección Ambiente (LGEEPA), ordenanza de primer nivel para la regulación ambiental en el país, no establece la obligatoriedad de evaluaciones de impacto ambiental (EIA) para los cambios de uso del suelo por actividades agropecuarias, si estos involucran un desmonte menor a cinco hectáreas en zonas áridas, o dos hectáreas en zonas templadas.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el instrumento de gestión ambiental que determina la pertinencia de una determinada obra o actividad humana en términos de su impacto ambiental. Se trata de un estudio interdisciplinario que debe realizarse antes de la ejecución de obras que tendrán un impacto sobre el medio ambiente, a fin de precisar las repercusiones ecológicas y sociales que pueden derivar de las mismas. Debido a que este estudio establece las condiciones a observar para mitigar o corregir totalmente las repercusiones ambientales desfavorables de la obra o actividad en cuestión, podría ser el instrumento indicado para identificar las consecuencias potenciales de la introducción de praderas sobre la integridad y el funcionamiento de los ecosistemas. El artículo 28 de la LGEEPA establece de manera genérica que actividades requieren un estudio de impacto ambiental, mientras que el artículo 5 de su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, las especifica con más detalle. Su cláusula O-II excluye de este requerimiento a los desmontes menores de 5 hectáreas en zonas áridas, y de 2 hectáreas en zonas templadas, cuando se realizan para la actividad agropecuaria de baja intensidad.

En el caso del PROGAN, las superficies objeto de regulación definidas por la LGEEPA, difícilmente se rebasan con los apoyos anuales que reciben los productores de menores ingresos (fundamentalmente ejidatarios y pequeños productores), por lo que la

ampliación de muchas mini-unidades de producción agropecuaria queda excluida de cualquier evaluación del impacto ambiental. Sin embargo, no obstante que el desmonte de un predio menor a cinco hectáreas puede no ser significativo, la suma de muchos desmontes si puede originar un impacto ambiental regional de considerable magnitud, que no es regulado legalmente. En este caso se genera un fenómeno que denominamos deforestación "*hormiga*": caracterizado por muchos pequeños desmontes aislados, que usualmente pasan desapercibidos, pero que sumados si significan una superficie muy grande.

La LGEEPA si establece la obligatoriedad de EIA para cambios de uso del suelo mayores a cinco hectáreas en zonas áridas o a dos hectáreas en zonas templadas, pero estos casos suelen excluirse de dicha evaluación, cuando el desmonte para introducir praderas se realiza en áreas con vegetación natural donde ya se practica la ganadería extensiva. En este caso, debido a que la introducción de pastizales regularmente se sujeta a los criterios técnicos de la Norma Oficial NOM-020-RECNAT-2001, que es una ordenanza para interpretar y aplicar la legislación ambiental en la regulación de la ganadería de pastoreo en terrenos forestales, se interpreta jurídicamente que la remoción de la vegetación para introducir praderas no representa un *cambio de uso del suelo*, sino una rehabilitación del mismo *uso de suelo ganadero* que ya ocurría desde antes del desmonte.

Se dice que el procedimiento no implica un cambio de uso del suelo, sino la eliminación selectiva o "*aclareo*" de las especies con bajo valor forrajero, y la conservación del treinta o cuarenta por ciento del monte original. Lo cierto es que la remoción de vegetación significa pérdidas de hasta el 90 % de las especies vegetales

presentes en el predio, e impactos posteriores en las áreas circundantes, por la invasibilidad del pasto introducido. A partir del “*aclareo*”, los procesos ecológicos en un terreno cubierto por zacate buffel, y en un terreno cubierto por vegetación natural serán totalmente distintos, aunque en términos legales no hubo modificación que ameritara una EIA¹³.

Debido a que el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental define al cambio de uso del suelo, como una “*modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación*”, se entiende que para considerar a la remoción de la vegetación como un cambio de uso del suelo, es necesario modificar la vocación predominante del predio. Bajo esta interpretación, un desmonte en terreno ganadero puede no ser considerado como cambio de uso del suelo mientras se realice para intensificar la actividad ganadera, o para introducir praderas que potencialmente mejoren el coeficiente de agostadero de los predios. Derivado de esta definición, cualquier actividad no ganadera requiere presentar una EIA si removerá vegetación de un área natural para ampliar o construir infraestructura, pero este no será el caso si se trata de abrir una pradera en zonas que ya de por sí son ganaderas.

De acuerdo a la NOM-020-RECNAT-2001, el procedimiento para la apertura de praderas ganaderas sólo precisa de un aviso de desmonte donde se notifiquen los

¹³ La Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 10 de Diciembre de 2001, contiene los requisitos para obtener el permiso de desmonte por parte de SEMARNAT, a fin de introducir una pradera en terrenos que se tipifican como forestales de pastoreo. La autoridad requiere una descripción de las medidas de protección a especies que se encuentren bajo algún estatus de protección especial, e impone ciertas previsiones para conservar parte de la vegetación original. Estos requisitos no son equivalentes a las medidas que derivarían de una evaluación sistemática del impacto ecológico real.

trabajos de remoción de la vegetación (Párrafo 4.1 de la Norma). A partir de esta notificación los trabajos pueden iniciar. Aunque usualmente la autoridad emite un dictamen, el promovente puede, en términos estrictamente legales, iniciar los trabajos antes de haber recibido este documento (Punto 4.1.4 de la Norma). Gracias a este procedimiento, regularmente no se requieren evaluaciones de impacto ambiental para realizar desmontes que tengan como fin la introducción de praderas. Durante el periodo 1996-2007 por ejemplo, en todo el norte de México sólo se presentaron cinco evaluaciones de impacto ambiental por desmontes y apertura de nuevas praderas, que pretendían habilitarse en igual número de ranchos ganaderos en los estados de Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León¹⁴.

Como legalmente no hay un *cambio de uso del suelo* que regular, el permiso para introducir la pradera, y el trámite para conseguir los subsidios, se facilitan notoriamente. Basta con que el promovente firme una carta-compromiso ante SEMARNAT, donde se obliga a cumplir diversas disposiciones contenidas en la misma Norma para proteger un porcentaje de la cobertura vegetal original. Una vez firmado este documento, la autoridad expide un acuse de recibo para que el productor continúe con el trámite de sus apoyos. Dicho procedimiento impone riesgos en términos de impacto ambiental, pero la NOM-020-RECNAT-2001 no permite mayor margen de maniobra. De acuerdo a los mismos informantes entrevistados, si el funcionario encargado del trámite, solicita un

¹⁴ Estas evaluaciones se encuentran en los archivos de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de SEMARNAT. Pueden solicitarse en la ciudad de México, o en las delegaciones estatales de Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León, con los siguientes números de referencia: 09/MP-3015/08/01; 28/MP-2932/10/03; 28/MP-2363/01/03; 28/MP-6973/07/04; 19/MP-0123/04/05; 28/MP-0162/03/06.

estudio adicional, u otro requisito para otorgar la autorización, incurre en una conducta “oficiosa”, que no tiene sustento legal.

Existen otras ordenanzas legales, como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) que podrían proporcionar elementos jurídicos para la protección de los recursos forestales frente a la ampliación desordenada de pastizales. La LGDFS (Diario Oficial de la federación, 2003b), declara a la protección, conservación y restauración de los ecosistemas forestales como un asunto de utilidad pública, e incluye diversas disposiciones aplicables a la regulación de las actividades pecuarias en zonas con vegetación forestal (Art. 3, Cláusula XII; Art. 130; Art. 163, Cláusula V de la LGDFS). Esta ley proporciona varios mecanismos legales para la preservación de la vegetación forestal, pero se encuentra sujeta a las disposiciones de la LGEEPA en todos los aspectos relativos a la regulación de impactos ambientales (Art. 24, Cláusula XI, Art. 76 LGDFS). Así, su utilidad como instrumento de regulación en materia de conservación forestal, está condicionada por una ley de protección ambiental que es poco efectiva en el caso específico de la apertura y ampliación de praderas.

4. ELEMENTOS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LOS SUBSIDIOS VINCULADOS CON LA APERTURA DE PRADERAS.

Una de las razones que explica las sinergias entre el aparato normativo-institucional de fomento pecuario y el deterioro de la cubierta vegetal, radica en el hecho de considerar a la introducción de pastizales como una medida que siempre mejora los agostaderos. Se asume que el incremento de los rendimientos ganaderos será proporcional al tamaño de las praderas recién introducidas (Ibarra-Flores *et al.* 2005, 178), y que esto permitirá reducir la presión de pastoreo en las áreas no transformadas.

Este supuesto no toma en cuenta el impacto ecológico de sustituir la vegetación nativa por pastizales de especies exóticas, y tampoco puede sostenerse si se consideran los pobres rendimientos forrajeros de muchas praderas. En el estado de Sonora, por ejemplo, sólo puede hablarse de praderas exitosas de zacate buffel en menos del 20 % de los desmontes, y aún en estos casos, el 75 % de las praderas presenta valores de productividad forrajera que no pueden considerarse satisfactorios (Castellanos *et al.* 2002, 102). También se han documentado fracasos significativos en Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas (Gomez *et al.* 2007,2), y en Sonora es frecuente que las praderas introducidas sean menos productivas que la vegetación removida (Franklin *et al.* op cit, 62).

Paradójicamente, los fracasos también se subsidian. En Sonora por ejemplo, durante el periodo 1996-2006, ALCAMPO asignó recursos para rehabilitar más de 93,453 hectáreas de praderas de zacate buffel que se habían deteriorado, o que nunca fueron productivas. La rehabilitación implicó nuevos desmontes y trabajos de preparación de la tierra, que pueden ser costosos dependiendo de las condiciones físicas del sitio a rehabilitar. Tanto a nivel estatal como en el municipio de La Colorada, estos trabajos demandaron más de la cuarta parte de los recursos invertidos por el programa durante el periodo 1997-2006 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Destino de los recursos invertidos en la habilitación de praderas por el programa ALCAMPO en Sonora y en el Municipio de La Colorada (1997-2006).

Destino geográfico del recurso	Total ejercido en praderas (Pesos)	Apertura de nuevas praderas (Pesos)	Rehabilitación de praderas improductivas (Pesos)
Municipio de La Colorada	12,287,949.4 (100 %)	8,937,374.33 (72.73 %)	3,350,575.08 (27.26 %)
Estado de Sonora	105,295,959.0 (100 %)	70,345,880.0 (66.81 %)	34,950,079.1 (33.19 %)

Fuente: Elaboración propia mediante la sumatoria de los montos anuales proporcionados por el Distrito de Desarrollo Rural 145 (SAGARPA Delegación Sonora), y la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. Valores deflactados tomando al año 2002 como referencia.

Al año 2008, ALCAMPO y PROGAN se reacomodaron en programas agropecuarios de mayor alcance, pero hay razones que permiten suponer la continuidad de los mismos impactos ambientales. Destacan las omisiones legales que favorecen el desmonte de pequeños predios sin ninguna regulación, y que no tipifican al desmonte para apertura de praderas como un *cambio de uso del suelo*. Estas omisiones se agravan por la persistencia de una óptica marcadamente sectorial, que tiende a sub-valorar la importancia ecológica de la vegetación nativa, y a sobre-valorar los aspectos positivos de la introducción de pastizales.

Son cuestiones que deben resolverse. En materia de legislación ambiental por ejemplo, la definición de *cambio de uso del suelo* provista por el Reglamento actual de Impacto Ambiental, debe enriquecerse con elementos que ponderen los impactos ecológicos de la introducción de pastizales, particularmente cuando estos no sean

nativos. En este sentido, es conveniente que el concepto de *cambio de uso del suelo*, incorpore un significado legal más amplio que la sola “*modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos*”, pues la introducción de pastos exóticos, modifica los procesos ecológicos; aunque la *vocación* original permanezca.

Se ha indicado el riesgo ambiental que deriva de aplicar la NOM-020-RECNAT-2001, durante la gestión de permisos para la apertura de praderas. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es más apropiada para prevenir afectaciones al medio físico, pero está limitada legalmente para evaluar desmontes pequeños y dispersos, como los que pueden resultar después de “atomizar” los subsidios entre muchos productores individuales. Dichas limitaciones podrían resolverse, mediante adecuaciones a la LGEEPA y a su Reglamento de Impacto Ambiental, que obliguen la evaluación integrada, a través de estudios regionales, de los impactos potenciales de cambios de uso del suelo que no parecen significativos de manera individual. Si bien estos efectos pueden parecer despreciables, una evaluación de los impactos conjuntos permitiría identificar repercusiones ambientales que no son evidentes en las evaluaciones individuales.

En términos operativos, estas evaluaciones podrían realizarse, si las dependencias gubernamentales encargadas del fomento pecuario, canalizan una fracción de los recursos etiquetados para la introducción de pastizales, a la evaluación del impacto regional de la política de apertura de praderas. Estas evaluaciones podrían contratarse con instituciones académicas o centros de investigación, y tendrían como objetivo la identificación de los impactos conjuntos, ambientales y sociales, de las praderas a subsidiar. También identificarían los sitios restringidos a la introducción de

pastizales, las alternativas productivas con menos impacto ambiental, y los parámetros a observar para otorgar nuevos apoyos.

A nivel mundial, ya se han desarrollado instrumentos de evaluación de impactos ambientales, que permiten evaluar el desempeño ambiental regional, de obras y acciones de política pública que inciden en el territorio. Uno de los instrumentos más novedosos es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), figura de evaluación ambiental alternativa a la EIA (Oñate *et al.*, 2002), que permite superar las restricciones de la evaluación de impacto ambiental en proyectos individuales (Gómez-Orea 2003, 224). La EAE fue desarrollada en la década de los noventa en Europa, y permite anticipar o prevenir las consecuencias ambientales de un determinado esquema de fomento de actividades humanas, incorporando la medición de los impactos acumulativos y sinérgicos de proyectos dispersos geográficamente, pero asociados entre sí a la misma política de desarrollo.

Precisamente por la escala de análisis, la EAE permitiría reformular las acciones de política rural, en un nivel mucho más estratégico que en el nivel de proyecto individual. En una EIA convencional se establecerían medidas de mitigación a cada pradera por separado, pero en una EAE, se definirían criterios de carácter ambiental, que permitirían replantear el esquema regional de fomento pecuario. Sobre todo los componentes vinculados con el desmonte e introducción de praderas, pero también aquellos que dificultan la sustentabilidad de la ganadería.

En México hay estados como Baja California que ya contemplan este instrumento de evaluación en su ley ambiental, y a nivel mundial ya se ha estudiado su efectividad para identificar medidas correctoras frente a políticas de creación de

infraestructura, de explotación pesquera, y de desarrollo agropecuario (Arce y Gullón 2000; Thompson *et al.* 1995; Tzivilakis *et al.* 1999; Miradi *et al.* 2007). Por ejemplo, si la ganadería en Sonora se hubiera sometido a una EAE, los resultados en materia de deterioro ecológico probablemente serían muy distintos, pues se habrían analizado escenarios regionales con los pastizales introducidos y sin ellos.

Los resultados generados en estudios de este tipo, permitirían redirigir los esfuerzos gubernamentales, a las acciones de equipamiento productivo con menor impacto ambiental. Para facilitar este proceso, podrían incorporarse en los Programas de Desarrollo Rural elaborados por los Consejos Estatales para el Desarrollo Rural Sustentable (CEDRS), pues de acuerdo a los principios de federalización provistos por la Ley de Desarrollo Rural Sustentable -Ley Federal que establece los procedimientos para la planeación y gestión del desarrollo rural-, ahí se definen los rubros de apoyo sectorial que deben priorizarse en cada entidad federativa, y en cada Distrito de Desarrollo Rural (Arts. 25 y 26, LDRS).

La inclusión de estos criterios durante la elaboración de estrategias regionales de desarrollo rural, podría mejorar el desempeño ambiental de los subsidios pecuarios. Sin embargo, no revertiría las demandas del mercado que propician el modelo prevaleciente de producción pecuaria. Por la misma razón, es conveniente que en los Programas de Desarrollo Rural se fomenten estrategias de reconversión productiva, orientadas a la promoción de modelos agrosilvopastoriles de manejo ganadero, que revaloren la biodiversidad, y que diversifiquen las actividades rurales hacia usos vinculados con la conservación de ecosistemas. Dichas estrategias, consensuadas en conjunto por productores, instancias gubernamentales, y especialistas en el área; facilitarían – a la par

de la evaluación ambiental de los subsidios- la implementación de sistemas de producción con menos impactos sobre el paisaje (Mansvelt *et al.* 1998, 209), y con prometedores márgenes de rentabilidad dado el prestigio de los productos “orgánicos”, en ciertos mercados del primer mundo (Håring 2003, 89).

La participación de los Consejos para el Desarrollo Rural puede ser determinante en este proceso. Se trata de figuras abiertas a la participación del sector productivo, las Secretarías y dependencias que inciden en el medio rural, e instituciones académicas (Arts. 24, 21 y 17, LDRS). Además, están facultados legalmente para definir las prioridades regionales de desarrollo rural (Art. 26, LDRS). Dicha atribución, y su heterogeneidad de enfoques para entender el tema del desarrollo rural, les convierte en la figura idónea para consensuar y proponer esquemas regionales de fomento pecuario más sustentables, acordes a la diversidad biológica y a las condiciones socioeconómicas de cada región del país.

Los subsidios al sector primario son muy importantes para nuestros productores pecuarios. Sin embargo, la conservación de ecosistemas no se consolidará si continuamos con las ópticas sectoriales tradicionales, que han originado elevados costos ambientales, y que han distinguido por décadas a la planeación de la actividad pecuaria.

5. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen el apoyo de CONACYT mediante el financiamiento del proyecto de investigación (CB06-61865) y la beca doctoral otorgada al primer autor.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Arce, Rosa y Natalia Gullón. 2000. The application of Strategic Environmental Assessment to sustainability assessment of infrastructure development. *Environmental Impact Assessment Review* 20 (3):393-402.

Brañes, Raúl. 2000. *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*. México. Fondo de Cultura Económica.

Burquez, Alberto y Angelina Martínez.1997. Conservation and Landscape transformation in Sonora Mexico. *Journal of the southwest*. (39):372-398.

Burquez, Alberto y Angelina Martínez. 2006. Conservación, transformación del paisaje y biodiversidad en el noroeste de México. En: *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica*, compilado por Víctor Manuel Toledo, Ken Oyama, Alicia Castillo, 85-110. México D.F. Siglo XXI.

Camou-Healy, Ernesto.1998. *De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos. Los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional*, Zamora: El Colegio de Michoacán-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C.

Camou-Healy, Ernesto y Emma Pérez. 1986. *Una Modernización Tardía. Los ejidatarios de la Región Centro-Oriente de Sonora*. Cuaderno de Trabajo Número 4. Hermosillo. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Castellanos, Alejandro; Yanes, Gertrudis y Diego Valdez. 2002. Drought tolerant exotic buffel-grass and desertification. En: *Weeds across borders*, compilado por Barbara Tellman. 99-112. Tucson. Arizona-Sonora Desert Museum.

Cordera, Rolando y Lomeli Leonardo. 2005. *La Política Social Moderna: Evolución y Perspectivas: resumen ejecutivo y consideraciones finales*. México D.F. Serie Cuadernos de Desarrollo Humano. Secretaría de Desarrollo Social-Gobierno de la República.

Denzin, Norman. 2000. Un punto de vista interpretativo. En: *Por los Rincones: Antología de Métodos Cualitativos en la Investigación Social*, compilado por Catalina Denman y Jesús Armando Haro. 147-205. El Colegio de Sonora.

Diario Oficial de la Federación. 1971. Ley de Reforma Agraria. 16 de Abril.

Diario Oficial de la Federación. 1994. Decreto que regula el Programa de Apoyos Directos al Campo denominado "PROCAMPO", 25 de Julio.

Diario Oficial de la Federación. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental. 30 de Mayo.

Diario Oficial de la Federación. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001, que establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo. 10 de Diciembre.

Diario Oficial de la Federación. 2003a. Decreto de creación del Programa de Estímulos a la Actividad Ganadera (PROGAN). 17 de Junio.

Diario Oficial de la Federación. 2003b. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 25 de Febrero.

Diario Oficial de la Federación. 2007. Reglas de Operación de los Programas de la SAGARPA. 31 de Diciembre.

Fernández, Luis y María Tarrío. 1987. Ganadería y Crisis Agroalimentaria. *Revista Mexicana de Sociología*. (2): 51-95.

Fontana, Andrea y Frey James. 2000. The interview, from structured questions to negotiated text. En *Handbook of qualitative research*, compilado por: Denzin, Norman y Lincoln Yvonna. 645-672. Chicago: Sage Publications, University of Chicago Press.

Franklin, Kim; Kelly, Lyons; Nagler, Pamela; Derrick, Lampkin; Edward, Glenn; Molina, Francisco; Markow, Therese y Alfredo R. Huete. 2005. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation*. 127:62-67.

García-Dessommes, Guillermo; Ramírez, Roque; Foroughbakhe, Rahim; Morales, Rocío y Graciela García. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apométicas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Técnica Pecuaria en México* (41): 209-218.

Geist, Helmut y Eric Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* (52):143-150.

Gordillo, Gustavo. 1988. *Campesinos al asalto del Cielo: una reforma agraria con autonomía*. Siglo XXI Edits.

Gomez, Eduardo; Díaz, Heriberto; Saldívar, Abelardo; Briones, Florencio; Vargas, Virginia y William E. Grant. 2007. Patrón de crecimiento de pasto buffel [*Pennisetum ciliare* Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en Tamaulipas, México. *Técnica pecuaria en México* 45(1):1-17.

Gómez-Orea, Domingo. 2003. *Evaluación de Impacto Ambiental: un Instrumento Preventivo para la Gestión Ambiental*. Madrid, Mundiprensa.

Häring, Anna. 2003. Organic dairy farms in the EU: Production systems, economics and future development. *Livestock production science* (80): 89-97.

Ibarra-Flores, Fernando; Cox, Jerry; Martín, Martha; Crowl, Todd; Norton, Brien; Banner, Roger y Raymond W. Miller. 1999. Soil physicochemical changes following buffelgrass establishment in Mexico. *Arid Soil Research and Rehabilitation* (13): 39-52.

Ibarra-Flores, Fernando; Martín, Marta y Felipe Ramírez. 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Técnica Pecuaria en México* (42):1-16.

Ibarra-Flores, Fernando; Moreno, Salomón; Martín, Martha; Denogean, Francisco y Luis Gerlach. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Técnica pecuaria en México* (43): 173-183.

INE. 2000. *La evaluación del impacto ambiental, logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. Instituto Nacional de Ecología-Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental.

Kepfeis, Peter y Colin Vance. 2003. Neoliberal policy and deforestation in southeastern Mexico: An assessment of the PROCAMPO Program. *Economic Geography* (79): 221-240.

Lambin, Eric F; Turner, B.; Geist, Helmut; Agbola, Samuel; Angelsen, Arild; Bruce, John; Coomes, Oliver; Dirzo, Rodolfo; Fischer, Günther; Folke, Carl; George, P. S; Homewood, Katherine; Imbernon, Jacques; Leemans, Rik; Li, Xiubin; Moran, Emilio; Mortimore, Michael; Ramakrishnan, P. S; Richards, John; Skånes, Helle; Steffen, Will; Stone, Glenn; Svedin, Uno; Veldkamp, Tom; Vogel Coleen and Jianchu Xu. 2002. The

causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* (11): 261-269.

Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. 2 de Febrero de 2007.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. 19 de Junio de 2007.

López-Reyes, Migdelina. 2001. Degradación de Suelos en Sonora. El problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y Sociedad* XIII(22): 73-97.

Luers, Amy; Rosamond, Naylor y Pamela A. Matson. 2006. A Case Study of land reform and coastal transformation in Southern Sonora, Mexico. *Journal of Land Use Policy* (23): 436-447.

Mansvelt, J.D., Stobbelaar D. y K. Hendriks. 1998. Comparison of landscape features in organic and conventional farming systems. *Landscape and Urban Planning* (41): 209-227.

Mas, Francois y Henri Puig. 2001. Modalités de la déforestation dans le Sud-Ouest de l'état du Campeche, Mexique. *Canadian Journal of Forest Research / Journal Canadien de Recherche forestière* (31):1280-1288.

Mas, Francois; Velásquez, Alejandro; Díaz, José; Mayorga, Rafael; Alcántara, Camilo; Bocco, Gerardo; Castro, Rutilio; Fernández, Tania y Azucena Pérez. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (5): 249-261.

Martín-Rivera, Martha; Cox, Jerry y Fernando Ibarra. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonora Desert. *Journal of Range Management* 48 (1): 60-63.

Merino, Leticia. 2004. *Conservación o deterioro. El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en los usos de los bosques en México*. SEMARNAT-INE-CCMSS.

Mirady, Sebastiani; Moreno, Meimalin; Soto, Alejandra; Aguirre, Ernesto; Camacho, Luis; Medina Radharani; Yranzo, Ana y Alejandra Zamora. 2007. Propuesta para la evaluación ambiental estratégica de zonas especiales de desarrollo sustentable (zedes). Cuenca del río Unare, estados Anzoátegui y Guárico-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 48 (1):33-58.

Morán, José y Hugo Galleti .2002. *Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México*. México D. F.: Centro Mexicano de Derecho Ambiental-Programa de Comercio y Medio Ambiente.

Munroe, Darla; Southworth, Jane y Tucker Catherine. 2002. The dynamics of land-cover change in western Honduras: exploring spatial and temporal complexity. *Agricultural economics* (27): 355-369.

Oñate, Juan; Pereira, David; Suárez, Francisco; Rodríguez, Juan y Javier Cachón. 2002. *Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de políticas, planes y programas*, Madrid. Mundi-Prensa.

Palacios-Solano, Isaac.1996. *América Latina: el estigma del petróleo*. Instituto de Investigaciones Económicas UNAM-Ediciones El caballito.

Pérez-López, Emma y Cañez Gloria. 2003. Ganadería en el desierto: estrategias de sobrevivencia entre los ejidatarios de la costa de Hermosillo, Sonora, México. *América Latina en la Historia Económica* 20:113-127.

Perramond, Eric. 2000. A Preliminary Analysis of Soil Erosion and Buffelgrass in Sonora, Mexico. *Yearbook, Conference of Latin Americanist Geographers* (26): 131-138.

Reyes-Hernández, Humberto; Cortina, Sergio; Perales, Hugo; Kauffer, Edith y Juan Pat. 2003. Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el periodo 1990-2000 en la Región de Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas* (51): 88-106.

Rutsch Mechthild. 1984. *La ganadería capitalista en México*. México D.F.: Centro de Investigación para la Integración Social-Editorial Línea.

SAGARPA. 2002. *Diagnóstico de los agostaderos del estado de Sonora*. Coordinación General de Ganadería-Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero.

SAGARPA-FAO.2006a. *Informe de Evaluación Nacional, Programa de Fomento Ganadero 2005*. México D.F. SAGARPA. Disponible en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/info/programas/evaluacion/Archivos/APC/2005%20Fomento%20Ganadero.pdf> (Consultado el 5 de Mayo de 2009).

SAGARPA-FAO. 2006b. *Evaluación alianza para el campo 2005. Informe de Evaluación Nacional General*, México D. F. SAGARPA. Disponible en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/info/programas/evaluacion/Archivos/APC/2005%20Informe%20General.pdf> (Consultado el 5 de Mayo de 2008).

SAGARPA. 2009. Padrón de Beneficiarios del Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (2003-2007). Disponible en:

http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/progan/padron/son_progan.pdf (Consultado el 5 de Mayo de 2009).

Salazar-Conde, Erika; Zavala, Joel; Castillo, Ofelia y Rafael Cámara. 2004. Evaluación espacial y temporal de la vegetación de Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003). *Investigaciones Geográficas* (54): 7-23.

Saucedo, Esther; García, Edmundo; Castellanos, Alejandro y José Flores. 1997. La riqueza, una variable de respuesta de la vegetación a la introducción de zacate buffel. *Agrociencia* (31):83-90.

Thompson, S.; Treweek, J. y D. Thurling. 1995. The potential application of strategic environmental assessment (SEA) to the farming of Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) in mainland Scotland. *Journal of Environmental Management* 45(3):219-229.

Toledo, Víctor; Ortiz-Espejel, Benjamín; Cortés, Leni; Moguel, Patricia y Ma. de Jesús Ordoñez. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in Mexico: a case of adaptive management. *Conservation Ecology* 7(3): 9.

Toledo, Víctor. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecológica de México. En *Medio Ambiente y Desarrollo en México*, compilado por Enrique Leff. CRIM-UNAM-Grupo Editorial Porrúa. Vol 1: 191-227.

Tzivilivakis, J.; Broom, C.; Lewis, K.; Tucker, C.; Drummond, C. y R. Cook. 1999. A strategic environmental assessment method for agricultural policy in the UK. *Land Use Policy* 16 (4):223-234.

Secretaría de la Presidencia. 1976. *Sexto informe de gobierno. Compendio de Informes Presidenciales 1970-1976*. México D.F.: Dirección General de Documentación e Informe Presidencial.

UACH. 2008. *PROGAN. Informe final de consistencia y resultados*. Chapingo, Mex.: Universidad Autónoma de Chapingo. CONEVAL-SAGARPA.

Vance, Colin y Jackeline Geoghegan. 2002. Temporal and spatial modelling of tropical deforestation: a survival analysis linking satellite and household survey data. *Agricultural economics* (27): 317-332.

Vélazquez, Alejandro; Mas, Jean; Palacio, José Luis; Díaz, José; Mayorga, Rafael; Alcántara, Camilo; Rutilio, Castro y Tania Fernández. 2002a. *Análisis del Cambio de Uso del Suelo en México*. Informe Técnico de Proyecto 312.A.-00215. Convenio INE-IGg (UNAM) 2002.

Velázquez, Alejandro; Mas, Jean; Palacio-Prieto, José y Gerardo Bocco. 2002b. Land cover mapping to obtain a current profile of deforestation in México. *Unasylva* (210): 7-11.

Vélazquez, Alejandro; Mas, Jean; Díaz, José; Rafael, Mayorga; Alcántara, Camilo; Rutilio, Castro; Fernández, Tania; Bocco, Gerardo; Ezeurra, Exequiel y José Luis Palacio-Prieto. 2002c. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* (62): 21-37.

Zepeda, Guillermo. 2000. *Transformación Agraria: los derechos de propiedad en el campo mexicano bajo el nuevo marco institucional*. México D.F.: Centro de Investigación para el Desarrollo A. C.-Editorial Porrúa.

Material Cartográfico:

Matrices de cambio a nivel formación y por estado. Mapoteca virtual de la Dirección General de Investigación y Ordenamiento Ecológico. INE, SEMARNAT.

Iventarios Forestales I,II y III. INEGI-INE-Instituto de Geografía, UNAM.

<http://mapas.ine.gob.mx/temas.html?seleccion=Vegetación>

(Consultado el 5 de Mayo de 2009).

CAPÍTULO IV:
SEQUÍA AGROPECUARIA Y VULNERABILIDAD EN EL
CENTRO ORIENTE DE SONORA. UN CASO DE
ESTUDIO ENFOCADO A LA ACTIVIDAD GANADERA DE
PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE BECERROS.

Este capítulo, escrito en formato de artículo científico, se publicará en la edición 35 (Enero-Junio de 2010) de la Revista Estudios Sociales. Se presenta en el formato solicitado por la revista.

SEQUÍA AGROPECUARIA Y VULNERABILIDAD EN EL CENTRO ORIENTE DE SONORA. UN CASO DE ESTUDIO ENFOCADO A LA ACTIVIDAD GANADERA DE PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE BECERROS.

Luis Carlos Bravo Peña ¹, Alejandro E. Castellanos Villegas ², Olga Shoko Doode Matsumoto ³.

RESUMEN:

Se puede hablar de *sequía agropecuaria* cuando la escasez de precipitaciones afecta el desarrollo fenológico de los cultivos, o las necesidades de las actividades ganaderas. Las repercusiones sociales de este tipo de sequía, dependen de la existencia de prácticas productivas y políticas rurales, que modifican la capacidad de los actores sociales para resistir y adaptarse a un período sin lluvias. En este trabajo se enumeran algunos de los factores que determinan la vulnerabilidad de los productores pecuarios de La Colorada, un municipio localizado en el noroeste árido de México, frente a la sequía. Se identifican sus estrategias de respuesta a este fenómeno, y se discute la correspondencia entre las acciones promovidas por los programas de fomento agropecuario, y las necesidades del sector ganadero local para enfrentar un evento de esta naturaleza.

Palabras clave: sequía agropecuaria, vulnerabilidad, productores pecuarios.

ABSTRACT:

It is possible to speak about agricultural and cattle drought when precipitation shortages affect the development of cultivations and the necessities of cattle activities. The social impacts of this type of drought are related with productive practices and rural policies that modify the social capacity to resist and to adapt to one period without rain. In this work we enumerate some factors that determine the vulnerability of cattle producers from The Colorada, a municipality located in the arid northwest of Mexico, in front of the drought. We identify their strategies to manage this phenomenon, and we also discuss the correspondence among the actions promoted by the programs of agricultural development, and the real necessities of the cattle sector to face an event as the drought.

Keywords: agricultural and cattle drought, vulnerability, cattle producers.

¹ y ³ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Km 0.6 Carretera a la Victoria, Hermosillo Sonora. C.P. 83000 Apdo. Postal 1735. Tel. 01-662-2892400. E-mails: lebravop@prodigy.net.mx, lebravo@estudiantes.ciad.mx, shoko@ciad.mx.

² Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Rosales y Luis Encinas S/N. C.P. 83000. Tel. 01-622-2592169 Ext. 36, Email: acastell@guaymas.uson.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Aunque en los términos más básicos, una sequía se define como un déficit significativo en la disponibilidad de agua, debido a lluvias menores que lo normal (Bravo y Salinas, 2006:3), este evento puede definirse con conceptos más específicos. Así, se puede hablar de *sequía meteorológica*, como una situación caracterizada por la ausencia prolongada de lluvias, en periodos que normalmente serían lluviosos (Núñez *et al.*, 2007:254). Dicha sequía puede convertirse en *sequía hidrológica* cuando se abaten los escurrimientos superficiales, los embalses y los acuíferos (Marcos, 2001:61). También se puede hablar de *sequía agropecuaria*, cuando los fenómenos anteriores afectan el desarrollo fenológico de los cultivos, o las actividades ganaderas.

Todas las sequías se caracterizan por una disminución de la productividad vegetal, pero la sequía agropecuaria se distingue en particular por afectaciones severas en las áreas agrícolas o ganaderas, que dependen exclusivamente de la lluvia.

El evento origina pérdidas considerables cuando concurren condiciones socioeconómicas y físicas que hacen vulnerable a la sociedad (Romero y Maskrey, 1993:3). En tal caso puede hablarse de una convergencia entre los factores *amenaza ambiental* y *vulnerabilidad*, entendiéndose como amenaza ambiental al evento natural que ocasiona a la escasez de agua, y como vulnerabilidad, a la incapacidad de los grupos sociales para adaptarse a esta amenaza ambiental, para resistir, o para reponerse después de que el evento ha ocurrido (Luers *et al.*, 2003:256).

Diferencias en la disponibilidad de recursos económicos, tecnológicos, o de capital social, determinan distintos grados de vulnerabilidad, y originan pérdidas

económicas o productivas de distinta magnitud en función de la capacidad de respuesta de cada uno de los grupos afectados (Alcalá *et al.*, 2003).

Es común que la escasez de agua no se vincule solamente a causas naturales, sino que se asocie con procesos antropogénicos de degradación ambiental. La irrigación de cultivos inapropiados en zonas áridas, o los desmontes para ampliar la frontera agropecuaria; convierten a la ausencia de lluvias, en una *amenaza socio-natural*. Estas amenazas se caracterizan por la manifestación de un fenómeno físico, que se agrava y profundiza por un proceso de degradación ambiental asociado a la intervención humana (Lavell, 2003:22).

La ausencia o retraso de la lluvia constituye un fenómeno recurrente en el estado de Sonora, pero existen diversos factores que propician la vulnerabilidad de los productores agropecuarios frente a la escasez de agua. En el caso de la ganadería del centro del estado, la aplicación de un paquete tecnológico de producción pecuaria incompatible con la variabilidad de la lluvia, y la existencia de diferencias sociales en el acceso a recursos económicos para mitigar la sequía, amplifican los efectos de la escasez de lluvias. En este trabajo discutiremos de qué forma condicionan la vulnerabilidad de los productores pecuarios.

Los elementos que guían nuestra discusión, ejemplifican con un caso de estudio donde la ganadería de exportación de becerros hacia los Estados Unidos, adquirió mucha relevancia desde mediados del siglo XX (Camou, 1998:97). Nos referimos al municipio de La Colorada, que presenta las variantes tecnológicas más representativas de este modelo de ganadería: unidades productivas de pastoreo extensivo, en predios de productores de bajos recursos orientados a la producción de becerros, leche y queso; y

unidades productivas de tipo semi-intensivo e intensivo, en ranchos de productores con gran capacidad económica, orientados exclusivamente a la producción, compraventa y exportación de becerros.

En el escrito, describiremos de qué forma el paquete tecnológico de producción pecuaria, y el esquema de organización productiva de los ganaderos, convierten a la escasez de lluvias en una amenaza socio-natural. También describiremos y discutiremos, las estrategias que implementan los productores en periodos de sequía y las acciones gubernamentales para manejar este evento. Ambos aspectos permiten entender, como se construye la capacidad social de respuesta.

Queremos aportar elementos para mejorar la correspondencia entre las acciones gubernamentales y las necesidades de los productores, pero tomaremos como ejemplo particular, las medidas implementadas durante Octubre del año 2005 y Julio de 2006. Este periodo se caracterizó a nivel estatal por un marcado retraso de las lluvias, el abatimiento del 72 % de los pozos, el 55 % de los repesos para abreviar el ganado, y un severo decremento en la producción de forraje¹.

2. METODOLOGÍA.

Los datos que sustentan nuestro análisis, se obtuvieron mediante trabajo de gabinete y campo. Ambas fases se realizaron de manera paralela, pero para fines de claridad descriptiva, se describen por separado. La fase de gabinete implicó la caracterización de los factores agropecuarios, hidrológicos y climáticos, que convierten al retraso o escasez de lluvias -o *sequía meteorológica*-, en una *sequía agropecuaria*,

¹ Cifras declaradas por el secretario de la Secretaría de Agricultura, Recursos Hidráulicos, Pesca y Alimentación (SAGARHPA), Ing. Alejandro Elias Calles, en la reunión para presentar el Programa Emergente para Enfrentar la Sequía, realizada en la Unión Ganadera Regional de Sonora, el 10 de Marzo de 2006.

En la fase de gabinete también caracterizamos a los distintos productores pecuarios del municipio, siguiendo el esquema propuesto por Camou (1998, 232-238), conforme al tamaño de los hatos ganaderos, la tenencia de la tierra y la orientación productiva. Esta caracterización sería la base posterior para entender las capacidades de respuesta de los distintos productores pecuarios, y para redirigir continuamente el trabajo de campo. Durante la fase de gabinete también se analizaron las medidas gubernamentales y las partidas presupuestales para mitigar los efectos de la sequía durante los años 2005-2006. La fase de gabinete requirió integrar datos obtenidos en campo, pero también consultas bibliográficas y estadísticas, en documentos con información sobre el municipio.

La fase de campo implicó el levantamiento de datos para caracterizar a los distintos productores pecuarios, y la identificación de las estrategias implementadas por estos productores en periodos de escasez de lluvias. Durante esta fase utilizamos técnicas de investigación etnográfica como la entrevista semi-estructurada (Fontana y Frey 2000: 652-657) y entrevista informal (Uña-Juárez *et al.*, 2004:456) entre actores importantes al tema de investigación (Dirigentes ejidales, representantes de organizaciones ganaderas, productores pecuarios, funcionarios de gobierno, ejecutivos de las instituciones de crédito). En las consultas nos auxiliamos de imágenes satelitales LANDSAT y MODIS impresas en papel, que fueron mostradas a los productores y funcionarios, para corroborar los vínculos entre cambios del paisaje, carga ganadera y la modificación o sobrepastoreo de los agostaderos.

La investigación etnográfica inició con entrevistas informales en numerosos recorridos de campo. En los recorridos identificamos, mediante la técnica de bola de

nieve (Pulido *et al.*, 2007:79), a 42 informantes relevantes para el estudio, que fueron entrevistados a mayor profundidad bajo un formato de entrevista semi-estructurada. En las entrevistas se hizo énfasis en aspectos como: medidas implementadas frente a la sequía, rendimientos ganaderos y disponibilidad de recursos económicos, modalidades tecnológicas de la producción pecuaria, tenencia de la tierra, correspondencia entre las acciones de gobierno y las necesidades de los productores pecuarios, patrones de uso del terreno y degradación del suelo.

A partir de esta serie de entrevistas, elegimos a 2 funcionarios del sector gubernamental, y a 6 productores pecuarios, que destacaron por su gran conocimiento de la problemática de la ganadería, su arraigo en la actividad (hasta cincuenta años de dedicación ininterrumpida), y su prestigio social frente a otros productores. Estos 8 informantes fueron consultados nuevamente en múltiples visitas de campo, para aclarar aspectos del trabajo de gabinete que no estaban suficientemente claros, o para corroborar nuevos hallazgos.

La información obtenida mediante trabajo de gabinete y campo, se contrastó y trianguló continuamente; siguiendo los criterios propuestos por Denzin (2000: 193-194) y Flick (2004:78), para incorporar objetividad en las investigaciones sociales de tipo cualitativo. Los datos se recogieron entre Octubre de 2006 y Junio de 2009.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

3.1. Caracterización de la Amenaza Socio-Natural.

3.1.1. Características físicas e hidrológicas del Municipio.

El municipio de La Colorada se localiza entre los 28° 26' y 29° 00' de latitud Norte y los 110° 55' y 109° 54' de longitud Oeste, en el centro del estado de Sonora, al

norte de México (Figura 1). Posee una superficie de 3762.6 km², ubicada en la ecotonía del desierto sonorense, el matorral subtropical, y el límite norte de la selva baja caducifolia (INEGI, 2000).

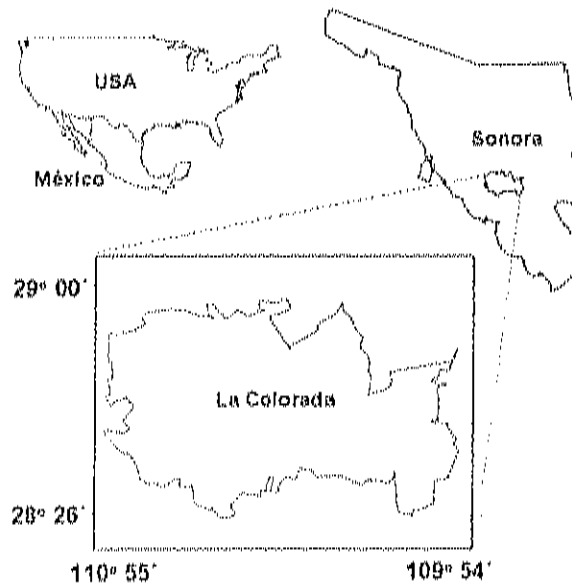


Figura 1. Localización del municipio de La Colorada, en el centro de Sonora.

(Fuente: Elaboración propia)

La Colorada presenta, al igual que buena parte del norte del país, grandes variaciones interanuales de precipitación (Figura 2), con valores máximos que rara vez rebasan los 550 mm (CONAGUA, 2007). La lluvia se distribuye en dos periodos bien diferenciados a lo largo del año (CONABIO, 1998). El primero ocurre durante los meses de Julio a Septiembre, y contribuye con el 70 % de la precipitación total, mientras que el segundo, conocido como "*Las equipatas*", contribuye con el 30 % restante durante los meses de Noviembre a Enero (CONAGUA, 2007a). El periodo de "*Las equipatas*" es muy importante para los ganaderos, pues antecede a un periodo muy seco conocido como "*La temporada*", que implica la virtual ausencia de lluvias durante los meses de Abril a Junio. La productividad de los agostaderos suele ser muy baja durante "*La*

temporada”, pero si “Las equipatas” fueron escasas, la productividad se reduce todavía más.

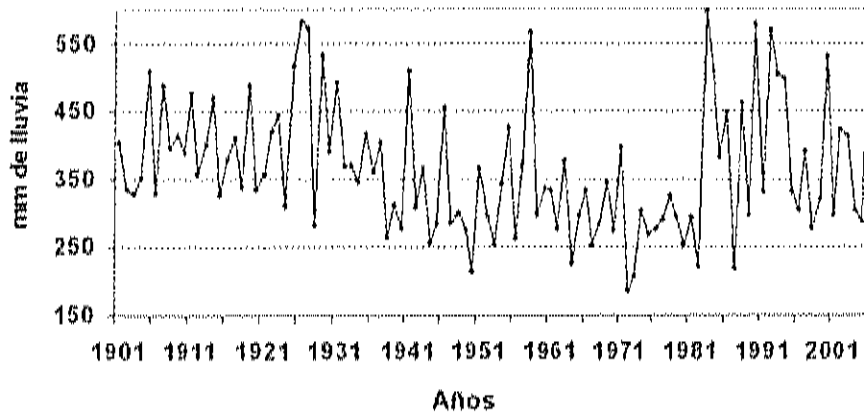


Figura 2. Patrón histórico de la precipitación pluvial en la zona (Estación pluviométrica de la Cd. de Hermosillo, a 45 km del municipio de La Colorada).

Fuente: Elaboración propia con las estadísticas históricas de la Comisión Nacional del Agua y los datos aportados por Méndez (2008).

A excepción del Río Mátape, un escurrimiento de muy bajo caudal que corre de manera relativamente permanente, La Colorada sólo cuenta con arroyos intermitentes durante los meses de mayor precipitación pluvial.

3.1.2. Coeficientes de agostadero y sobre-carga animal.

El 83 % (3160 km²) de la superficie municipal se utiliza como agostadero, pero los coeficientes de agostadero varían en correspondencia con los niveles de precipitación. Hacia el este del municipio las precipitaciones son más abundantes (hasta 550 mm anuales), y se recomiendan densidades de pastoreo inferiores a un animal adulto por cada 16 hectáreas de agostadero. Hacia el oeste predominan condiciones de mayor aridez (300 mm de precipitación anual), y se sugiere un máximo de un animal adulto por cada 30 hectáreas (COTECOCA, 1974).

Las densidades sugeridas son rebasadas por el hato ganadero, con valores que alcanzan un animal por cada 9 o 10 hectáreas en promedio (SAGARPA, 2002:33). La sobrecarga se vincula con el incremento estatal del hato durante los últimos 50 años (Tabla 1), y es incompatible con la productividad natural de los ecosistemas áridos del centro de Sonora.

Tabla 1. Comportamiento histórico estatal y local del hato ganadero.

Año	Cabezas 1950	Cabezas 1970	Cabezas 1980	Cabezas 2000	Cabezas 2005
La Colorada	15,408	39,726	36,942	38,716	43,359
Sonora	788,762	1,415,930	1,274,651	1,428,540	1,486,798

Fuentes: Elaboración propia con datos tomados de Camou y Pérez, 1986, y los Censos Estatales Ganaderos 2000 y 2005, proporcionados por la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora.

Casi el 75 % de la superficie municipal, corresponde a propietarios privados, mientras que sólo el 11.6 por ciento corresponde a propietarios del sector social².

3.1.3. El perfil racial del ganado.

Además de la sobrecarga de ganado, desde hace varias décadas se ha impulsado desde la esfera gubernamental, la sustitución del ganado criollo introducido por los españoles –ganado “corriente” en la jerga local-, por animales de raza europea (Hereford, Charolais, Angus, etc.), más demandados en el mercado de becerros (Camou y Pérez, 1988:29). Estas razas, conocidas localmente como ganado “fino”, alcanzan mejores precios por su elevado rendimiento en carne, pero no están adaptadas a la aridez de la zona (Camou, 1994:189).

² Superficies estimadas directamente, a partir del mapa de tenencia de la tierra en formato digital proporcionado por el Instituto Catastral y Registral del Gobierno del Estado de Sonora (ICRESON), en el año 2006.

A diferencia del ganado criollo, el ganado “fino” no puede caminar grandes distancias en busca de alimento, no suele aprovechar el follaje de la vegetación de zonas áridas como fuente de forraje, y adelgaza con facilidad si el agostadero es improductivo. No obstante estas desventajas, el ganado de raza europea representa una tercera parte del total municipal (Subsecretaría de Fomento Ganadero, 2007).

3.1.4. Desmonte de vegetación natural e introducción de zacate buffel.

La introducción de ganado “fino” se acompañó de la apertura de praderas de zacate buffel (*Penissetum ciliare*), un pasto africano que facilita la engorda rápida del ganado cuando las condiciones de precipitación son ideales, pero que reduce notablemente su productividad y valor alimenticio cuando la lluvia es escasa (Martín *et al.*, 1995; García-Dessommes *et al.*, 2003:210), por debajo de forrajes que sí son nativos del norte del país (Ramírez *et al.*, 2001:319). El zacate buffel crece muy rápidamente cuando hay lluvia, pero favorece la disminución más rápida de la humedad del suelo, y dependiendo de la extensión de las praderas, la pérdida de agua en una escala regional (Castellanos *et al.*, 2002: 106-107).

Distintos programas gubernamentales han subsidiado la apertura de praderas de zacate buffel en el norte de México (García-Dessomes *et al.*, 2003: 210). En el centro de Sonora, donde el 80 % de las praderas introducidas presenta una productividad muy baja (Castellanos *et al.*, 2002: 102), la remoción de la vegetación ha propiciado la pérdida de hasta el 90 % de las especies en los predios desmontados (Saucedo *et al.*, 1997:83), el incremento de la erosión en los años inmediatos al desmonte (Perramond, 2000:135), y la pérdida de nutrientes edáficos como el carbono y nitrógeno (Ibarra-Flores *et*

al.,1999:45; Castellanos *et al.*, 2002:105-107), esenciales para mantener la cobertura vegetal, e indirectamente, el ciclo hidrológico.

En La Colorada, los desmontes con recursos gubernamentales acumularon 74,963 Has al año 2006 (19.9 por ciento del área municipal) ³. Las otras superficies ganaderas del municipio, no utilizadas como agostadero natural o como pradera de buffel, se utilizan en el cultivo de forrajes. Se trata de 2348 hectáreas (INEGI, 2006:547), que también dependen de la abundancia de lluvias. Un 60 % se clasifica como área de temporal, y un 40 % se irriga con agua subterránea.

3.1.5. Infraestructura ganadera para la extracción o acopio de agua.

En La Colorada hay 180 pequeños represas o embalses de agua superficiales, ubicados generalmente en el cauce de los arroyos, y que se utilizan para abreviar el ganado. De estos 180 represas, 147 corresponden a propietarios privados, y el resto se ubica en terrenos ejidales (SAGARHPA-CIAD, 2006:30). La mayoría de estos represas sólo cuentan con agua durante algunos meses, después de las últimas lluvias. En particular, los represas ejidales están deteriorados y requieren mantenimiento.

Según la Comisión Nacional del Agua, existen también 150 pozos de uso pecuario (CONAGUA, 2007b), pero algunos se secan o “arrastran” al final de la temporada de “secas”. El agua extraída también se utiliza en la agricultura de forrajes, y por lo menos en uno de los ranchos más prósperos del municipio, para irrigar las praderas de zacate buffel. En el área oeste del municipio, la CONAGUA ha decretado una zona de veda para asegurar el abastecimiento de la ciudad de Hermosillo, y no es

³ Cifras proporcionadas en la Subdirección Estatal de Restauración de Suelos, en la delegación Sonora de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en Marzo de 2008.

posible extraer agua para las actividades agropecuarias. La zona más árida del municipio de La Colorada, se encuentra dentro de esta área de veda.

3.2. Caracterización de la Capacidad de Respuesta frente a la Sequía.

3.2.1. Caracterización y diferencias sociales entre productores pecuarios.

En La Colorada existen 534 productores pecuarios (Subsecretaría de Fomento Ganadero, 2007), pero estos pueden subdividirse en cuatro estratos de acuerdo al esquema propuesto por Camou (1998, 232-238), tomando como base la tenencia de la tierra y el tamaño del hato (Información censal), la tecnificación y orientación productiva, y el acceso a recursos económicos para la actividad (Información de gabinete, recorridos de campo y entrevistas).

En el estrato con menor solvencia económica se ubican 373 productores -- denominados *poquiteros*-- que no poseen más de 30 vientres. Estos productores, fundamentalmente del sector social, se caracterizan por condiciones de producción muy rústicas, poseen agostaderos de mala calidad, y sus prácticas se orientan a la producción de leche y queso, actividades complementarias que permiten subsistir mientras se realiza la venta de los becerros.

En segundo lugar se encuentran los productores de *tipo medio bajo*, con hatos que oscilan entre 31 y 60 vientres. Se trata de 89 productores que realizan una ganadería multipropósito, complementando la producción de leche y queso con la venta de becerros. Se encuentran en ventaja respecto al estrato anterior, por que en ciertos casos pueden tener acceso a créditos especiales para realizar mejoras al "rancho" o para adquirir insumos. Estas unidades se integran por productores privados, pero también por

productores ejidales con cierta solvencia económica, agrupados en sectores de trabajo ejidal, para administrar conjuntamente los hatos.

En tercer lugar se ubican los productores de *tipo medio alto*, con hatos que oscilan entre 61 y 100 vientres. Este estrato de productores (20 en total) también produce leche y queso, pero se enfoca más bien en la producción y venta de becerros, distinguiéndose de los estratos anteriores, porque a veces requiere contratar mano de obra externa (vaqueros) para las labores del rancho. En cuarto lugar, se ubican 52 productores netamente *empresariales*, con hatos que van desde 100 hasta 1500 vacas (el 50 % de estos poseen 200 vacas o más, y dos de estos productores poseen cada uno, más de 1500 vientres). Los productores de este estrato se enfocan fundamentalmente en la producción, engorda, y en algunos casos, la compra-venta de becerros para exportación.

Los productores de los 2 estratos superiores, suelen contar con agostaderos de mejor calidad. En particular los *productores empresariales* que poseen más de 200 reses --todos del sector privado--, trabajan con estándares elevados de organización y equipamiento ganadero. Contratan mano de obra (vaqueros), tienen corrales equipados, praderas con muy buena cobertura vegetal, y reciben asistencia veterinaria de manera regular.

Los 4 estratos de productores se articulan entre sí para la exportación de becerros. Los productores empresariales que exportan directamente, compran becerros a los productores enfocados en la cría, los engordan en sus agostaderos por un tiempo, y los revenden en la frontera a un precio mucho mayor. También hay productores empresariales que no exportan directamente, pero que si compran becerros, y luego revenden a los exportadores locales.

Este esquema de compraventa de animales, distintivo de la ganadería sonoreense de exportación de becerros (Camou, 1987:31), facilita que los productores empresariales enfocados a la exportación o reventa, se apropien del valor producido por los productores de los estratos más bajos (Hernández y Ulloa, 2000:9), quienes sólo se enfocan en la cría. La cría representa la fase más riesgosa del proceso, pero el precio pagado a los criadores, regularmente no rebasa el 50 % del valor que alcanzan los becerros, cuando se revenden en la frontera (Pérez, 1993:228; Corrales, 2009:16).

3.2.2. Estrategias de los productores para enfrentar la sequía.

Todos los productores sufrieron el abatimiento de pozos, represos, y la pérdida de productividad forrajera durante la sequía del periodo 2005-2006; pero los productores de los dos estratos más bajos experimentaron pérdidas significativas. Los porcentajes de parición de sus vacas adultas – usualmente en el orden del 50 %- se redujeron hasta el 40 % o menos, y en algunos casos, ubicados principalmente entre poquiteros, hubo productores que perdieron hasta la mitad de sus reses.

Los productores de los dos estratos más elevados sufrieron pérdidas menos severas, pero los productores con mayor solvencia económica produjeron con los parámetros de productividad de un año normal (mortalidades en el orden del 2 %, porcentajes de parición superiores al 70 %), aunque a un costo de producción más elevado. Exceptuando las elevadas mortalidades, estas repercusiones de la sequía son comunes durante otros años y temporadas secas. Las estrategias que implementan los productores, y los elementos que definen la capacidad de cada estrato para enfrentar la escasez de lluvias, se identifican a continuación:

3.2.3. Estrategia 1: Proporcionar suplementos alimenticios al ganado.

Los productores de La Colorada mantienen cargas animales acordes a la productividad forrajera de las temporadas y años lluviosos. Esta práctica implica problemas por escasez de forraje en años y temporadas secas. Para mantener la condición corporal de sus animales, los productores suministran ensilajes y suplementos alimenticios que substituyen al forraje natural.

La alimentación con suplementos constituye una opción bastante extendida a nivel local. Se trata de una medida costosa, que sólo puede implementarse con relativa facilidad por los productores privados del estrato empresarial. La estrategia se vuelve menos accesible conforme los márgenes de utilidad se reducen, y esto es particularmente evidente en los dos estratos más bajos.

De acuerdo a nuestros hallazgos de campo, estos dos estratos sólo suministran raciones de complemento al forrajeo de la vegetación natural, y en el caso específico de los poquileros, a menudo sobre-pastorean sus predios para reducir los gastos. El sobrepastoreo permite la subsistencia de los animales, pero constituye una práctica que facilita la dominancia de especies vegetales que incrementan la mortalidad, o reducen la fertilidad de las reses (Denogean *et al.*, 2008:538). El sobrepastoreo también propicia la erosión de los predios, (López, 2001:85), y disminuye su productividad forrajera en las sequías subsecuentes.

3.2.4. Estrategia 2: Ajustar el tamaño del hato al forraje disponible.

Los productores también reducen la demanda de forraje, mediante la venta de vacas viejas. Esta estrategia se practica en todo el estado (Denogean y Moreno, 2004:336), pero en La Colorada las ventas incluyen vaquillas y reses en edad de parir,

cuando la situación es muy crítica. Estas últimas opciones son impopulares, porque los precios se desploman cuando la sequía es muy intensa, y porque dificultan repoblar el hato cuando las condiciones mejoran.

La venta de reses en edad de parir significa grandes pérdidas, pero los poquiteros se vieron forzados a vender vacas fértiles durante los últimos meses del año 2005 y los primeros meses del año 2006. Empezaron con los animales viejos e infértiles, pero acabaron vendiendo vacas productivas, porque no disponían de recursos adicionales para comprar suplementos. Las ventas mitigaron el problema, aunque también implicaron una pérdida muy fuerte.

3.2.5. Estrategia 3: La rotación del agostadero.

Una alternativa a la venta de vientres o al suministro de suplemento, es el manejo rotacional del agostadero. Esta medida hace menos crítica la disminución de la productividad forrajera, pues implica alternar el pastoreo en distintos potreros del rancho, para regresar tiempo después, cuando la vegetación se ha recuperado. Se trata de una práctica común a otras formas de ganadería (Urrutía et al., 2000:68), pero en el caso específico de la crianza de bovinos en el norte árido de México, requiere de áreas suficientemente grandes, y es difícil de implementar si los agostaderos están sobrecargados (Ibarra-Flores *et al.*, 2009:19).

En La Colorada, la rotación del ganado en diferentes potreros del rancho, constituye una práctica generalizada entre productores con predios grandes y heterogéneos, con buena diversidad de tipos de vegetación. En opinión de uno de los productores entrevistados, los ranchos con terreno "*montoso*", es decir, de gran diversidad fisiográfica y de tipos de vegetación, son apropiados para implementar esta

práctica. Su diversidad vegetal permite que sean aprovechados gradualmente, conforme se agotan los potreros más alejados de las fuentes de agua.

La estrategia puede implementarse con facilidad por los productores privados de los dos estratos más elevados, pero es muy difícil para los productores ejidales. En La Colorada, los predios de pastoreo extensivo entre los productores privados, tienen una superficie promedio de 500 Has (Hay predios de hasta 10,000 Has entre productores empresariales)⁴; mientras que los predios ejidales, rara vez rebasan las 200 Has (el promedio es de 80 Has). A menos que compartan sus agostaderos, o reduzcan el número de animales, los productores del sector social no pueden dejar potreros en descanso.

La situación se complica por la fragmentación de predios ejidales. Las modificaciones al artículo 27 constitucional, en el año de 1992, propiciaron que los terrenos comunales se subdividieran en predios muy pequeños, delimitados por cercas que impiden la movilidad del ganado. Los ejidatarios realizan acuerdos para rotar el ganado entre predios distintos, pero en dos ejidos del municipio (Ejidos Tecoripa y La Colorada), que representan el 50 % de la superficie ejidal total, la capacidad de consenso se ha deteriorado por la inequidad en la repartición de las mejores tierras. En opinión de los productores ejidales, los conflictos que surgieron del reparto, hacen difícil, e incluso imposible, rotar el agostadero.

3.2.6. Estrategia 4: Cambios del perfil genético del hato.

Una estrategia efectiva para resistir los efectos de la sequía, implementada exclusivamente por los productores de menor capacidad económica, es la cruce de los pocos animales de raza europea que poseen, con animales de raza "corriente" o de raza

⁴ Superficies estimadas directamente, a partir del mapa de tenencia de la tierra en formato digital proporcionado por ICRESOM, en el año 2006.

“cebu” (Brahma, híbridos en su mayoría). Los animales “corrientes” soportan las condiciones de un agostadero deteriorado con menos dificultad que el ganado “fino”, sobre todo cuando la productividad ha disminuido por la ausencia de lluvias. No son buenos para producir carne, pero por lo menos siguen pariendo y produciendo leche si la sequía no es muy severa.

Este tipo de cruza se contraponen a las demandas del mercado, y al esquema gubernamental de fomento ganadero, que estimulan precisamente, “*el mejoramiento racial del hato*”. Así, aunque en términos generales los productores de los estratos más bajos tienen poco ganado “fino”, cuando realizan sus cruza buscan mantener la apariencia del ganado “fino”, pero a la vez incorporar la rusticidad de las razas más aguantadoras. Con ello tratan de asegurar la venta de sus becerros, pero también realizar el pastoreo en agostaderos de baja calidad.

3.2.7. Estrategia 5: Medidas de labranza agrícola.

Productores de todos los estratos han implementado el sub-soleo y el bolseo del terreno, medidas de labranza agrícola que descompactan el suelo, y favorecen el nacimiento de hierbas forrajeras después de las lluvias (Ibarra-Flores *et al.*, 2004:3). Estas medidas pueden ser costosas dependiendo del sitio a subsolear, su pedregosidad y condiciones físicas. Según uno de los productores entrevistados, son prácticas efectivas cuando llueve, pero si no llueve no sirven de nada. En última instancia siguen sujetas a la ocurrencia de precipitaciones.

3.2.8. Estrategia 6: El destete precoz de becerros.

Además de las estrategias anteriores, una práctica introducida recientemente por las instituciones gubernamentales de investigación en ganadería, es el destete precoz de

los becerros. Esta práctica, que empieza a difundirse entre rancheros de tipo empresarial (se implementa por al menos dos grandes ganaderos de la zona), implica separar a los becerros de su madre a una edad muy temprana (3 o 4 meses vs los 7 u 8 que tarda un destete normal), para que la vaca reduzca su consumo de forraje (Nieblas, 2006:25). Con el destete también deja de producir leche, pero puede entrar en gestación más rápidamente, y producir más becerros en el corto plazo (Sánchez *et al.*, 2009:29).

La estrategia requiere que el productor alimente a los becerros con una dieta especial. Es costosa, y difícil de implementar por productores que sustentan parte de sus ingresos en la comercialización de leche y queso. Liberar a la vaca del becerro reduce la presión sobre el agostadero, pero también cancela los ingresos que sostienen a estos productores durante buena parte del año. En la perspectiva de los poquiteros y productores medios consultados, constituye una estrategia incompatible con su dinámica productiva.

3.2.9. Estrategia 7: Préstamos sustentados en la existencia de capital social.

Los productores de los estratos bajos también implementan estrategias vinculadas con la existencia de redes de apoyo y un acervo de “*capital social*” (Ostrom, 2000) entre parientes, amigos y vecinos. Se otorgan por ejemplo, préstamos de forraje o agua, o mueven sus animales hacia predios ajenos con mayor disponibilidad de alimento. Los favores pueden invertirse dependiendo de las sequías siguientes, o se pagan al final de la temporada regalando una parte de los becerros, al dueño del predio que recibió las vacas. Se trata de prácticas que también se han descrito para otras regiones de Sonora (Cañez, 2001), efectivas cuando no hay recursos económicos.

3.2.10. Estrategia 8: Buscar recursos económicos fuera del rancho.

Los productores buscan crédito externo cuando la situación es muy crítica, pero el acceso a este es muy desigual. Los requisitos impuestos por la banca comercial (Pagos puntuales, garantías inmuebles en prenda) sólo pueden cumplirse por productores de gran capacidad económica, pero son muy difíciles para productores de los estratos medios, y virtualmente imposibles para los poquiteros. Estos últimos deben obtener recursos económicos por otros medios.

Una estrategia frecuente de los estratos más bajos, que también se ha documentado en otras regiones del estado (Hernández y Ulloa, 2000:2), es la venta de becerros por adelantado. El comprador -regularmente intermediario de productores que se dedican a exportar-, les da uno o varios anticipos, pero los compromete a la venta de la cría mucho antes de que nazca. Los anticipos permiten alimentar al resto del hato, pero en ocasiones endeudan tanto al pequeño productor, que se vuelven un factor adicional para no deshacerse de las vacas viejas. Si estas paren un becerro, les ayudaran a saldar las cuentas.

Los técnicos ganaderos recomiendan seis u ocho años como vida reproductiva rentable, pero en La Colorada es común encontrar, particularmente entre los poquiteros, vacas de 12, 15, o incluso más años. Esto es así, porque en la lógica estos productores, la posesión del mayor número posible de vacas, representa una especie de "*seguro*" para pagar las deudas. Mantener vacas viejas sobrecarga el agostadero, pero pueden mitigar la situación si logran parir un becerro.

Los recursos de los estratos más bajos también se complementan con empleos fuera de la unidad de producción. En las visitas de campo encontramos productores

empleados como vaqueros de ranchos privados, apicultores, mineros, fabricantes artesanales de bacanora (un destilado parecido al tequila), o guías de caza en ranchos cinegéticos de la región. También es frecuente que algún miembro de la familia salga de la región para emplearse en otras zonas, especialmente si "*no equipateo*", es decir, si las lluvias de invierno fueron malas.

3.3. Las acciones de los programas gubernamentales de fomento ganadero.

A nivel local se han impulsado distintos programas gubernamentales para incrementar la productividad ganadera, y para reducir la vulnerabilidad de los productores frente a la escasez de agua. Destacan por su cobertura, o por el monto ejercido, el programa Alianza para el Campo (o Alianza contigo), el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Sequía Recurrente (PIASRE), y el Programa de Apoyos Ganaderos (PROGAN), y el Sistema de Desarrollo Ganadero (SIDEGAN). Los rasgos que distinguen a cada uno de estos, y la manera en que modifican las condiciones de vulnerabilidad, son los siguientes:

3.3.1. El programa Alianza para el Campo (ALCAMPO).

ALCAMPO o Alianza Contigo, es un programa gubernamental que operó hasta el año 2007 en todo el país, y que dispuso de fondos y recursos económicos para incrementar la producción agropecuaria en el campo. En Sonora el programa subsidió acciones como habilitación de pozos y abrevaderos, construcción de infraestructura de almacenamiento de agua, y otras obras de equipamiento agropecuario para elevar la producción ganadera⁵.

⁵ Información proporcionada por la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora. Datos internos no publicados.

En la Colorada, ALCAMPO contribuyó con 12,774,023 pesos al financiamiento de distintas acciones de fomento agropecuario durante los años 2005 y 2006. Buena parte de estos recursos se destinaron, sin embargo, a la promoción de las mismas modalidades tecnológicas que incrementan la vulnerabilidad de la ganadería en condiciones de sequía. En el año 2005, casi el 60 % del recurso ejercido se utilizó para financiar desmontes y la introducción de zacate buffel. En el año 2006 se diversificaron los rubros apoyados, pero el dinero ejercido en los desmontes y la introducción de más praderas, se incrementó substancialmente (un 62 %, Tabla 2).

El subsidio destinado a la adquisición de sementales de razas europeas también se incrementó. Aunque su importancia porcentual disminuyó de un año a otro, la cantidad ejercida en términos absolutos, ilustra la política de largo plazo para “mejorar” el perfil genético del hato.

Tabla 2. Inversiones de fomento a la ganadería bovina por el Programa ALCAMPO durante los años 2005 y 2006 en el municipio de la Colorada.

Concepto de inversión	Monto ejercido 2005 (pesos)	Porcentaje 2005	Monto ejercido 2006 (pesos)	Porcentaje 2006
Cercos, equipamiento para producción de queso y leche. Apoyos diversos para producción agrícola de forrajes.	695,766.0	28.19	7,592,735.0	73.6
Sementales de razas productoras de carne	304,450.0	12.34	337,696.0	3.27
Establecimiento de praderas (Desmonte de vegetación nativa y siembra de zacate buffel)	1,467,095.0	59.5	2,376,282.0	23.05
Total	2,467,311.0	100	10,306,712.0	100

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados en las oficinas del Distrito de Desarrollo Rural 145 (SAGARPA) y la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora.

En el esquema de ALCAMPO, los beneficiarios tenían que pagar las obras con recursos propios, pero el programa les reembolsaba hasta el 70 % de su costo cuando estas concluían. Este esquema de financiamiento propició que más de tres cuartas partes de los productores, aquellos que no tenían dinero para pagar por adelantado, quedaran excluidos de los apoyos (Tabla 3). Esto fue así, incluso en acciones efectivas frente a la sequía, como rehabilitación de represas, o equipamiento de bebederos para ganado

Tabla 2. Inversiones de fomento a la ganadería bovina por el Programa ALCAMPO durante los años 2005 y 2006 en el municipio de la Colorada.

Concepto de inversión	Monto ejercido 2005 (pesos)	Porcentaje 2005	Monto ejercido 2006 (pesos)	Porcentaje 2006
Cercos, equipamiento para producción de queso y leche. Apoyos diversos para producción agrícola de forrajes.	695,766.0	28.19	7,592,735.0	73.6
Sementales de razas productoras de carne	304,450.0	12.34	337,695.0	3.27
Establecimiento de praderas (Desmonte de vegetación nativa y siembra de zacate buffel)	1,467,095.0	59.5	2,376,282.0	23.05
Total	2,467,311.0	100	10,306,712.0	100

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados en las oficinas del Distrito de Desarrollo Rural 145 (SAGARPA) y la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora.

En el esquema de ALCAMPO, los beneficiarios tenían que pagar las obras con recursos propios, pero el programa les reembolsaba hasta el 70 % de su costo cuando estas concluían. Este esquema de financiamiento propició que más de tres cuartas partes de los productores, aquellos que no tenían dinero para pagar por adelantado, quedaran excluidos de los apoyos (Tabla 3). Esto fue así, incluso en acciones efectivas frente a la sequía, como rehabilitación de represas, o equipamiento de bebederos para ganado

Tabla 3. Beneficiarios de ALCAMPO en La Colorada durante los años 2005 y 2006.

Productores beneficiados en 2005	Productores beneficiados en 2006
82 productores	118 productores
Porcentaje respecto al padrón de productores totales (534)	Porcentaje respecto al padrón de productores totales (534)
15.3 %	22.1 %

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados en las oficinas del Distrito de Desarrollo Rural 145 (SAGARPA) y la Subsecretaría de Fomento Ganadero del Gobierno del Estado de Sonora.

A partir del ejercicio fiscal 2008, ALCAMPO se reordenó como componente del recién creado Programa de Adquisición de Activos Productivos (SAGARPA, 2007). Ahora da prioridad a zonas de alta marginación, pero en Sonora sigue subsidiando las mismas prácticas orientadas a la exportación de becerros.

3.3.2. Los recursos del Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Sequía Recurrente (PIASRE)

El PIASRE es un Programa Gubernamental Federal complementario a Alianza Para el Campo, que inició sus funciones en el año 2003 (SAGARPA, 2003a: 18). Este programa subsidia obras de infraestructura productiva para mitigar afectaciones por fenómenos climáticos adversos, y otorga recursos para conservar el suelo y el agua. Hace aportaciones para la habilitación de abrevaderos y repesos, etc.; o subsidia a productores agropecuarios que tengan menos de 50 cabezas de ganado, o que practiquen la agricultura de temporal en superficies menores a 50 hectáreas.

En el caso de obras colectivas, el PIASRE puede financiar hasta el noventa por ciento de su costo, mientras que en el caso de apoyos individuales, los productores pueden recibir hasta 287 pesos por vaca o toro adulto (SAGARPA, 2006:16), para que reconviertan sus sistemas productivos hacia esquemas más sostenibles. En caso de una

sequía, las reglas de operación permiten que hasta el 20 % de estos recursos se destinen a la compra de suplementos alimenticios.

Los productores de La Colorada obtuvieron recursos del PIASRE durante los años 2005 y 2006 para enfrentar la sequía. En este periodo el programa facilitó 399,379.51 pesos para mantener los hatos durante los meses más críticos. El programa también canalizó 4,672,449.51 pesos durante los últimos tres años, otorgados para la realización de distintas obras colectivas en los seis ejidos ganaderos del Municipio⁶.

No obstante lo necesario de los apoyos, hubo aspectos relacionados con la implementación del PIASRE, que le restaron efectividad para reducir la vulnerabilidad a la sequía. En La Colorada, el subsidio se canalizó a través del Gobierno Municipal y de las Asociaciones Ganaderas Locales, pero el control ejercido por rancheros empresariales con mucho poder económico, propició que el recurso se concentrara en ciertos productores. Esta situación es muy difícil de comprobar documentalmente, pero según productores entrevistados entre los estratos más bajos, parece común a la hora de repartir apoyos de gobierno.

El PIASRE también financia prácticas productivas que son contraproducentes en años secos. A nivel municipal, por ejemplo, poco más del cincuenta por ciento del dinero aportado durante los tres años de aplicación del programa (2,572,650 pesos del total), se utilizó para desmontar más vegetación natural, e introducir más praderas de zacate buffel. Se desconoce el impacto específico de estos desmontes, pero las relaciones entre deforestación, ausencia de lluvias y sequías, pueden incrementar la vulnerabilidad del sector ganadero frente a la variabilidad de la lluvia.

⁶ Información publicada por la Subsecretaría de Desarrollo Rural de SAGARPA, Padrón de Beneficiarios del PIASRE, años 2004, 2005 y 2006.

3.3.3. El Programa de Apoyo Ganadero (PROGAN).

Cuatro ejidos del municipio, y 60 productores privados han recibido apoyos del Programa de Apoyo al Ganadero "PROGAN", un programa vigente desde el año 2003 (SAGARPA, 2003b), que incluye fondos para financiar la compra de insumos y suplementos en función de las necesidades del productor pecuario. El programa apoya a los productores pecuarios con un pago diferenciado por etapas, que oscila entre trescientos y seiscientos pesos por vientre, en función del número de veces que el productor ha recibido el apoyo. Puede subsidiar hasta 120,000 pesos a productores individuales, o hasta 1,200,000 pesos a sociedades mercantiles o grupos organizados de producción rural.

Los beneficiarios del PROGAN se comprometen a adoptar diversas prácticas tecnológicas que buscan mejorar los agostaderos, pero los compromisos no siempre se cumplen. Según informes proporcionados en las oficinas gubernamentales que gestionaron los recursos, se sabe de productores de la región que destinaron el dinero a la compra de más animales, o a la siembra de zacate buffel sin asesoría adecuada. Este tipo de prácticas agravan la sobrecarga de ganado, y amplifican las repercusiones de la escasez de lluvias.

Al igual que los otros subsidios e instrumentos de fomento, el PROGAN se ha concentrado sobre cierto estrato de productores. Durante el periodo 2005-2007 por ejemplo, la SAGARPA⁷ otorgó subsidios para 15,450 vientres en el municipio de La Colorada⁸, pero el 84 % de este total se canalizó a los productores empresariales. Estos

⁷ Acrónimo de: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación

⁸ Padrón de productores beneficiados por PROGAN, disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/sonora/ganaderia/pagosprogan.pdf>;

productores recibieron apoyos para 13,057 vientres, mientras que sólo 1,956 vientres (13 %) correspondieron a poquiteros o productores ejidales. El 3 % restante (437 vientres) se ubicó entre propietarios que poseen desde 31 a 99 cabezas (productores medios). El subsidio se concentró sobre el estrato con más solvencia económica, y no sobre aquellos con menos recursos para enfrentar una sequía.

3.3.4. El Crédito del SIDEGAN.

La Unión Ganadera Regional de Sonora (UGRS), en conjunto con FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura), y el Gobierno del Estado de Sonora, implementó desde el año 2002, un esquema de crédito que puede financiar a los productores pecuarios de menores ingresos (FIRA, 2007:7). Este se denomina Sistema de Desarrollo Ganadero (SIDEGAN), y puede prestar hasta 1,100 pesos por vientre a los productores que perciben ingresos inferiores a 42,000 pesos durante el año. El crédito puede destinarse a la manutención del hato si se presenta una sequía.

La banca comercial exige bienes inmuebles en prenda antes de otorgar un préstamo, pero SIDEGAN permite que los productores presenten a sus vacas como garantía prendaria. En las normas de SIDEGAN, y en la perspectiva del funcionario de este sistema de crédito entrevistado, *“esta modalidad facilita que los productores de bajos recursos, no dejen de producir becerros por la falta de crédito”*.

Este esquema de crédito tiene aspectos que pueden mejorarse. El productor beneficiado por SIDEGAN, debe firmar una *“Carta de Inmovilidad de Ganado”*, documento legal que le compromete a no vender sus vacas adultas bajo ninguna circunstancia. Dicha exigencia asegura un mínimo de becerros para pagar las deudas,

pero no permite reducir la demanda de forraje cuando la productividad decae, y es insustentable desde un punto de vista ecológico. Los plazos de pago tampoco son funcionales, pues estos no rebasan un año, y pueden ser insuficientes si se presenta una sequía que dura varios años. Este escenario es particularmente inconveniente, pues limita el flujo de nuevos préstamos.

3.4. Elementos que pueden mejorar la Capacidad de Respuesta.

La vulnerabilidad de los productores pecuarios en el escenario que hemos descrito, no sólo es consecuencia de la variabilidad interanual de la lluvia. Distingue por el contrario, una *amenaza socio-natural* que se vincula con un paquete tecnológico incompatible con esta variabilidad, y una *capacidad de respuesta* estrechamente relacionada, con los recursos disponibles en cada estrato de productores. La aplicación de tecnologías inapropiadas cuando ocurren años secos, y la inequidad en la distribución de recursos para enfrentar estos eventos, facilitan que la variabilidad de las lluvias, se convierta en sequía agropecuaria (Figura 3), con repercusiones distintas de un estrato a otro.

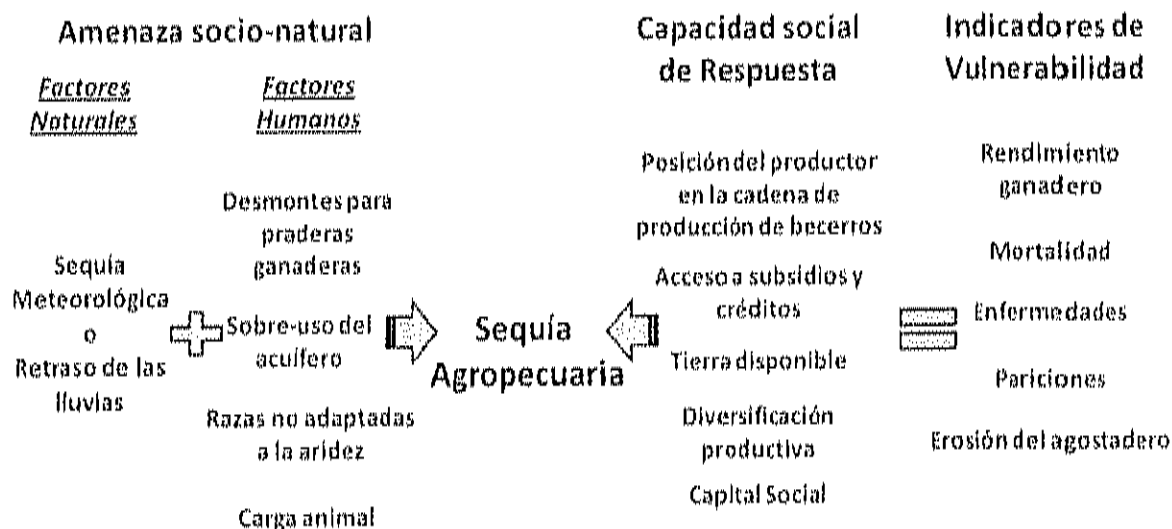


Figura 3. Factores locales que convierten a la sequía meteorológica en sequía agropecuaria. (Fuente: Elaboración propia).

El fenómeno se retroalimenta continuamente. Puesto que numerosas praderas fracasan (Castellanos et al., 2002:102), los desmontes cancelan la posibilidad de utilizar recursos vegetales que estarían disponibles de manera natural. Como se elimina el poco forraje nativo, se agrava la vulnerabilidad en años secos (Vázquez y Liverman, 2004:27), pues se hacen necesarios los suplementos alimenticios, y los recursos para adquirirlos son muy distintos entre un estrato y otro.

Hay estratos más vulnerables. Destacan los poquiteros, quienes se ven obligados a producir, en condiciones que deterioran todavía más el medio físico. No disponen de tierra suficiente, no son beneficiarios de los programas de subsidio, y sus esquemas de crédito son inoperantes cuando ocurre una sequía. A menudo se ven forzados a sobrepastorear sus predios, pero el sobrepastoreo los introduce en un ciclo creciente de vulnerabilidad frente a la ausencia de lluvias (Figura 4).

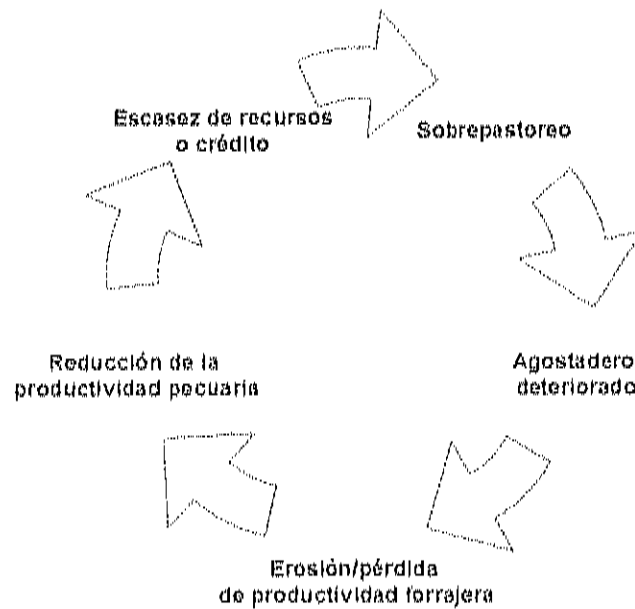


Figura 4. Ciclo de vulnerabilidad creciente a la sequía, entre los productores pecuarios sin acceso a recursos o créditos (Fuente: Elaboración propia).

Corregir esta situación, precisa que los programas de fomento pecuario promuevan esquemas productivos distintos, compatibles con las condiciones ambientales, pero también generadores de mayor equidad. La ganadería de exportación de becerros cumple un tipo de demanda en el mercado internacional, y es funcional a los intereses de productores que exportan directamente (Hernández y Ulloa, 2002:9), pero existen otras formas de actividad pecuaria que también pueden explorarse.

Puede ejemplificarse con la alternativa de la ganadería orgánica, un esquema de producción animal que contrasta con la ganadería convencional, por que se orienta al manejo integral del paisaje (Phillips y Sorensen 1993:61-65), y se caracteriza por el uso de forrajes nativos, y cargas animales compatibles con el estado del agostadero (Von Borell y Sørensen, 2004:3, Mansvelt *et al.* 1998: 209).

El fomento de una ganadería de este tipo, con menores cargas animales, y apoyada en la producción de forrajes nativos; podría disminuir los impactos sobre el agostadero (Thompson y Nardone, 1999:111), pero también la vulnerabilidad de los productores pecuarios frente a periodos de escasez de lluvias. Se trata de una opción prácticamente desconocida en México (Gómez et al., 2005:16), que aunque debe evaluarse técnica y económicamente, cuenta con la ventaja de un mercado emergente en muchos países del mundo (Häring 2003: 89).

También es evidente, que se requiere un enfoque más selectivo por parte de los actores gubernamentales que gestionan los subsidios. El marco normativo que rige la asignación de recursos al campo, establece al criterio de equidad social como uno de los ejes preponderantes de la acción del Estado en las zonas rurales (Ley de Desarrollo Rural Sustentable, Art. 6), pero este discurso debe concretarse con mecanismos que disminuyan los rezagos entre productores distintos.

Diseñar un esquema de ponderación que otorgue prioridad a los proyectos del sector social, reducir los apoyos a prácticas no sustentables, asignar recursos para la organización de un sistema de mercadeo que evite la participación de intermediarios, o asegurar un porcentaje específico a los productores que no cuentan con solvencia para pagar obras por adelantado, pueden ser, por citar 4 ejemplos, mecanismos que contribuyan a disminuir las diferencias en la capacidad de respuesta frente a eventos climáticos adversos. De no hacerlo, las asimetrías sociales no van a corregirse.

4. CONCLUSIONES.

Como puede deducirse en nuestro caso de estudio, la ocurrencia de una *sequía agropecuaria* no depende solamente de factores climáticos. Si bien inicia con un retraso

en las lluvias, esta se construye gracias a un conjunto de variables económicas, sociales y tecnológicas, que amplifican la susceptibilidad de los productores rurales. Estos resultados hacen evidente que los efectos de la sequía, al igual que en otros desastres, derivan de la convergencia entre una amenaza, y determinadas condiciones de vulnerabilidad que se construyen y reconstruyen gracias al actuar de la sociedad (García-Acosta, 2004:129).

En La Colorada, ser vulnerable a la sequía implica no sólo exponerse al riesgo de un retraso en las lluvias. De manera similar a lo reportado por estudiosos reconocidos en este tema, la vulnerabilidad también se vincula con la ausencia de defensas tecnológicas, sociales, económicas, o incluso políticas, contra la escasez de agua (Liverman, 2001:205-209).

No todas las medidas gubernamentales para reducir la severidad de la sequía, disminuyen la vulnerabilidad frente a este fenómeno. En las condiciones de extrema variabilidad climática del norte de México, y en un contexto económico y de apoyos oficiales que no favorece a la mayoría de los productores pecuarios, subsidios para el “*mejoramiento genético*” del hato, o aportaciones gubernamentales para realizar nuevos desmontes, no reducen la vulnerabilidad. Por lo contrario, terminan incrementándola.

5. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen el apoyo de CONACYT al proyecto de investigación (CB06-61865), y la beca doctoral otorgada al primer autor.

6. REFERENCIAS.

- Bravo, A. y H. Salinas, (2006) "Introducción, conceptos y definiciones de sequía", en: Bravo, A.; H. Salinas y A. Sotomayor (Comp.), *Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el norte de México*. Zacatecas, INIFAP-SAGARPA.
- Camou, E. y E. Pérez, (1986) *Una Modernización Tardía. Los ejidatarios de la Región Centro-Oriente de Sonora*. Cuaderno de Trabajo Número 4. Hermosillo. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. A.C.
- Camou, E., (1987) "Los Campesinos ganaderos de Sonora" en *Nueva Antropología* Vol. IX (32) pp. 25-36.
- Camou, E., (1994) *Los Sistemas de Producción Bovina en Sonora: Criadores de Becerras, Cambio Tecnológico y Mercado Internacional*. Tesis Doctoral en Ciencias Sociales. Zamora, Mich., El Colegio de Michoacán.
- Camou, E., (1998) *De rancheros, poquíteros, orejanos y criollos*. Zamora, El Colegio de Michoacán- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. A.C.
- Cañez, G., (2001) *Procesos, actores, y cambios en la vida social y productiva de la población del Ejido Cruz Gálvez, Costa de Hermosillo Sonora, 1964-1998*. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. México D.F., Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Castellanos, A.; Yanes, G. y D. Valdez, (2002) "Drought tolerant exotic buffelgrass and desertification" en: B. Tellman (Comp.), *Weeds across borders, Proceedings of North American Conference, Arizona-Sonora Desert Museum*. Tucson Arizona.
- Corrales, M., (2009) "La exportación directa deja más" en: *Rancho, la revista del ganadero*, (37), pp. 16.

COTECOCA, (1974) *Coefficientes de agostadero de la república Mexicana: Estado de Sonora*. México, D.F. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero.

Denogean, F. y S. Moreno, (2004) "Comportamiento a través del año de las vacas de desecho en el estado de Sonora" en *Revista Mexicana de Agronegocios*. (VIII) pp. 332-339.

Denogean, F., Moreno, S., Martín, M. y F. Ibarra, (2008) "Impacto económico de las plantas tóxicas para el ganado sobre la producción pecuaria en Sonora" en *Revista Mexicana de Agronegocios*. (XII) pp. 538-549.

Denzin, N., (2000) "Un punto de vista interpretativo" en: C. Denman y J. Haro (Comp.), *Por los Rincones: Antología de Métodos Cualitativos en la Investigación Social*. El Colegio de Sonora.

FIRA, (2007) "SIDEKAN: una opción viable de crédito" en: *Rancho, la revista del ganadero*. (30), pp. 7.

Flick, U., (2004) *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid, Ediciones Morata.

Fontana, A. y J. Frey, (2000) "The interview, from structured questions to negotiated text" en: D. Norman y L. Yvonna (Comp.), *Handbook of qualitative research*. University of Chicago Press.

García-Acosta, V., (2004) "La Perspectiva Histórica en la Antropología del Riesgo y del Desastre. Acercamientos Metodológicos." en *Relaciones* (97), pp. 125-142.

García-Dessommes, G.; Roque, L.; Foroughbakhe, R.; Morales R. y G. García, (2003) "Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apométicas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)" en *Técnica Pecuaria en México*, (41), pp. 209-218.

Gómez, M.; Schwentesius, R.; Meraz, M., R.; Lobato, A. y L. Gómez, (2005) *Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México*. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo.

Häring, A., (2003) "Organic dairy farms in the EU: Production systems, economics and future development" en *Livestock production science*, (80), pp. 89-97.

Hernández, M. y A. Ulloa, (2000) "Intermediarismo: ¿Un mal necesario? Las paradojas de la integración de los productores rurales al mercado internacional de bovinos" en: *Estudios Agrarios*, (14), pp. 1-19.

Ibarra-Flores, F.; Cox, J.; Martín, M.; Crowl, T.; Norton, B.; Banner, R. y R. Miller, (1999) "Soil physicochemical changes following buffelgrass establishment in Mexico" en *Arid Soil Research and Rehabilitation*, (13), pp. 39-52.

Ibarra-Flores, F.; Martín, M. y F. Ramírez, (2004) "El Subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas en condición regular de la región central de Sonora" en *Técnica Pecuaria en México*, (42), pp. 1-16.

Ibarra-Flores, F.; Martín, M.; Denogean, F. y S. Moreno, (2009) "Aplique en el rancho técnicas de rotación de potreros" en *Rancho, la revista del ganadero*, (36), pp. 18-21.

INEGI (2006), *Anuario Estadístico de Sonora*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. 2 de Febrero de 2007.

Liverman, D., (2001) "Vulnerability to drought and climate change in Mexico" en: Kasperson J.X. and Kasperson R. (Eds), *Global Environmental Risk*. NY: UNU and Earthscan.

Luers, A.; Lobell, D. B.; Sklar, L. S.; Lee, C. y P. A. Matson, (2003) "A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico" en: *Global Environmental Change*, (13), pp. 255-267.

López, M.,(2001) "Degradación de Suelos en Sonora. El problema de la erosión en los suelos de uso ganadero" en: *Región y Sociedad*, XIII (22), pp. 73-97.

Mansvelt, J., Stobbelaar D. y K. Hendriks, (1998) "Comparison of landscape features in organic and conventional farming systems" en *Landscape and Urban Planning*, (41), pp. 209-227.

Martín, M.; Cox, J. y F. Ibarra, (1995) "Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran Desert" en *Journal of Range Management*, (48), pp. 60-63.

Marcos, O., (2001) "Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación" en: *Investigaciones geográficas*, (26), pp 59-80.

Méndez, J., (2008). *Análisis espacio-temporal de la sequía meteorológica en México: Aspectos dinámicos*. Tesis Doctoral en Ciencias de la Tierra. México, D.F., Instituto de Geofísica-Universidad Nacional Autónoma de México.

Nieblas, M., (2006) "Ayuda destete precoz a subir índice de pariciones" en: *Rancho, la revista del ganadero*, (29), pp. 25-27.

Núñez, D.; Muñoz, C.; Reyes, V.; Velasco, I. y H. Gadsden, (2007) "Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México" en *Agrociencia*, (41), pp. 253-262.

Ostrom, E., (2000) "Social capital: a fad or a fundamental concept?" en Dasgupta, P. y I. Serageldin (Eds) *Social Capital: A Multifaceted Perspective*. Washington DC. World Bank.

Pérez, E., (1993) *Ganadería y Campesinado en Sonora. Los poquiteros de la sierra norte*. México D.F. CONACULTA.

Perramond, E., (2000) "A Preliminary Analysis of Soil Erosion and Buffelgrass in Sonora, Mexico" en *Yearbook, Conference of Latin Americanist Geographers*, (26), pp.131-138.

Phillips, C. y J. Sorensen, (1993) "Sustainability in cattle production systems" en *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, (6), pp. 61-73.

Pulido-Rodríguez, R.; Ballén-Ariza, M. y F. Zúñiga-López, (2007) *Abordaje hermenéutico de la investigación cualitativa. Teorías, procesos, técnicas*. Medellín, Universidad de Colombia.

Ramírez, R.; Enriquez, A. y F. Lozano, (2001) "Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México" en *Ciencia UANL*, VOL. IV, (3), pp. 314-321.

Romero, G. y A. Maskrey, (1993) "Cómo entender los desastres naturales" en Maskrey A. (Comp.) *Los desastres no son naturales*, LA RED, Tercer Mundo Ed.

SAGARPA, (2002) *Diagnóstico de los agostaderos del estado de Sonora*. Hermosillo, Coordinación General de Ganadería, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.

SAGARPA, (2003a) "Reglas de Operación del Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (PIASRE)" en el *Diario Oficial de la Federación*, 20 de Junio, Sección única, pp 18.

SAGARPA, (2003b) "Reglas de Operación del Programa de Estímulos a la Actividad Ganadera (PROGAN), y reglas de Operación" en el *Diario Oficial de la Federación*. 17 de Junio, Quinta Sección.

SAGARPA, (2006) "Modificaciones a las Reglas de Operación del Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (PIASRE), publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 20 de Junio de 2003 y el 18 de Marzo de 2005" en el *Diario Oficial de la Federación*. 13 de Febrero, Primera Sección, pp 16.

SAGARPA, (2007) "Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación" en el *Diario Oficial de la Federación*. 31 de Diciembre, Cuarta Sección, pp 1.

Sánchez, J.; Gil, J. y J. Salazar, (2009) "Validando el destete precoz" en *Rancho, la revista del ganadero*, (37), pp. 28-31.

Saucedo, E.; García, E.; Castellanos, A. y J. Flores, (1997) "La riqueza, una variable de respuesta de la vegetación a la introducción de zacate buffel." en *Agrociencia*, (31), pp. 83-90.

Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora, (2001) Censo Ganadero 2000. Hermosillo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Alimentación.

Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora, (2006) Censo Ganadero 2005. Hermosillo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Alimentación.

Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora, (2007) Censo Ganadero 2006. Hermosillo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Alimentación.

Thompson, P. y A. Nardone, (1999) "Sustainable livestock production: methodological and ethical challenges" en *Livestock Production Science*, (61), pp. 111-119.

Uña-Juárez, O.; Hernández-Sánchez, A. y J. Prado-Antúnez, (2004) *Diccionario de Sociología*. Madrid, Editorial ESIC.

Urrutia, J.; Ochoa, M. y S. Beltrán, (2000) *Ovinocultura de agostadero en el Norte de México: prácticas de manejo y aprovechamiento*. San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Vázquez, M. y D. Liverman, (2004) "The political ecology of land use change: Affluent Ranchers and Destitute Farmers in the Mexican Municipio of Alamos. *Human Organization*, (63), pp 21-33.

Von Borell, E. y J. Sørensen, (2004) "Organic livestock production in Europe: aims, rules and trends with special emphasis on animal health and welfare" en *Livestock Production Science* (90), pp. 3-9.

Referencias de Internet:

Alcalá, G.; Currie, H. y F., Puppo, (2003) *Avances en la evaluación del riesgo hídrico en el sector de la ganadería chaqueña en el área del Chaco húmedo*. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas, Resumen A-010, 4 pp.

<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-010.pdf>

[Consultada el 29 de Noviembre de 2008]

CONABIO, (1998) "*Climas de México: Clasificación de Köppen modificada por García*"

<http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>

[Cartografía digital consultada en Septiembre de 2007]

Lavell, A.; Mansilla, E. y D. Smith, (2003) *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Guatemala, Guatemala. CEPREDENAC.

<http://www.erid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15783/doc15783.htm>

[Consultado el 19 de Agosto de 2009]

SAGARPA, (2004) Padrón de Beneficiarios del PIASRE, año 2004.

http://www.conaza.gob.mx/unidad_enlace/padronpiasre04/son.pdf [Consultada el 24 de Noviembre de 2008]

SAGARPA, (2005) Padrón de Beneficiarios del PIASRE, año 2005.

http://www.conaza.gob.mx/unidad_enlace/padronpiasre05/normal/son.pdf [Consultada el 24 de Noviembre de 2008]

SAGARPA, (2006) Padrón de Beneficiarios del PIASRE, año 2006.

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/rencu/piasre/2006/df.pdf>. [Consultada el 24 de Noviembre de 2008]

SAGARPA, (2007) Padrón de Beneficiarios del PROGAN en el municipio de la

Colorada. <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/sonora/ganaderia/pagosprogan.pdf>

[Consultada el 24 de Noviembre de 2008]

SAGARHPA-CIAD, (2006) *Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable del Municipio de la Colorada, Sonora*. Hermosillo. SAGARHPA-CIAD A.C.

Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/sonora/pec/145La%20Colorada.pdf>

[Consultada el 29 de Noviembre de 2008]

Otras fuentes de información:

Comisión Nacional del Agua (2007a), Estadísticas Climatológicas Históricas en el Centro de Sonora. Registros internos no publicados.

Comisión Nacional del Agua (2007b), Registro Público de Derechos de Agua en el Municipio de La Colorada.

Distrito de Desarrollo Rural 145 (2008), Recursos Ejercidos por ALCAMPO (1997-2006) en el Municipio de La Colorada. Estadísticas internas no publicadas.

ICRESON (2006), Cartografía Digital de Tenencia de la Tierra, Municipio de La Colorada. Instituto Catastral y Registral del Gobierno del Estado de Sonora. Archivos cartográficos digitales no publicados.

INEGI (2000), *Inventario Forestal 2000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cartografía Digital.

Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora (2007), Aportaciones de ALCAMPO en el municipio de La Colorada (1996-2006). Estadísticas internas no publicadas.

CAPÍTULO V:
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES.

5.1. La Vulnerabilidad se retroalimenta de las contradicciones de clase existentes entre diferentes estratos pecuarios.

Como se ha visto en los capítulos anteriores, hablar de vulnerabilidad de los productores pecuarios en el municipio de La Colorada, nos remite a un escenario donde convergen prácticas inadecuadas de apropiación de la naturaleza, profundas asimetrías sociales para enfrentar el costo ambiental de dichas prácticas, un panorama económico desfavorable a la producción de becerros, la erosión del capital social, y un aparato institucional, normativo y de subsidios a la ganadería; que fomenta la transformación del paisaje, profundiza las desigualdades sociales, e induce una pérdida de capacidad para enfrentar fenómenos naturales como sequías, o de carácter antropogénico, como la erosión por sobre-pastoreo.

Este escenario se caracteriza por una marcada inequidad social para enfrentar los costos del deterioro ambiental, y por un conjunto de factores que constriñen las prácticas productivas de los estratos ganaderos más bajos, forzándolos a producir en condiciones que vulneran, aún más, el medio físico. Hemos discutido que el paquete tecnológico de producción pecuaria es incompatible con las condiciones de aridez de la zona, y tenemos elementos para sostener, que la extracción del plusvalor generado por los productores de los estratos más bajos –mediante el proceso de *subsunción formal*¹– propicia que la

¹ Como lo señalan Pérez-López (1989: VIII) y Camou-Healy (1998:23), las relaciones de subordinación que se establecen entre los diferentes estratos de producción ganadera del centro del estado, reflejan un proceso de *subsunción formal* del trabajo de los pequeños productores, por parte de los productores exportadores, y en última instancia, por parte de los compradores del otro lado de la frontera. Aunque los productores de estratos bajos gocen de cierta autonomía, y no sean trabajadores asalariados al servicio de un patrón capitalista –como sería en el caso de una *subsunción real*–, sufren la extracción del plusvalor de su trabajo a través del mecanismo del precio fijado por cada becerro.

contradicción entre capital y naturaleza se exprese de manera más intensa entre los productores con menor capacidad económica. Estos se encuentran más limitados de recursos, se enfocan en la fase más riesgosa del proceso productivo, no se benefician de la exportación directa de becerros, y se ven obligados a implementar acciones menos sustentables que sus socios de estratos más elevados.

El efecto que impone la extracción del plusvalor generado por los productores más desfavorecidos, es evidente en la zona. Los intermediarios y exportadores compran becerros a un precio que difícilmente cubre los costos de producción, mientras que los poquiteros y productores de estratos bajos, como consecuencia de sus bajos ingresos, su poca tierra, y su escaso acceso a los subsidios, son presionados a 1) rebasar la capacidad de carga ganadera de sus predios, o 2) a manejar sus agostaderos sin los adecuados periodos de descanso. La contradicción de clase que existe entre aquellos que se apropian del plusvalor del trabajo, y entre aquellos que generan este plusvalor, afecta a estos últimos en el manejo de los recursos naturales. En este proceso, la segunda contradicción del capital –entre capital y naturaleza- adquiere mayor magnitud y severidad, a través de la expoliación de las utilidades generadas por los productores de los estratos más bajos.

La retroalimentación se da en ambos sentidos. La contradicción entre capital y naturaleza incrementa los costos productivos, y la vulnerabilidad de todos los productores, pero afecta más severamente a los productores de los dos estratos más bajos. Entre estos, la urgencia de recursos económicos durante periodos de baja

productividad forrajera, profundiza la relación de subordinación al comprador de becerros, y les coloca en condiciones más desfavorables para negociar el precio de venta. Puesto que los compradores aportan anticipos al pago del animal, poseen ventajas para fijar las condiciones del intercambio, y esto facilita todavía más, la extracción del plusvalor generado por los criadores. Gracias a esta relación subordinada, mientras compradores y exportadores de los estratos más elevados están en condiciones de acumular recursos, para hacer una ganadería con un margen favorable de utilidad, los productores de los estratos más bajos requieren frecuentemente sobre-explotar sus agostaderos, en una dinámica de deterioro ambiental que es resultado de la forma desventajosa como se articulan al mercado capitalista.

Como señalamos en el capítulo IV, la situación se vuelve más crítica en temporadas de sequía, pues las condiciones climáticas ponen a prueba la *resiliencia*² de este esquema tecnológico de producción pecuaria, y la capacidad de respuesta de los distintos productores para enfrentar un evento de este tipo. La disponibilidad de agua y forraje se reduce drásticamente, y se hace necesario disponer de recursos económicos adicionales para hacer frente a esta contingencia. Con frecuencia el criador de bajos recursos consigue ingresos externos mediante trabajo en ranchos privados, el comercio de productos locales como queso y leche, o empleos en las ciudades cercanas (Hermosillo, Nogales, o en Estados Unidos); pero en un intento por ahorrarse costos, es común que se vea obligado a sobre-pastorear, todavía más, sus propios terrenos. Por

² En este caso nos referimos a la capacidad del sistema agro-productivo para resistir perturbaciones, como un cambio en el clima, producción forrajera, etc., y retornar a las condiciones de producción previas.

estas razones, cuando llegan a introducir praderas de buffel en sus predios³, regularmente también las sobre-pastorean.

Como se indicó en el capítulo II, la introducción de zacate buffel propicia una reducción más marcada del forraje que habría disponible durante las temporadas secas, pero esta reducción tiene efectos ecológicos y sociales más severos, bajo las tasas predominantes de extracción del plusvalor -que alcanzan el 50 % del valor final de cada becerro-. Esto es así, por que bajo estas relaciones de intercambio, los productores de los estratos inferiores no pueden acumular recursos para comprar substitutos de forraje, y se ven forzados a sobre-pastorear un agostadero, que ya de por sí ha recibido un impacto ecológico fuerte con la introducción de zacate buffel. La posición de cada productor en la cadena de producción y engorda de becerros, reflejo de las formas locales que toman las *relaciones sociales de producción*⁴ entre actores distintos, impone condiciones desiguales de vulnerabilidad en los periodos más críticos, y genera sinergias al deterioro ecológico del agostadero, particularmente cuando las lluvias son escasas.

En este proceso, la extracción del excedente económico por parte de unos, en perjuicio de otros -connatural a estas relaciones sociales de producción-, agrava la situación de aquellos productores que se encuentran en la base de la cadena productiva. La sinergia entre el impacto ecológico de introducir buffel, y el impacto ecológico del sobre-pastoreo, acelera el deterioro de sus agostaderos, y a la larga reduce la viabilidad de sus predios como sitios de crianza o engorda de ganado. Por eso hemos señalado que

³ También los ejidos y productores del estrato medio bajo tienen praderas, pero implican un costo difícil de pagar por el productor, y suelen ser de calidad inferior a las praderas de los grandes productores.

⁴ Según el marco teórico marxista, las *Relaciones Sociales de Producción* son aquellas que surgen entre los hombres y los grupos sociales por su posición y participación en la producción y distribución de valor. Pueden asumir distintas formas: de colaboración, de explotación, etc. (Ver Harnecker, 2005).

esta forma de hacer ganadería, propicia un ciclo de vulnerabilidad creciente —una retroalimentación⁵ o *feedback* con causas y efectos concomitantes— entre los productores con menores recursos, particularmente entre aquellos que tienen menos tierra: los productores del sector social.

Puesto que estos productores no tienen recursos⁶ para disminuir la presión de sobre-pastoreo, la ruta o *trayectoria ecológica* que siguen sus agostaderos modificados, se *bifurca*⁷ más marcadamente de la trayectoria natural, que la ruta de los agostaderos pertenecientes a productores de los estratos más elevados, y en particular de los productores empresariales, quienes tienen más posibilidades de comprar suplementos, rehabilitar praderas o cambiarse de potrero. Debido a que el sobre-pastoreo se mantiene, la cobertura de zacate buffel se reduce más rápidamente, y el proceso de erosión/deterioro se acelera. Cuando los predios se deterioran severamente, la disponibilidad de forraje para los productores del sector social, se reduce todavía más (Figura 1).

⁵ Este término describe, en la Teoría General de Sistemas, los procesos o mecanismos que tienen una causación circular, un *bucle recursivo* donde el producto de salida, se redirige de nuevo a la entrada (Bertalanffy, 1950).

⁶ Disponibilidad de tierra, agua, infraestructura (pozos, pilas, etc.), e incluso relaciones políticas.

⁷ La vulnerabilidad ecológica puede ser considerada como propiedad emergente del ecosistema. Como un atributo de este, que responde al comportamiento dinámico e interactuante de sus componentes, cuando son sometidos a alguna perturbación ecológica. Si el ecosistema no tiene capacidad para absorber los cambios, inicia un tránsito —irreversible de manera natural— hacia nuevos estados de equilibrio. En el caso concreto de la vulnerabilidad ecológica vinculada con el desmonte y modificación severa del agostadero, este tránsito implica una *bifurcación* de la *trayectoria ecológica* natural. En contraste con lo que sucedería normalmente, los agostaderos modificados por introducción de buffel, evolucionan, de predios con buena o regular cobertura vegetal natural, hacia un estado de deterioro y erosión al que posiblemente no habrían llegado sin fuertes presiones humanas. Y este es el caso de predios ejidales, que al ser desmontados y sobre-pastoreados, tienden a erosionarse tiempo después, perdiendo viabilidad como sitios de crianza o engorda de ganado

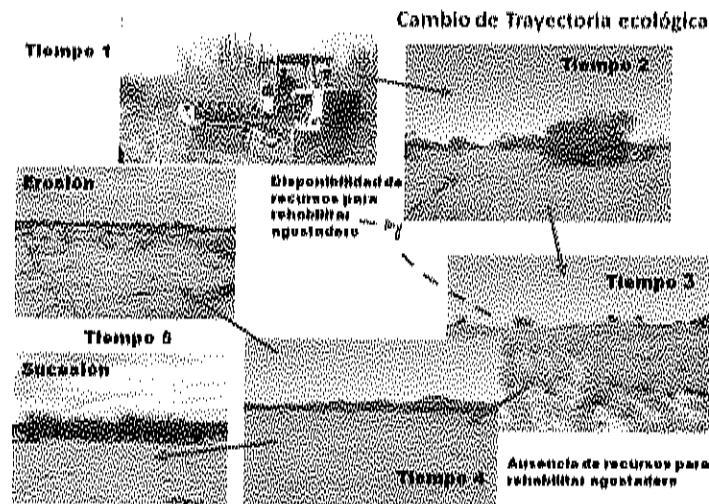


Figura 1. Rutas de deterioro o rehabilitación potenciales en las praderas de zacate buffel que se han degradado.

(Fuente: elaboración propia, fotografía del Tiempo 1 tomada de Martín e Ibarra, 2002)

En los casos más severos, la escasez de recursos propicia fracasos productivos desde antes de introducir las praderas. Como los productores de los estratos bajos no disponen de liquidez suficiente, el factor que determina las acciones a la hora de sembrar zacate buffel es el ahorro de costos. Introducen sus praderas sin ningún respaldo técnico de por medio (no pueden pagarlo), utilizan semilla sin certificar^b, y los trabajos de preparación del suelo son insuficientes. En consecuencia, sus praderas tienen pobre cobertura vegetal, y el impacto ambiental del desmonte no se ve compensado, ni siquiera con la productividad que suelen tener las praderas recién abiertas. Así, aunque

^b Por ejemplo, en reciprocidad a la información proporcionada por los informantes, en un par de ocasiones realizamos evaluaciones gratuitas de la eficiencia germinal de semillas de buffel adquiridas por productores ejidales. En una ocasión obtuvimos cero por ciento de germinación. Notificamos oportunamente al productor ejidal, pues si este hubiera desmontado su predio y sembrado esa semilla, se habría quedado sin agostadero natural y sin pradera de buffel.

invariablemente el costo ambiental de introducir zacate buffel es alto –pues se disminuye la biodiversidad y la productividad de forraje en periodos críticos-, este costo se eleva cuando los recursos para introducir o rehabilitar praderas son escasos. A veces se desmonta vegetación natural, y la producción inicial de la pradera no equipara el forraje nativo que se ha perdido.

Estas aseveraciones pueden ilustrarse con los resultados de una parte de nuestro trabajo de campo. Durante nuestros recorridos hicimos 37 conteos de densidad de plantas de zacate buffel, en praderas correspondientes a los distintos estratos pecuarios. Registramos casos de bajo rendimiento y erosión en predios de todos los estratos, pero los fracasos fueron más frecuentes en las praderas del sector social (Tabla 1, Figura 2). Aunque a nivel general identificamos tres trayectorias ecológicas diferentes (rehabilitación, sucesión y erosión), el estado de las praderas en los predios ejidales propicia la última.

Tabla I. Condición de las praderas muestreadas en este trabajo, en base a su densidad y cobertura vegetal⁹.

Condición de la Pradera	Praderas de productores empresariales	Praderas de Productores del estrato medio-alto	Praderas de Productores del estrato medio bajo y poquiteros (Ejidales)	Total de praderas
Muy Buena	4		1	5
Buena	1			1
Regular	3	1	1	5
Mala	5	3	4	12
Muy Mala	2	5	7	14

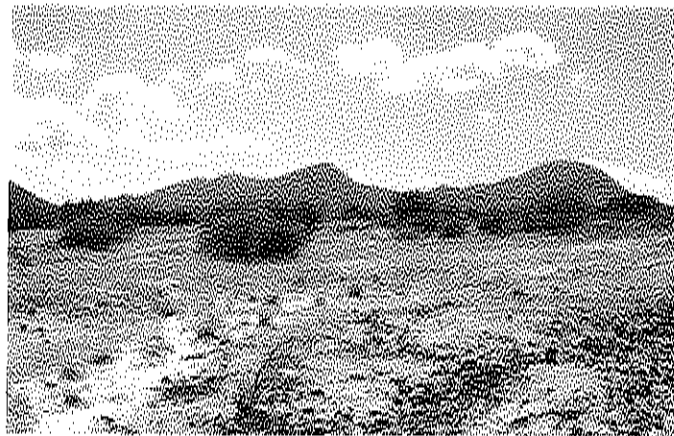


Figura 2. “Pradera” del sector social, Ejido Tecoripa.

Un agostadero sometido a sobre-pastoreo, sufre cambios ecológicos muy importantes. Además de la erosión, en ecosistemas de zonas áridas la presión de sobre-pastoreo propicia la desaparición de especies con valor forrajero (Whitford, 2002), y la dominancia de plantas no palatables o tóxicas (Ibarra-Flores et al., 2009), ricas en

⁹ La calidad se determina con base en la densidad y cobertura de plantas. Consideramos como pradera de calidad, o buena, por ejemplo, a aquella pradera que tiene cuatro o cinco plantas por metro cuadrado, con una cobertura de suelo inferior al 30 %, y con altura de plantas no menor a 60 cm. A menudo las praderas ejidales tienen una cobertura de suelo superior al 60 %, una o dos plantas por metro cuadrado, con alturas que no rebasan los 40 cm. De manera general, nuestros resultados de calidad de praderas fueron coincidentes con lo reportado por Castellanos y colaboradores en el 2002.

compuestos químicos y toxinas que pueden interferir con la fecundidad de las reses, sus ganancias en peso, o su sobrevivencia (James et al., 1992; Yaeger, 1998; Landau et al., 2000; Miyoshi et al., 2001). Los efectos combinados de la erosión, la disminución de la productividad forrajera, y la presencia de especies tóxicas, repercuten en los porcentajes de parición y la sobrevivencia de los animales (Denogean et al., 2008)¹⁰, retroalimentando el ciclo de la vulnerabilidad. Como la rentabilidad es menor, hay menos dinero para comprar sustitutos de forraje en temporadas de sequía, no hay solvencia ni producción que avale una solicitud de crédito, y el productor se ve forzado nuevamente, a sobre-pastorear su predio (Ver figura 4 en capítulo IV).

5.2. La Vulnerabilidad de los productores pecuarios, vinculada con la disponibilidad de recursos entre cada estrato de productores, es la expresión concreta de un “Conflicto de la Distribución Ecológica”. Este conflicto se inserta en una matriz de causas históricas, políticas y económicas; donde las fuerzas del capital han jugado un papel prominente.

La vulnerabilidad de los productores pecuarios desigual entre estratos distintos, ilustra con claridad un “*Conflicto de la Distribución Ecológica*”, o situación que se caracteriza por la inequidad social existente a la hora de enfrentar los costos ambientales del deterioro ecológico (Martínez-Alier, 2004). En este caso particular, mientras algunos actores sociales poseen medios y recursos para enfrentar por distintas vías el costo

¹⁰ A nivel estatal se han calculado muertes de casi 15 mil cabezas anuales por envenenamiento con plantas tóxicas (Denogean et al., 2008). No contamos con estadísticas precisas de La Colorada, pero según las charlas con productores durante el trabajo de campo, el envenenamiento de reses adultas ha sido un problema generalizado entre los productores de menores ingresos, particularmente durante las sequías muy intensas.

ecológico de la introducción de praderas –pueden implementar estrategias que les permiten seguir acumulando capital-, una fracción importante de los productores pecuarios paga un costo ambiental mucho más elevado, pues son más vulnerables a las disminuciones en la producción de forraje cuando la lluvia escasea, generan nuevas sinergias al deterioro de sus predios, y sus posibilidades de permanecer en la actividad se reducen notablemente. Así, aunque el deterioro ecológico vinculado con la segunda contradicción del capital se presenta en los predios de todos los estratos pecuarios, este genera repercusiones más severas entre los productores de los estratos más bajos, particularmente entre aquellos que están más limitados por recursos económicos y tierra: los productores ejidales.

Como citamos en el capítulo introductorio de este documento, cuando mencionamos el término “Conflicto de la Distribución Ecológica”, aludimos a una formulación teórica en el campo de la Ecología Política, que se refiere a las asimetrías sociales existentes a la hora de enfrentar los problemas vinculados con la degradación ecológica. Se trata de conflictos en el ámbito de las relaciones sociedad-naturaleza, caracterizados por situaciones donde ciertos sectores sociales deben pagar un costo mayor frente al deterioro causado por una determinada forma de desarrollo (Martínez-Alier, 2005). Estos conflictos pueden presentarse bajo distintas formas (políticas, sociales o inter-étnicas)¹¹, pero tienen como trasfondo la inequidad social existente

¹¹ Incluso se han acuñado términos como *racismo ambiental*, para describir aquellos conflictos de la distribución ecológica, donde la deposición de desechos o contaminantes, se realiza en zonas pobladas por minorías étnicas. Son famosos por su eco internacional, los casos de Love Canal en los Estados Unidos, o la deposición de vertederos y plantas de tratamiento de aguas negras en las zonas y reservas Mapuche, en la Araucanía chilena (Ver: Martínez-Alier y Roca-Jusmet, 2001; y RADA, 2009). A su vez, el activismo social que generan, por parte de los grupos sociales que ven afectado su patrimonio ecológico, o sus

cuando se usan los recursos naturales, o cuando se enfrentan los costos de su deterioro (Guha y Martínez-Alier, 1997).

Bajo cualquiera de sus manifestaciones, los conflictos de este tipo poseen una dimensión política y económica (Robins, 2004). Reposan en dispositivos políticos que legitiman las diferencias en el uso de los recursos naturales, o se sostienen en arreglos económicos que generan gran desigualdad. Es el caso de muchos conflictos vinculados con la expansión del capitalismo internacional, pues las necesidades y demandas de los países desarrollados del norte, han propiciado el uso intensivo de recursos, o la depositación de contaminantes, en los países subdesarrollados del sur (Leff, 2003b). Como se ha mencionado en numerosas ocasiones, la inclusión de los territorios no capitalistas en los circuitos capitalistas de generación de valor, ha propiciado grandes desigualdades regionales en términos de deterioro ecológico (O'connor, 2001; Forsyth, 2003; Martínez-Alier, 2005; Foladori, 2007).

Este sería nuestro caso. Nuestra posición marginal y tardía en el desarrollo del capitalismo mundial, y nuestro papel de proveedores subordinados a las demandas del mercado estadounidense de becerros, propician que aquí se pague el costo del deterioro de los agostaderos¹², mientras que al otro lado de la frontera se finaliza el ciclo

medios de vida; se ha denominado desde hace más de una década, como *Ecologismo de los Pobres* (Ver Guha, 1994; y Martínez-Alier, 1994).

¹² Actualmente, el 86 % de las superficies erosionadas del estado (4,421,968 Has de un total de 5,142,270 Has), se asocian con la ganadería extensiva, de producción de becerros. El 45 % de las superficies erosionadas del estado, tiene una erosión muy severa. Ver: López-Reyes (2006) y López-Reyes (2001).

cuando se usan los recursos naturales, o cuando se enfrentan los costos de su deterioro (Guha y Martínez-Alier, 1997).

Bajo cualquiera de sus manifestaciones, los conflictos de este tipo poseen una dimensión política y económica (Robins, 2004). Reposan en dispositivos políticos que legitiman las diferencias en el uso de los recursos naturales, o se sostienen en arreglos económicos que generan gran desigualdad. Es el caso de muchos conflictos vinculados con la expansión del capitalismo internacional, pues las necesidades y demandas de los países desarrollados del norte, han propiciado el uso intensivo de recursos, o la depositación de contaminantes, en los países subdesarrollados del sur (Leff, 2003b). Como se ha mencionado en numerosas ocasiones, la inclusión de los territorios no capitalistas en los circuitos capitalistas de generación de valor, ha propiciado grandes desigualdades regionales en términos de deterioro ecológico (O'Connor, 2001; Forsyth, 2003; Martínez-Alier, 2005; Foladori, 2007).

Este sería nuestro caso. Nuestra posición marginal y tardía en el desarrollo del capitalismo mundial, y nuestro papel de proveedores subordinados a las demandas del mercado estadounidense de becerros, propician que aquí se pague el costo del deterioro de los agostaderos¹², mientras que al otro lado de la frontera se finaliza el ciclo

medios de vida; se ha denominado desde hace más de una década, como *Ecologismo de los Pobres* (Ver Guha, 1994; y Martínez-Alier, 1994).

¹² Actualmente, el 86 % de las superficies erosionadas del estado (4,421,968 Has de un total de 5,142,270 Has), se asocian con la ganadería extensiva, de producción de becerros. El 45 % de las superficies erosionadas del estado, tiene una erosión muy severa. Ver: López-Reyes (2006) y López-Reyes (2001).

cuando se usan los recursos naturales, o cuando se enfrentan los costos de su deterioro (Guha y Martínez-Alier, 1997).

Bajo cualquiera de sus manifestaciones, los conflictos de este tipo poseen una dimensión política y económica (Robins, 2004). Reposan en dispositivos políticos que legitiman las diferencias en el uso de los recursos naturales, o se sostienen en arreglos económicos que generan gran desigualdad. Es el caso de muchos conflictos vinculados con la expansión del capitalismo internacional, pues las necesidades y demandas de los países desarrollados del norte, han propiciado el uso intensivo de recursos, o la depositación de contaminantes, en los países subdesarrollados del sur (Leff, 2003b). Como se ha mencionado en numerosas ocasiones, la inclusión de los territorios no capitalistas en los circuitos capitalistas de generación de valor, ha propiciado grandes desigualdades regionales en términos de deterioro ecológico (O'Connor, 2001; Forsyth, 2003; Martínez-Alier, 2005; Foladori, 2007).

Este sería nuestro caso. Nuestra posición marginal y tardía en el desarrollo del capitalismo mundial, y nuestro papel de proveedores subordinados a las demandas del mercado estadounidense de becerros, propician que aquí se pague el costo del deterioro de los agostaderos¹², mientras que al otro lado de la frontera se finaliza el ciclo

medios de vida; se ha denominado desde hace más de una década, como *Ecologismo de los Pobres* (Ver Guha, 1994; y Martínez-Alier, 1994).

¹² Actualmente, el 86 % de las superficies erosionadas del estado (4,421,968 Has de un total de 5,142,270 Has), se asocian con la ganadería extensiva, de producción de becerros. El 45 % de las superficies erosionadas del estado, tiene una erosión muy severa. Ver: López-Reyes (2006) y López-Reyes (2001).

productivo con la etapa que genera mayores utilidades¹³. Los costos del impacto ambiental que aquí se genera, no se reparten de forma equitativa, pues los mecanismos de extracción del plusvalor generado, y las diferencias existentes en cuanto a disponibilidad de tierra, recursos económicos, o incluso relaciones políticas, favorecen grandes asimetrías a la hora de enfrentar el deterioro. En ambos planos de la compra-venta de becerros –internacional y regional- sobresale el rol prominente de las relaciones capitalistas, pero los factores que configuran la inequidad social son distintos.

Entre estos factores, actuando en ambas escalas, destaca el papel de las fuerzas económicas locales, que han fortalecido la relación subordinada con los engordadores y compradores al otro lado de la frontera, y que han asegurado un conjunto de privilegios políticos y económicos, para una élite local de productores. El esquema vigente de producción de becerros, y las profundas diferencias en disponibilidad de recursos para enfrentar su costo ecológico, también se vinculan con las necesidades de expansión y reproducción de los productores que están posicionados en la cima de la cadena productiva¹⁴, quienes han promovido a través de sus propios organismos gremiales - fundamentalmente la Unión Ganadera Regional de Sonora-, medidas jurídicas, políticas

¹³ Los productores tardan alrededor de 18 meses en producir cada becerro, incluyendo desde la preñez de la hembra hasta que el producto alcanza la talla de venta. A partir de ese momento, hay que esperar un tiempo para que la vaca vuelva a cargarse. Este lapso de espera depende de la condición de salud del animal, e indirectamente del estado del agostadero. Si las reses están malnutridas, el tiempo se prolonga (Landau et al., 2000; Miyoshi et al., 2001). Durante la preñez de la vaca, y hasta que el becerro es destetado –alrededor de los 140 kg en La Colorada-, el criador carga con los costos de manutención. Hace algunos años, esta fase consumía el 75 por ciento del costo total de la producción de un animal de 400 kg (Salazar y Borbón, 2000), pero el precio que reciben los criadores, usualmente no rebasa el 50 % de su valor en la frontera (Pérez-López, 1993; Corrales, 2009). Los productores de la primera fase corren con la mayor parte de los riesgos, y soportan la carga más pesada de los costos.

¹⁴ En el caso de México, las formas de intervención del capital internacional implicaron una refuncionalización del sector ganadero nacional de acuerdo con los intereses del mercado mundial. México cumplió una función muy específica como abastecedor de ganado en pie, y de carne magra a precios bajos, en un modelo productivo vinculado al mercado estadounidense (Ver Fernández-Ortiz, L. y Tarrío M. 1988).

y económicas, acordes con sus intereses (Pérez, 1993). Como se ha señalado durante las últimas dos décadas, en respuesta a estas demandas, el Estado ha ejecutado acciones de apoyo y protección en materia de tenencia de la tierra, o ha subsidiado tipos específicos de infraestructura, para “consolidar el desarrollo estatal de la ganadería”, pero estas acciones han facilitado en última instancia, la extracción del plusvalor por los productores de tipo empresarial que exportan directamente (Pérez et al., 1984; Camou y Pérez, 1986; Pérez, 1989).

La participación del Estado ha sido coherente con la lógica de la acumulación capitalista, pues sus acciones han mantenido las relaciones sociales de producción, y las condiciones necesarias para la acumulación del capital por parte de una élite. Estas funciones, que desde la perspectiva marxista¹⁵ pueden facilitarse a través de medidas como: a) Crear las condiciones sociales para que la producción se realice, b) Determinar, ejecutar y salvaguardar el sistema legal que rige las relaciones sociales; se han concretado en el caso que nos ocupa, mediante el arreglo discrecional de los conflictos agrarios (Pérez-López et al., 1986; Camou-Healy y Pérez-López, 1986), o mediante el manejo de los instrumentos políticos, de inversión pública, e incluso de fomento científico; en beneficio de sólo un determinado tipo de producción¹⁶, y de manera indirecta, en beneficio de la acumulación capitalista.

¹⁵ La idea se desarrolla en Engels, F. 1996. *El Origen de la Familia, la Propiedad Privada y el Estado*. 13ª Edición. Madrid (Reedición de la obra escrita por el autor en 1891).

¹⁶ Es el caso por ejemplo, de los subsidios a la compra de sementales de raza “fina”, pues estas razas alcanzan buen precio en el mercado internacional de becerros. Aunque estas razas no están adaptados a las condiciones ecológicas locales, hasta el año 2007 ALCAMPO financiaba con un cincuenta por ciento de su costo total, y el Gobierno del Estado aportaba otra parte para disminuir los cargos al productor. En el año 2008 estos porcentajes cambiaron, pero se presupuestaron ocho millones de pesos para comprar 900 sementales de registro. También hubo subsidios en otros rubros, pero todos enfocados al mismo tipo de

No abordaremos el papel del Estado en la manipulación de los conflictos agrarios entre ranchos, ejidos y comunidades; porque de eso se ha hablado bastante en trabajos que nos han precedido¹⁷. Preferimos ejemplificar con el fomento a la introducción de praderas de zacate buffel, acción que se inscribe en el fomento de la ganadería de exportación, y que históricamente ha obedecido a las demandas del mercado capitalista de becerros (Camou-Healy, 1987). El financiamiento gubernamental de praderas de zacate buffel permite articular la producción local con la demanda internacional, porque la vegetación nativa del centro de Sonora, no representa un bioma muy apropiado para mantener a las razas “exportables”, y porque las praderas de zacate buffel productivas permiten pre-engordar el ganado durante el verano, antes de las ventas masivas de otoño. Debido a que el zacate buffel permite intensificar el uso de la tierra cuando las lluvias son buenas –incrementando la capacidad de agostadero en un periodo estratégico-, la apertura de praderas incorpora más oportunamente al paisaje natural en los ciclos de producción de plusvalor¹⁸, y con ello favorece de manera indirecta la extracción de este

ganadería. Información proporcionada en las oficinas de fomento ganadero del Gobierno del Estado de Sonora.

¹⁷ Para entender a detalle el papel del Estado en la solución de los conflictos agrarios vinculados con la actividad ganadera, se sugiere revisar el capítulo I del Libro *La ganadería capitalista en México* (Ed. Línea, 1984), de Mechthild Rutsch. También pueden consultarse los reportes de Pérez-López et al., 1986; y Camou-Healy y Pérez-López, 1986; quienes en su historia de la ganadería, citan de qué forma se resolvieron algunos conflictos agrarios, a favor de la producción ganadera capitalista, en la región centro-oriental de Sonora.

¹⁸ El agostadero natural forma parte de lo que en el marco teórico marxista se denomina: *Condición Natural de Producción*. Con este término se alude a elementos físicos que no son producto del trabajo humano (agua, tierra, etc.), pero que al ser tratados como mercancías, pueden aumentar la producción de valor y plusvalor (Marx, *El Capital*, V. 2). En casos de uso intensivo, su degradación produce el fenómeno contrario, pues al incrementar los costos de producción, reduce las utilidades. Ver: Oconnor, 2001.

plusvalor, por los productores exportadores o por los compradores del otro lado de la frontera¹⁹.

Como hemos discutido en el capítulo III, el fomento gubernamental de praderas de zacate buffel, descansa en un aparato jurídico que legitima continuamente este tipo de transformaciones al paisaje. La apertura de praderas en el agostadero sonorense, es un asunto de interés público desde tiempos del Gobernador Faustino Félix Serna (1967-1973), pues casi al final de su gestión se expidió una Ley de Ganadería que enfatizaba la participación del Estado en las tareas relacionadas con la modernización ganadera. Coherente con las políticas nacionales que favorecían el proceso de pecuarización en México, en esta ley se asignaba un papel preponderante al manejo de agostaderos y a la introducción de pastizales (Camou-Healy, 1994).

Con La Ley de Ganadería se sentaban las bases para un esquema de desarrollo ganadero fuertemente articulado con las necesidades del mercado capitalista de la carne, pero también se promovía una modalidad de desarrollo pecuario, que se ha vuelto cada vez más dependiente de la introducción de zacate buffel. Este enfoque legal continúa vigente, y se traduce en las ordenanzas y normas legales que actualmente facilitan la introducción de esta gramínea. En Sonora de hecho, todavía se considera de utilidad pública la introducción de praderas (Ley de Ganadería, 2005)²⁰, y en los capítulos

¹⁹ Con frecuencia los poquíteros, o el estrato medio bajo --en ese orden- venden una proporción importante de sus becerros en los meses de Abril a Junio, cuando escasea el forraje del campo y necesitan liquidez para adquirir suplementos. Este período es estratégico para grandes y medianos compradores, pues compran el becerro a bajo precio, y sólo deben esperar un poco de tiempo antes de que caigan las primeras lluvias. Cuando caen las primeras lluvias, las praderas incrementan su productividad, los becerros engordan, y alcanzan rápidamente una talla adecuada de venta. El comprador obtiene así buenas utilidades enfrentando un riesgo mínimo.

²⁰ La Ley de Ganadería del Estado de Sonora más reciente, expedida en el año 2005, explícita en su título sexto, capítulo I, que la introducción de praderas es un tema de interés público. A contrapelo de las

precedentes hemos visto como el Estado participa activamente en el financiamiento de estas.

Las acciones de fomento gubernamental a la introducción de praderas de buffel, han contado con respaldo técnico-científico. Como indicamos en el capítulo I, se sustentan en investigaciones que han tenido el propósito de desarrollar tecnologías de producción pecuaria, para satisfacer las necesidades impuestas por el mercado capitalista de bovinos. Dichos esfuerzos de investigación, acotados por el paradigma simplificador de la ciencia contemporánea, han servido para planificar y legitimar políticamente, el manejo intensivo -y fragmentado a la vez-, de los elementos bióticos y abióticos (agua, tierra, fisiografía, etc.), que determinan la producción de forraje. Bajo estos abordajes científicos, se han generado conocimientos muy especializados, de variables vinculadas al manejo de praderas –rangos de adaptación del zacate buffel, tipos idóneos de suelo, climas más apropiados, etc.-, pero los datos generados no se han obtenido desde una perspectiva sistémica.

Señalamos que no se han obtenido desde una perspectiva sistémica, porque las investigaciones para asegurar el establecimiento del zacate buffel, descansan en una simplificación ficticia de la complejidad del ecosistema. Ignoran las relaciones entre un proceso ecosistémico como la producción primaria aérea, la diversidad de especies vegetales y las tendencias del clima; o parten de suponer que la producción de forraje es invariante a lo largo del tiempo (Ibarra-Flores et al., 2005), no sujeta ni al deterioro natural de la pradera, ni al sobrepastoreo que prevalece en casi todo Sonora. Estas

evidencias ecológicas disponibles, supone que la introducción de pastos exóticos pueden generar impactos ambientales favorables sobre el agostadero sonorense (Título Primero, capítulo I). Ley de Ganadería para el Estado de Sonora, 2005.

omisiones, han propiciado medidas gubernamentales como la promoción masiva de desmontes, a contrapelo de las relaciones estrechas entre la pérdida de cobertura vegetal, la escasez de lluvia, o las sequías. También han favorecido una concepción mecanicista del proceso ecológico bajo estudio, y la formulación de predicciones “científicas” que señalan incrementos anuales constantes de la productividad de forraje, en cantidades directamente proporcionales a la superficie de praderas habilitadas (Ibarra-Flores et al., 2005). Con estas predicciones “científicas” como sustento, el Estado mantiene los instrumentos de subsidio para promover praderas, o genera normas ambientales muy flexibles, para facilitar los proyectos que buscan transformar –o “rehabilitar”- el agostadero (Ver Capítulo III).

Estas transformaciones del agostadero, realizadas bajo una óptica reduccionista que no toma en cuenta a muchas variables, han propiciado gran deterioro ecológico y mayor vulnerabilidad a la escasez de lluvias. La apertura de praderas reduce la riqueza de especies nativas hasta en un 90 % (Saucedo et al., 1997), y la simplificación del ecosistema -asociada a esta pérdida de especies- reduce la producción primaria aérea, e incrementa la vulnerabilidad en periodos secos (Ver capítulos II y IV). No obstante estas desventajas, la introducción de zacate buffel es funcional al sistema capitalista, porque facilita el manejo de las razas europeas, y articula la producción con el mercado capitalista de becerros. Aunque las praderas fracasan con frecuencia -1 de cada 4 pesos se destina a rehabilitar praderas improductivas, ver capítulo III-, este costo de producción es sufragado por el Estado a través de los instrumentos públicos de fomento pecuario. El subsidio gubernamental de praderas que fracasan permite socializar o repartir el costo de las pérdidas; mientras que el subsidio de las praderas que son

exitosas, permite privatizar las ganancias. Las utilidades regularmente son apropiadas por los ganaderos empresariales, pues como hemos visto en el capítulo IV de este documento, este estrato de productores recibe más subsidios, y disfruta del porcentaje más elevado de recursos públicos (Figuras 3 y 4).

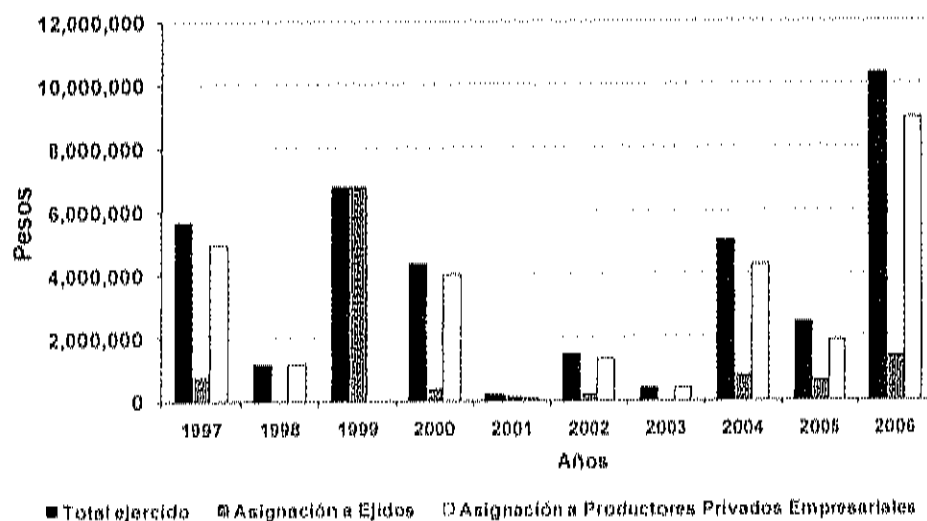


Figura 3. Destino de los recursos ejercidos por el Programa Alcampo en el Municipio de La Colorada, periodo 1997-2006*.

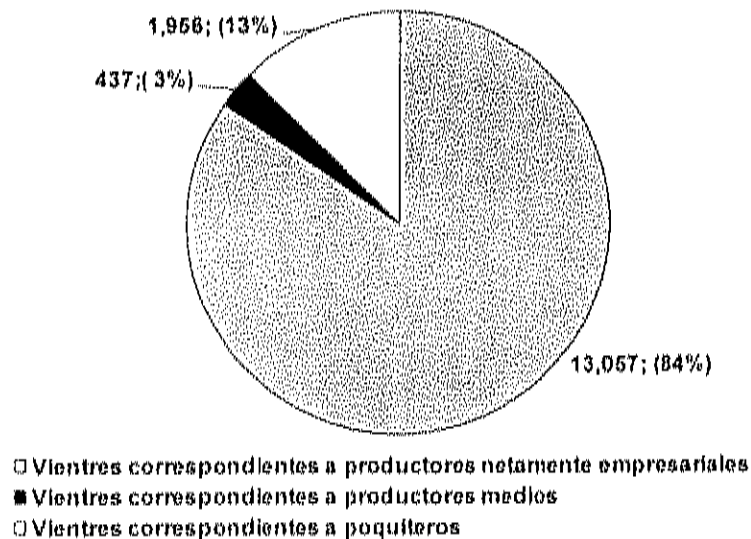


Figura 4. Destino de los recursos ejercidos por el Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN) en el Municipio de La Colorada, periodo 1997-2006*.

* Gráficas elaboradas por el autor con datos proporcionados en las oficinas del Distrito de Desarrollo Rural 145 (SAGARPA), y el padrón de productores beneficiados por PROGAN. Este último disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlr/sonora/ganaderia/pagosprogan.pdf> La información de los apoyos, se cruzó con la información bruta de los censos ganaderos municipales, que indican el número de vacas por cada uno de los productores del municipio.

5.3. El conflicto de la distribución ecológica que hemos descrito, puede hacerse más severo en el escenario de cambio climático previsto para esta región de México.

El conflicto de la distribución ecológica que hemos descrito, puede hacerse más marcado si se cumplen los escenarios previstos de cambio climático para esta región de México. Las estimaciones para el estado de Sonora, hacia el año 2020 por ejemplo, indican incrementos de hasta 2 grados centígrados en la temperatura media, y

reducciones de hasta un 10 % en la cantidad de lluvia anual (INE-SEMARNAT, 2007; Castellanos et al., 2009)²¹. Dichas predicciones implican con gran probabilidad, eventos de sequía más recurrentes, y un régimen de lluvias más extremoso. Aunque habrá menos precipitación en el año, la elevación de la temperatura media propiciará que las tormentas sean más intensas, y esto puede incrementar la erosión del suelo (INE-SEMARNAT, 2006), o el deterioro de los agostaderos que tienen pobre cobertura vegetal.

El resultado final de todo esto será mayor escasez de agua. Habrá menor disponibilidad de este elemento para un proceso ecosistémico como la producción de forraje, y probablemente se agravarán los impactos derivados de la apertura de praderas. Las ventajas del zacate buffel en el aprovechamiento del agua, que le permiten germinar con valores menores de humedad respecto a las especies nativas (Ward et al., 2006), o crecer muy rápidamente durante las temporadas lluviosas, probablemente favorecerán que colonice con más rapidez los espacios no ocupados por otras plantas, acaparando recursos que de manera natural serían utilizados por las otras especies (Li et al., 2007; Li et al., 2008)²². Desde hace tiempo se ha demostrado que la colonización de estos espacios incrementa el riesgo de incendios (Burquez et al., 2002, Arriaga et al., 2004), por lo que esta invasibilidad puede contribuir con impactos adicionales, al desplazamiento de las especies locales, mismas que no están adaptadas al fuego (Morales-Romero y Molina-Freaner, 2008). Debido a que muchas de estas especies

²¹ Para una descripción más detallada, se sugiere consultar la siguiente página web:

http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/

INE-SEMARNAT (2007), *El Cambio Climático en México. Información por Estado.*

²² También es posible que el zacate buffel incremente su rango distribución geográfica, invadiendo las zonas frías del estado, que aún no han sido invadido por las limitaciones de temperatura.

tienen valor forrajero (COTECOCA, 1974), su desaparición agravará la situación de los productores en las temporadas secas.

La colonización de interespacios, la intensificación del régimen de fuego, y la eliminación de especies no tolerantes al mismo, generarán repercusiones severas, fundamentalmente en procesos ecológicos como el reclutamiento de nuevos individuos, el mantenimiento de la biodiversidad, la degradación de la materia orgánica en el suelo, y los ciclos de mineralización de nutrientes que permiten la regeneración del suelo (Holzapfel y Mahall, 1999; Pugnaire y Luque, 2001; López-Robles et al., 2006; Méndez-Estrella, 2007). Si no hay una fuerza natural, o una política pública capaz de modificar las nuevas trayectorias ecológicas de los agostaderos deteriorados, se agravarán sus pérdidas de productividad forrajera, y es probable que los predios tiendan a desertificarse. Señalamos esta posibilidad, porque las altas tasas de carga animal en el territorio sonorense, o la ausencia de recursos económicos -o la inequidad en la tenencia de la tierra-, para reducir la presión de sobre-pastoreo, establecen sinergias que amplifican el deterioro de los predios ganaderos²³.

Estas sinergias son muy importantes, y no desaparecerán por sí solas. Como se ha mencionado por estudiosos destacados de la problemática rural nacional, las reformas neoliberales que se han introducido en el país desde mediados de la década de los 80's - y que se han consolidado durante los años subsecuentes-, siguen incrementando la desigualdad social en el campo mexicano (Quintana, 2004; Schwentesius et al., 2004).

²³ Prácticas ganaderas inadecuadas, en combinación con un clima que inhibe la descomposición y reincorporación de la materia orgánica, y que no favorece la regeneración del suelo, pueden facilitar la desertificación rápida de un sitio (Withford, 2002).

El mercado se ha convertido desde entonces en el principal criterio para la asignación de recursos (Otero, 2004), y aunque en las oficinas gubernamentales se diga lo contrario, los subsidios se siguen distribuyendo bajo enfoques que no propician la equidad social, o la sustentabilidad ecológica. Gracias a ello, y a las asimetrías sociales existentes, los pequeños productores no pueden modificar sus patrones actuales de manejo del agostadero, y se ven forzados a producir en condiciones que vulneran continuamente su base física de recursos. Puesto que esta base física también se está modificando por las tendencias actuales del clima, es muy probable que se generen dinámicas más intensas de deterioro ecológico.

Todos estos elementos permiten predecir mayor severidad, en el conflicto de la distribución ecológica que hemos descrito. Este, ya no se circunscribe solamente, a los impactos originados por un paquete tecnológico incompatible con las condiciones locales, y a una serie de factores socioeconómicos que amplifican estos impactos. Ahora, adicionalmente, se articula con un proceso climático de escala global, que le puede retroalimentar en el futuro, y que puede amplificar sus repercusiones sociales y naturales. Por esta razón, de no corregir las variables socioeconómicas que inciden localmente en el fenómeno de la vulnerabilidad, los mecanismos de retroalimentación entre factores como la inequidad en la asignación de subsidios, la extracción del plusvalor generado por los productores de los estratos más bajos, el costo de la tecnología, o los impactos ecológicos que esta puede generar, generarán una sinergia más fuerte al deterioro de los agostaderos. Probablemente incrementarán la polarización social, agravarán la severidad de sequías, o disminuirán la rentabilidad hasta un nivel que haga muy difícil sobrevivir en la actividad (Figura 6). La vulnerabilidad de los

productores, una propiedad social emergente condicionada por la escasez de lluvias, tenderá a profundizarse en presencia de sequías más recurrentes, y a convertirse en los nuevos escenarios del clima, en una situación de riesgo ambiental permanente.

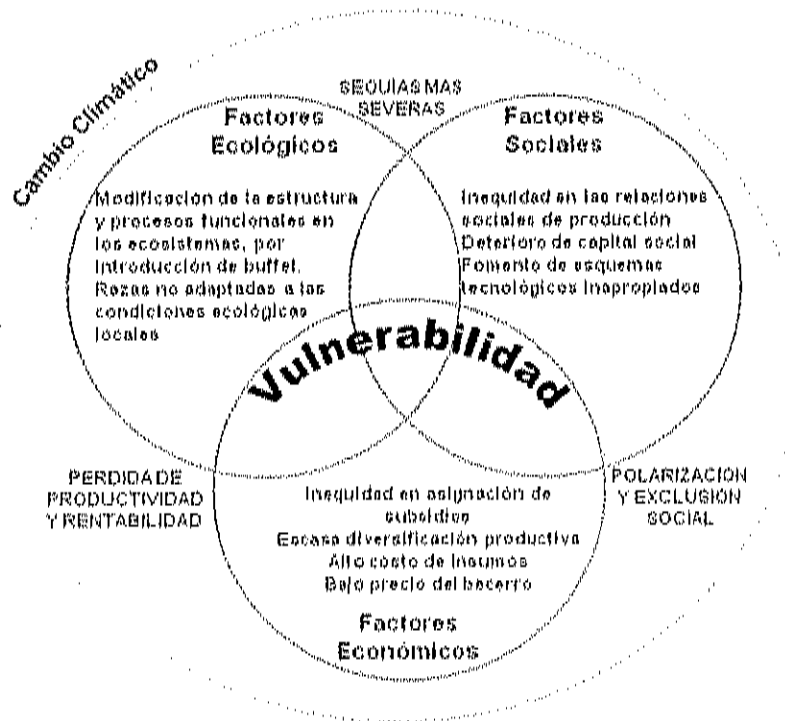


Figura 5. Elementos que configuran la vulnerabilidad –o no sustentabilidad–, de los productores pecuarios y la ganadería bovina en el centro de Sonora.

(Fuente: Elaboración propia, formato de la figura: modificado de Conley et al., 1999).

5.4. Nuestro abordaje es consistente con el enfoque de las ciencias de la complejidad, y con paradigmas de vanguardia para entender el fenómeno de la degradación/desertificación de la tierra y sus repercusiones sociales.

Nuestro abordaje, parte de reconocer la multi-causalidad y complejidad del fenómeno de la degradación ecológica del agostadero sonorense, sus vínculos con el clima, y sus repercusiones ecológicas y sociales. Se fundamenta en una aproximación

sistémica y multidisciplinaria, que no ha simplificado el fenómeno bajo estudio. En contraposición a los abordajes científicos convencionales, hemos tratado de considerar, los mecanismos de retroalimentación entre los factores sociales y los factores bio-físicos. El enfoque de las ciencias de la complejidad nos ha resultado muy útil para este propósito, pues nos ha ayudado a establecer los vínculos entre la vulnerabilidad de los productores pecuarios, y la matriz de causas históricas, económicas y políticas, donde este fenómeno se encuentra inserto. Gracias a esta forma de abordaje, nuestros hallazgos son consistentes con enfoques científicos de vanguardia, que han surgido bajo la impronta del enfoque de las ciencias de la complejidad en la última década, para entender y modificar, el severo proceso de degradación/desertificación de tierras en muchos lugares del mundo²⁴.

Nos referimos concretamente, a la consistencia de nuestro abordaje y nuestros resultados, con el enfoque propuesto por el Paradigma de la Desertificación de Dahlem (PDD) (Stafford Smith y Reynolds, 2002). Un paradigma surgido ante las insuficiencias de los enfoques uni-disciplinarios, para entender los fenómenos de degradación-desertificación de tierras. Desde el PDD, se enfatiza la necesidad de nuevas aproximaciones, multi-escalares y multi-disciplinarias, para tratar el problema global de desertificación, que hagan énfasis en los contextos, y en las interacciones existentes

²⁴ Según la convención de las Naciones Unidas para la Desertificación (UN, 1994), el fenómeno de degradación de la tierra implica en las zonas áridas: erosión y sedimentación por agua y viento, redistribución de la capa arable, compactación, formación de dunas y cárcavas. También puede haber cambios en los ciclos naturales del fuego, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, incluyendo la redistribución de nutrientes esenciales, pérdida de la eficiencia de reciclaje de nutrientes y la pérdida de nutrientes del sistema. Las poblaciones de plantas nativas perennes (cobertura y biomasa), y de algunos microorganismos y poblaciones animales, pueden ser reducidas, mientras que las especies exóticas y usualmente no deseables pueden incrementar en su dominancia. Podemos decir que, excepto la formación de dunas, prácticamente todos los demás impactos se han documentado en el centro de Sonora.

entre los factores climáticos, biofísicos y socioeconómicos. Con ello se busca incentivar formas de abordaje no reduccionistas, que reconozcan las especificidades del fenómeno de degradación/desertificación en contextos socio-ecológicos distintos, y que identifiquen los mecanismos de retroalimentación entre 1) los patrones sociales de uso de la tierra, 2) el estado de deterioro de la misma, y 3) el clima (Reynolds y Stafford Smith, 2002). Según este paradigma, sólo hasta que estas especificidades y estas interacciones se hayan identificado, será posible articular soluciones más realistas al problema²⁵.

Nuestro abordaje considera estos tres componentes, y sus vínculos. Aunque reconocemos que aún falta clarificar como se expresará el cambio climático en esta región de México, a lo largo de nuestra investigación tratamos de identificar los mecanismos de retroalimentación entre clima, deterioro ecológico del agostadero, y los patrones sociales de uso del mismo. Para ello, puesto que el cambio climático representa un fenómeno biofísico que aún no acabamos de comprender, tomamos como referencia las modalidades tecnológicas de uso del agostadero, y las estrategias de respuesta de los productores pecuarios en eventos de sequía, cuando el deterioro de este genera repercusiones más graves. Hablar de respuestas sociales frente a las sequías, no es necesariamente hablar de respuestas frente al cambio climático, pero, guardando las

²⁵ Desde la perspectiva del PDD se conceptualiza a la degradación de la tierra como un fenómeno complejo. Como un atributo emergente que se vincula con las respuestas del sistema biofísico a las prácticas de manejo, y a las variables climáticas. Se asume que las prácticas de manejo responden, tanto a la cultura y las necesidades de la gente, como a los mecanismos institucionales y políticos que condicionan a las formas sociales de uso de la tierra. Aquí se puede incluir los modos de tenencia de la tierra, las demandas del mercado y los subsidios (Ver Reynolds y Stafford Smith, 2002). En este trabajo tratamos de incluir todas estas variables.

debidas proporciones, estas respuestas nos revelan elementos que hacen vulnerables a los productores pecuarios, frente a una reducción futura en la cantidad de lluvia.

En este trabajo hemos monitoreado los impactos de la apertura de praderas sobre los procesos de producción primaria aérea (PPA) en el agostadero, y como la modificación de estos procesos genera repercusiones sociales durante los eventos de sequía. Sabemos sin embargo, que el monitoreo a largo plazo de los vínculos entre degradación de tierras, vulnerabilidad social, y tendencias del clima, requerirá considerar otros componentes ecosistémicos también afectados por la apertura de praderas, que nosotros no incluimos. Todos los componentes del agostadero (suelo, agua, vegetación, etc.) se ven impactados por la introducción de zacate buffel (Saucedo et al., 1997; Ibarra Flores et al., 1999; Castellanos et al., 2010), pero las respuestas de cada uno de estos componentes presentan particularidades y velocidades tan distintas, que su medición habría resultado imposible en un estudio individual de tres años. Eso es más bien un trabajo de equipo, que implica incrementar las variables bajo análisis, y ampliar los horizontes temporales de estudio.

Elegimos la PPA, porque es una variable relativamente sencilla de medir con el uso de imágenes de satélite, porque presenta una respuesta rápida a las modificaciones humanas del agostadero (presenta variaciones de una estación del año a otra, y es muy sensible a la precipitación, LeHouerou, 1984 y LeHouerou et al., 1988), y porque tiene importancia directa para los productores pecuarios. Sin embargo, existen otros procesos ecológicos que ocurren a velocidades más lentas (balances hídricos, mineralización de nutrientes, formación de suelo, etc.), también vinculados al fenómeno de la

vulnerabilidad, que deben incluirse en análisis futuros. Es importante estudiar las relaciones entre desmontes, recarga de acuíferos y vulnerabilidad de los productores; los vínculos entre introducción de zacate buffel, humedad en el suelo, cambios en la mineralización de nutrientes, y producción bovina; los vínculos entre cambios regionales de la cubierta vegetal, tendencias de temperaturas, enfermedades de las reses y rendimientos ganaderos, etc. La inclusión de otros procesos y variables también vinculados al fenómeno de la vulnerabilidad, permitiría proponer soluciones más fundamentadas, y también permitiría entender con mayor nivel de detalle, las tendencias de deterioro de los ecosistemas, en un escenario donde el clima se modifica rápidamente, y donde el esquema de producción capitalista, vulnera los recursos naturales que lo sustentan.

Incluir estas nuevas variables ampliaría el universo de análisis, pero también ayudaría a entender, la evolución de un mismo proceso en escalas temporales y espaciales más amplias. Permitiría entender las repercusiones sociales del cambio de coberturas del terreno en periodos temporales más largos, y robustecería el análisis y la comprensión del fenómeno de la vulnerabilidad. Un seguimiento de este tipo es imprescindible para evaluar continuamente medidas correctivas de largo plazo, pues los ecosistemas bajo disturbio no evolucionan de manera lineal (Stringham et al., 2003; Beisner et al., 2003; Briske et al., 2005), y en el caso específico de los agostaderos, no es objetivo predecir comportamientos unidireccionales y constantes (Noy-Meir, 2005). De hecho, si tenemos en cuenta el enfoque de las ciencias de la complejidad, y más concretamente el Paradigma de la Desertificación de Dahlem, debemos considerar que existen umbrales de comportamiento de los ecosistemas (Grossman et al., 2006), y que

la evolución de estos puede tomar trayectorias no previstas. En estas trayectorias, las variables de respuesta lenta, y las dinámicas de largo plazo, a menudo constituyen los determinantes críticos (Walker et al., 2002).

5.5. Las soluciones propuestas en los distintos capítulos, que gravitan en torno a: 1) la necesidad de armonizar la ganadería bovina sonoreense con las condiciones ecológicas locales, y 2) favorecer mayor equidad social, constituyen medidas que reconocen la multi-dimensiónalidad y multi-causalidad del fenómeno de la vulnerabilidad.

Con la información que tenemos hasta ahora, sabemos que existen variables tecnológicas y socioeconómicas vinculadas a la producción bovina, que pueden incrementar la vulnerabilidad de los productores a los efectos del cambio climático. El paquete tecnológico vigente de producción pecuaria, puede amplificar los efectos de las sequías meteorológicas que se esperan, mientras que las asimetrías existentes entre productores de diferentes estratos, muy probablemente disminuirán la capacidad de respuesta. Reducir la vulnerabilidad frente a este fenómeno climático, implica por tanto una actividad ganadera más articulada con la realidad ambiental del semi-desierto sonoreense, pero también un arreglo más equitativo de organización social, y de acceso a los estímulos gubernamentales para la producción bovina. Ambas vertientes deben atenderse en paralelo, pues como hemos visto en nuestros resultados, la no sustentabilidad ecológica propicia no sustentabilidad social, y la no sustentabilidad social, propicia también, no sustentabilidad ecológica.

En los capítulos III y IV de este documento, hemos propuesto acciones para incidir en ambas vertientes. Estas, que podrían ubicarse en distintas escalas de espacio y tiempo, atienden tanto las causas de largo plazo del binomio deterioro- vulnerabilidad, como aquellas que actúan en el plano inmediato. En la escala de más largo plazo, podemos ubicar el diseño de nuevas políticas de fomento ganadero, vinculadas con la evaluación tecnológica y económica, de alternativas de producción pecuaria como la ganadería orgánica, que revaloren la importancia de la biodiversidad, y que armonicen la ganadería bovina con las condiciones de aridez del agostadero sonorense²⁶. También en este plano de largo plazo, se requiere el diseño de nuevas reglas de acceso a los recursos públicos, que favorezcan a todos, y que propicien la construcción de capacidades autogestivas, para un desarrollo rural endógeno, no dependiente de intermediarios, ni de las fluctuaciones o demandas del mercado (Barkin, 2002).

En el plano más inmediato y concreto, podemos ubicar acciones como 1) Las adecuaciones al marco legal que regula ambientalmente la apertura de praderas, 2) La modificación de los esquemas actuales de asignación de subsidios, que aseguren la difusión de beneficios a los productores más desprotegidos, y 3) El involucramiento de los productores, en los espacios locales y regionales para la toma de decisiones, como los Consejos Estatales de Desarrollo Rural Sustentable. Como se indicó en su momento, estas medidas propiciarían una reordenación de las causas humanas que inciden en la

²⁶ Gracias a su escaso desarrollo nacional, la ganadería orgánica tiene mucho atractivo en términos económicos. Aunque el mercado nacional de productos orgánicos aún no se ha consolidado, hay mercados en el mundo muy desarrollados. La Unión Europea, y los Estados Unidos de Norte-América, por ejemplo, tienen una demanda en franco crecimiento, que avanza a ritmos de hasta un 20 por ciento anual (Zamorano y Ríos, 2005). Este atractivo se incrementa si se consideran las limitaciones económicas que enfrentan los productores nacionales de la ganadería bovina (Gómez-Cruz et al., 2005).

degradación ecológica del agostadero sonoreño, y favorecerían condiciones de equidad social, que reducirían las repercusiones sociales de este deterioro. En particular, el involucramiento de los actores locales en instancias de planeación como los Consejos Estatales para el Desarrollo Rural Sustentable, permitiría incorporar la voz y las propuestas de los propios productores en la definición de sus prioridades de desarrollo. Su involucramiento en instancias de este tipo, les facilitan convertirse, poco a poco, en sujetos de su propio desarrollo.

5.6. De acuerdo a nuestros hallazgos, es importante fortalecer y reconstruir el tejido social entre los productores en pequeño, y la capacidad de implementar medidas adicionales de respuesta. Dichas medidas otorgan resiliencia al sistema productivo en su conjunto.

Los hallazgos que obtuvimos permiten cuestionar las explicaciones simplistas del deterioro ecológico, y propician medidas más fundamentadas para enfrentar el escenario climático que se avecina. Indican por ejemplo, que existen estrategias en el caso de los pequeños productores, que deben robustecerse desde la esfera gubernamental, para reducir la vulnerabilidad en los periodos de escasez de lluvias. Entre estas estrategias destacan, aquellas que se originan en el *capital social*. Como hemos señalado en el capítulo IV, la existencia de vínculos sustentados en la confianza y reciprocidad entre amigos, parientes y vecinos; permite acuerdos para el manejo del agostadero, que son muy eficientes para sostener a los pequeños productores durante las temporadas críticas. Aunque se trata de una eficiencia que no puede medirse bajo los parámetros de la ganadería capitalista (productividad, índices de parición, etc.),

disminuye la vulnerabilidad ecológica y social vinculada con este sistema productivo, sobre todo cuando la precipitación es escasa. Por ejemplo, si estos vínculos sociales se erosionaran, se haría más difícil la rotación de ganado en los predios ejidales, y seguramente el sobrepastoreo sería más intenso. Si el sobrepastoreo se hace más intenso, las repercusiones sociales del cambio climático serán mayores.

El capital social²⁷, un concepto que se ha definido como: “las características de la organización social –*normas, reciprocidad, confianza*- que facilitan la cooperación colectiva en beneficio mutuo” (Putnam, 2000), disminuye en nuestro caso, la vulnerabilidad de los productores pecuarios. Constituye un atributo social que permite atenuar los efectos de las sequías. Más allá de su utilidad inmediata, también constituye un elemento que permite cuestionar a los postulados que apuestan por el deterioro inevitable, de los recursos naturales que no se encuentran bajo el régimen de propiedad privada (Hardin, 1968). Como se ha señalado por científicos sociales que han abordado la relación sociedad-naturaleza en escenarios donde se comparten recursos comunes (Katz, 2000; Durston, 2002; Dietz et al., 2003; Durston y López, 2006; Adger et al., 2009 y Ostrom, 2009), la existencia de mecanismos informales para el manejo consensuado de estos recursos, propicia, cuando los mecanismos son apoyados colectivamente, fuerzas opuestas al deterioro del medio físico. Es decir, propicia la conservación de aquellos componentes ambientales sometidos al uso común.

²⁷ El capital social es un atributo que describe la sociabilidad de un conjunto humano, y aquellos aspectos que favorecen la colaboración y el uso, por parte de los actores individuales, de las oportunidades que surgen en las relaciones sociales de grupo. Autores como Ostrom (2000) han destacado tres “fuentes” principales de esta forma de capital, que son: la confianza mutua, las normas efectivas y las redes sociales.

Este tipo de cuestionamientos permiten poner en perspectiva a las acciones gubernamentales vigentes en la zona de estudio, que apostando por una ordenación y certificación de los derechos agrarios en ejidos de la región -con el pretexto de incrementar la productividad ganadera- han propiciado 1) la subdivisión de la tierra en un nivel que impide la sustentabilidad ecológica de la ganadería, y 2) la erosión severa de los vínculos sociales entre los productores ejidales. El proceso de certificación de derechos agrarios, que se inició localmente desde la década pasada, dificulta ahora la implementación de estrategias que pueden ser muy útiles durante un evento de sequía, y tiene el potencial de incrementar la severidad de la escasez de lluvias (Ver Capítulo IV).

La certificación y regularización de terrenos implementadas en la zona, son medidas funcionales a la lógica capitalista -porque facilitan la compraventa de tierras-, pero constituyen acciones gubernamentales que parecen incrementar la vulnerabilidad en periodos de escasez de lluvias. Han propiciado el deterioro del tejido social entre los productores de la zona²⁸, obstruyendo la rotación de ganado entre predios distintos, la toma de acuerdos consensuados para el manejo de recursos naturales, la articulación de estrategias colectivas para enfrentar eventos de sequía, etc. Desconocemos los impactos de la certificación agraria en términos de la productividad ganadera, pero con los elementos que tenemos hasta ahora, podemos afirmar que, si se evalúa con un criterio

²⁸ Además de algunos casos de corrupción entre los líderes ejidales, que han erosionado la confianza en las comunidades, existen antagonismos en los ejidos que se remontan treinta o cuarenta años atrás, alentados en su momento por las autoridades de la Secretaría de la Reforma Agraria para restar fuerza a los movimientos locales de demanda de tierra y ampliación ejidal (Camou y Pérez, 1986). Estos conflictos se hicieron más evidentes a partir de las modificaciones al artículo 27 constitucional y a la Ley Agraria, en el año de 1992, que propiciaron un proceso de subdivisión de terrenos comunales, agravando los conflictos al interior de los poblados de la zona. Durante la parcelación de predios, muy pocos ejidatarios alcanzaron agostaderos de buena calidad, y la capacidad de consenso se deterioró más por la inequidad en el reparto de las mejores tierras.

distinto al de la productividad, la certificación agraria ha sido totalmente contraproducente.

Reconstruir el tejido social en los ejidos de la zona, no es una tarea fácil. Implica resolver problemas históricos de tenencia de la tierra, pero es una situación que también debe abordarse con medidas sencillas. Una primera medida, podría ser la modificación de los esquemas estatales y federales para la asignación de subsidios, pues bajo los esquemas actuales no favorecen la formación de capital social. Desde hace más de una década los apoyos a los productores rurales se han otorgado bajo un esquema pulverizador que privilegia el financiamiento de obras aisladas, sin sujeción a un plan rector de desarrollo. En fechas relativamente recientes se han creado ordenanzas legales que establecen como prioridad la maximización del impacto social (Las nuevas reglas de operación de los programas de la SAGARPA, por ejemplo)²⁹, pero en los hechos —como lo evidenciamos en el capítulo IV- se sigue financiando a los actores sociales que tienen capacidad de pago.

En el esquema actual de fomento pecuario, los proyectos a subsidiar obedecen más a las necesidades particulares del productor que puede pagar las obras por adelantado, que a la satisfacción de una necesidad colectiva para todos los productores. Este mecanismo de entrega de subsidios no alienta la formación de vínculos entre productores con problemáticas comunes, propicia la formación de diferencias sociales, y

²⁹ Las nuevas reglas de operación de programas de la SAGARPA se publicaron el 31 de Diciembre de 2007. Establecen la consideración del impacto social como requisito para el otorgamiento de apoyos (Art. 16, Clausula II.2). En los hechos, sin embargo, se sigue dando prioridad a los productores que tienen capacidad de pago.

favorece que ejidos y comunidades pobres se queden rezagadas, en un círculo de pobreza y vulnerabilidad cada vez más acentuado. Se observa entre los productores pecuarios del centro de Sonora, pero también en lugares tan distantes y diferentes, como las comunidades pesqueras de la Costa de Oaxaca, en el sur de México (Espinoza-Tenorio, 2001).

Por eso es que enfatizamos la conveniencia de generar reglas más equitativas para la asignación de subsidios, y la pertinencia de incluir a los pequeños productores en los espacios locales/regionales de toma de decisiones. Su inclusión en estos espacios puede favorecer el diseño de mecanismos específicos para la asignación equitativa de subsidios, el reparto de ayudas de emergencia frente a la sequía, o la diversificación productiva entre grupos de productores que no pueden pagar por adelantado. Se trata de una medida que responde a demandas elementales en términos de justicia social, pero también a la necesidad de incrementar la resiliencia del sistema productivo en su conjunto. Como hemos visto en otros apartados de este documento, una parte de dicha resiliencia se sustenta, en el capital social de estos productores. Gracias a la fuerza de sus vínculos sociales, ni las limitantes impuestas por escasez de la lluvia, la dimensión reducida de sus agostaderos, o la ausencia de recursos para suplementar al ganado, los han borrado completamente de la actividad pecuaria.

Por esto hemos sugerido medidas correctivas que inciden en la componente biofísica del fenómeno de la vulnerabilidad, pero también en la componente social. Dichas medidas involucren, revalorar al agostadero desde una óptica que propicie la conservación de los ecosistemas, y el fortalecimiento de las capacidades locales para

construir una nueva forma de desarrollo. Probablemente no existe otra forma, realmente efectiva, de disminuir la vulnerabilidad de los productores pecuarios, frente al escenario de cambio climático que tenemos enfrente. Armonizar la ganadería bovina con las condiciones ecológicas del agostadero, y construir capacidades sociales en los ejidos y comunidades, para incrementar la capacidad de respuesta frente a la escasez de lluvias, y para involucrarse en la gestión de su propio desarrollo, son medidas fundamentales.

Nuestras sugerencias contrastan con las acciones gubernamentales o científicas de siempre, caracterizadas por la imposición de modelos de desarrollo ajenos a las comunidades, y por la promoción continua de “mejoras tecnológicas”, para doblegar a las fuerzas de la naturaleza. En contraposición a la lógica capitalista, que legitima la dominación de la naturaleza -a menudo con tecnologías que no son accesibles para los productores más pobres-, nosotros enfatizamos la promoción de una forma de ganadería más armónica con las condiciones ecológicas locales, y el fortalecimiento de las capacidades autogestivas en ejidos y comunidades. Pensamos que sólo así, trabajando en ambas vertientes, podemos propiciar un desarrollo rural que se construya desde dentro, más armónico con el medio ambiente, y más equitativo en términos sociales.

VI. REFERENCIAS DE LOS CAPÍTULOS I Y V:

Abel, T., 1998. Complex adaptative systems. Evolutionism and Ecology within Anthropology. Interdisciplinary research for understanding Cultural and Ecological Dynamics. Georgia journal of Ecological Anthropology 2, 6-29.

Adger, N.; Hughes, T.; Folke, C.; Carpenter, S., Rockstrom, J., 2009. Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. Science 309, 1036-1039.

Alimonda, H., 2002. Introducción: Política, Utopía y Naturaleza. En Alimonda H. (Comp.). Ecología Política, Naturaleza, Sociedad y Utopía. Centro Latinoamericano de Ciencias Sociales, pp. 7-13.

Anderson, J., 2002. Providing a broad spectrum of agents in Spatially Explicit simulation models: The Gensim Approach. En: Gimblet, R. (Ed.). Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for simulating social and ecological processes. Santa Fe Institute Studies in The Sciences of Complexity, pp. 21-59.

Arriaga, L., Castellanos, A., Moreno, V., Alarcón, J., 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: A case study for buffel grass in arid regions of Mexico. Conservation Biology 18, 1504--1514.

Barkin, D., 2002. El desarrollo autónomo un camino a la sustentabilidad. En: Alimonda H. (Comp.). Ecología política, naturaleza, sociedad y utopía. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, pp. 169-202.

Beisner, B. E., Haydon, D. T., Cuddington, K., 2003. Alternative stable states in ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 376-382.

Bertalanffy, L. von., 1950. An Outline of General Systems Theory. *British Journal for the Philosophy of Science* 1(2), 139-164.

Bohle, H.G., Downing, T.E., Watts, M.J., 1994. Climate change and social vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change*, 4 (1), 37-48.

Bravo, L.C., Castellanos, A., Doode. S., 2010. Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora. Un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros. *Estudios Sociales* (35) en prensa.

Briske, D. D., Fuhlendorf S. D., Smeins, F., 2005. State-and-transition models, thresholds, and rangeland health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. *Rangeland Ecology and Management* 58,1-10.

Burquez, A., Miller, E., Martinez, A., 2002. Mexican grasslands, thornscrub, and the transformation of the Sonoran Desert by Invasive Exotic Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). En: Tellman, B. *Invasive species in Sonoran Desert communities*. University of Arizona Press. Tucson, pp. 126-146.

Camou-Healy, E., Pérez-López, E., 1986. Una modernización tardía: Los ejidatarios de la Región Centro de Sonora. CIAD. Cuaderno de Trabajo número 4. Hermosillo, 53 pp

Camou-Healy, E., 1987. Los Campesinos ganaderos de Sonora. Nueva Antropología IX (32), 25-36.

Camou-Healy, E., 1994. Los Sistemas de Producción Bovina en Sonora: Criadores de Becerros, Cambio Tecnológico y Mercado Internacional. Tesis Doctoral en Ciencias Sociales. Zamora, Mich., El Colegio de Michoacán

Camou-Healy, E., 1998. De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos. Los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional. Zamora: El Colegio de Michoacán-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Zamora, 314 pp.

Capra, F., 1996. El Tao de la Física. Editorial SIRIO, 456 pp.

Cardona, O., 2003. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. En: Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People. Bankoff, G, Frerks, G. y D. Hilhorst (Eds). Earthscan Publishers. Londres, 236 pp.

Castellanos, A., Yanes, G., Valdez, D., 2002. Drought tolerant exotic buffelgrass and desertification, en. B. Tellman, Weeds across borders, Proceedings of North American Conference, Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson Arizona.

Castellanos, A., Grajeda, J., Jiménez, A., Arredondo, J., Bravo, L.C., Barrón, R., Celaya, H., Morales, M., Gautrín, M., 2009. Estrategias de adaptación al cambio climático y sus efectos en el funcionamiento y productividad de los ecosistemas de

Sonora. Impactos del cambio climático sobre la Ganadería Sonorense. Informe para la Fundación PRODUCE. UNISON-INIFAP-CESAVE. Hermosillo, Son., 88 pp.

Castellanos, A., Bravo, L.C., Koch, G., Llano, J., López, D., Mendez, R., Rodríguez, J., Romo, R., Sisk, T., G. Yanes., 2010. Impactos Ecológicos por el Uso del Terreno en el Funcionamiento de Ecosistemas Áridos y Semi-áridos de Sonora. En: Diversidad biológica del estado de Sonora. UNAM. En prensa.

Castells, M., 2000. Toward sociology of network society. *Contemporary sociology* 29(5), 693-699.

Conley, J., Eakin, H., Sheridan, T., Hadley, D., 1999. Climas ranching case study: year 1. Climas Report Series. ISPE-The University of Arizona. Tucson, 21 pp.

COTECOCA, 1974. Coeficientes de agostadero de la república Mexicana. Estado de Sonora. México, D.F.

Corrales, M., 2009. La exportación directa deja más. *Rancho, la revista del ganadero*, 37: 16.

Cutter, S., 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20 (4), 529-539.

Deadman, P., Schlager, E., 2002. Models of Individual Decision Making in agent based simulation of common pool resource management institutions. En: Gimblet, R. (Ed.). *Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling*

Techniques for simulating social and ecological processes. Santa Fe Institute Studies in The Sciences of Complexity, pp. 130-137.

Denogean, F., Moreno, S., Martín, M., Ibarra, F., 2008. Impacto económico de las plantas tóxicas para el ganado sobre la producción pecuaria en Sonora. Revista Mexicana de Agronegocios XII, 538-549.

Descartes, R., 1637. El Discurso del Método. Edición impresa en 2007. Editorial Maxtor, 119 pp.

Descola, Ph., 2001. Construyendo naturalezas. Ecología simbólica y práctica social. En: Descola P. y G. Pálsson (coord), Naturaleza y Sociedad, perspectivas antropológicas, pp. 102.

Descola, P., Pálsson, G., 1996. Introduction. En: P. Descola y G. Pálsson (Eds.). Nature and Society. Anthropological perspectives. Londres Routledge, pp. 1-21.

Dietz, T., Ostrom, E., Stern, P., 2003. The Struggle to Govern the Commons. Science 302 (5652), 1907-1912.

Durston, J. 2000. ¿Qué es el capital social comunitario?. Serie políticas sociales Num. 38. Comisión Económica para América Latina. Santiago de Chile, 44 pp.

Durston, J., 2002. El capital social campesino en la gestión del desarrollo Rural. Comisión Económica para América Latina. Santiago de Chile, 156 pp.

Durston, J., López, E., 2006. Capital social y gestión participativa en la cuenca de Pátzcuaro. Revista de la Comisión Económica para América Latina 90, 105-119.

Engels, F., 1996. El Origen de la Familia, la Propiedad Privada y el Estado. 13ª Edición. Madrid.

Escobar, A., 1995. El Desarrollo Sostenible. Diálogo de Discursos. En: Ecología Política: Cuadernos de Debate Internacional 9, 7-25.

Escobar, A., 1999. El final del salvaje: Naturaleza, cultura y política en la Antropología contemporánea. Instituto Colombiano de Antropología. ICAN, Centro de Estudios de la Realidad Colombiana. CEREC, Colombia. Ministerio de Cultura. Universidad de Texas, 418 pp.

Espinoza-Tenorio, A., 2001. Prospección metodológica para el ordenamiento ecológico-territorial de la zona costera. Una aplicación con énfasis en la acuicultura comunitaria. Tesis de Licenciatura en Biología Marina, Universidad del Mar. Oaxaca, 155 pp.

Farina, A. Principles and methods in landscape ecology. Chapman y Hall ed., 235 pp.

Fernández-Ortiz, L., Tarrío, M., 1988. Ganadería y crisis agroalimentaria. Revista Mexicana de Sociología 50 (1),51-95.

Foladori, G., 1996. La Cuestión Ambiental en Marx. En: Ecología Política, Cuadernos de Debate Internacional 12, 125-133.

Foladori, G., 2005. Una tipología del pensamiento ambientalista. En: ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México D.F. pp 83.

Foladori, G., 2007. La reedición capitalista de las crisis ambientales. POLIS Revista de la Universidad Bolivariana 5(17).

Fontana, A., Frey, J., 2000. The interview, from structured questions to negotiated text- en: D. Norman y L. Yvonna (Comp.), Handbook of qualitative research. University of Chicago Press, pp. 645-672.

Forsyth, T., 2003. Critical political ecology: the politics of environmental science. Taylor and Francis Group, 320 pp.

Fraume-Restrepo, N., 2007. Diccionario Ambiental. ECOE ediciones. 465 pp.

Franklin, K. A., K. Lyons, P. L. Nagler, D. Lampkin, E. P. Glenn, F. Molina-Freaner, T. Markow, A. R. Huete., 2006. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. Biological Conservation 127, 62-71.

Funtowicz, S., Marchi, B., 2000. Ciencia posnormal, complejidad reflexiva y sustentabilidad. En: E. Leff (Coord.), La complejidad ambiental, pp. 54-84.

Garaudy, R., 1970. Introducción al estudio de Marx. Ediciones Era, 197 pp.

García-Acosta, V., 2004. La perspectiva histórica en la antropología del riesgo y del desastre. Acercamientos metodológicos. Relaciones 97 (25), 125-142.

García-Aguilar, A.J., 2006. El modelo de la ganadería extensiva y la destrucción de los bosques en la República de Panamá: 1950-2000. Fundación Universitaria Inca Garcilazo- Universidad de Málaga, 174 pp.

García-Romero, A., Muñoz-Martínez, J., 2002. El paisaje en el ámbito de la geografía. UNAM-Instituto de Geografía, 140 pp.

García, R., 2000. Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos. En: Leff, E. (Ed). Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo, pp. 380-408.

Giddens, A., 1998. La constitución de la sociedad. Amorrurtu, 412 pp.

Gimblet, R., 2002. Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Technologies for modelling and simulating social and ecological phenomena. En: Gimblet, R. (Ed.). Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for simulating social and ecological processes. Santa Fe Institute Studies in The Sciences of Complexity, pp. 1-21.

Gómez, M., Schwentesius, R., Meraz, M. R., Lobato, A., Gómez, L., 2005. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 62 pp.

Granados, D., López, G., 2000. Sucesión Ecológica: Dinámica del Ecosistema. Universidad Autónoma Chapingo, 198 pp.

Groffman, P. M., Baron, J. S., Blett, T., Gold, A. J., Goodman, I., Gunderson, L. H., Levinson, B. M., Palmer, M. A., Paerl, H. W., Peterson, G. D., LeRoy Poff, N., Rejeski, D. W., Reynolds, J. F., Turner, M. G., Weathers, K. C., Wiens, J., 2006. Ecological thresholds: the key to successful environmental management or an important concept with no practical application? *Ecosystems* 9, 1-13.

Guha, R., 1994. El ecologismo de los pobres. *Ecología Política* 8, 137-151.

Guha R., Martínez-Alier, J., 1997. *Varieties of environmentalism. Essays North and South*, Earthscan, London, 230 pp.

Gutiérrez, G. E., 2004. La integración periférica, la restricción externa, y los retos del desarrollo económico en América Latina. En: Acevedo, G. y Sotelo, A. (Comp), *Reestructuración económica y desarrollo en América Latina. Siglo XXI Editores-Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM*, pp. 53-86.

Hardin, G., 1968. The Tragedy of The Commons. *Science* 162, 1243-1248. (Traducida al español en la gaceta ecológica 37, del Instituto Nacional de Ecología).

Harnegger, M., 2005. Los conceptos elementales del materialismo histórico. 65 Edición. Siglo XXI eds., 296 pp.

Hernández, M., Ulloa, A., 2000. Intermediarismo: ¿Un mal necesario? Las paradojas de la integración de los productores rurales al mercado internacional de bovinos. *Estudios Agrarios* 14,1-19.

Holzappel, C., Mahall, B., 1999. Bi-directional facilitation and interference between shrubs and annuals in the Mojave desert. *Ecology* 80, 1747-1761.

Huete, A. R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25, 295-309.

Ibarra-Flores, F., Cox, J. R., Martín-Rivera, M., Crowl, T. A., Norton, B. E., Banner R. E., Miller, R. W., 1999. Soil physicochemical changes following buffelgrass establishment in Mexico. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 13, 39-52.

Ibarra-Flores, F., Moreno, S., Martín-Rivera, M., Denogean-Ballesteros, F., Gerlach-Barrera, L. E., 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Técnica pecuaria en México* 43, 173-183.

Ibarra-Flores, F., Martín, M., Denogean, F., Moreno, S., 2009. Aplique en el rancho técnicas de rotación de potreros. *Rancho, la revista del ganadero* 36, 18-21.

INE-SEMARNAT, 2006. México: Tercera Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología, México D.F., 208 pp

INE-SEMARNAT, 2007. El Cambio Climático en México. Información por Estado. Ver: http://www.ine.gob.mx/eclimatico/edo_sector/

James, L. F., Panter, K. E., Nielsen D. B., Molyneux, R. J., 1992. The effect of natural toxins on reproduction in livestock. *Journal of Animal Science* 70, 1573-1579.

Jiang, B., Gimblett, R., 2002. An Agent Based Approach to environmental and urban systems within geographic information systems. En: Gimblett, R. (Eds.), Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for simulating social and ecological processes. Santa Fe Institute Studies in The Sciences of Complexity, pp. 171-190.

Katz, E., 2000. Social Capital and Natural Capital: A comparative Analysis of Land Tenure and Natural Resource Management in Guatemala. *Land Economics* 76 (1), 114-132.

Kaztman, R., 2000. Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social. Aportes conceptuales. Universidad Católica del Uruguay, 40 pp.

Kuhn, T., 2004. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica, 361 pp.

Landau, S., Braw-Tal, R., Kaim, M., Bor, A., Bruckental, I., 2000. Preovulatory follicular status and diet affect the insulin and glucose content of follicles in high-yielding dairy cows. *Animal Reproduction Science* 64 (3-4), 181-197.

Lavell, A., 2000. Desastres y desarrollo. Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso del Huracán Mitch en Centro-América. En: N. Garita y Nowalsky, J. (Eds), Del desastre al desarrollo sostenible en Centro-América. Banco Interamericano de Desarrollo, pp. 7-45.

Leff, E., 1992. A Second Contradiction of Capitalism? Notes for the Environmental Transformation of Historical Materialism. *Capitalism, Nature, Socialism* 3 (4), 109-113.

Leff, E., 2003a. La Ecología Política en América Latina: un campo en construcción. *POLIS. Revista de la Universidad Bolivariana*. 1(5), 17.

Leff, E., 2003b. *Ecología y Capital. Racionalidad Ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable*. 5ª Edición. Siglo XXI Editores-Universidad Nacional Autónoma de México, 437 pp.

LeHouerou, H. N., 1984. Rain use efficiency: a unifying concept in arid land ecology. *Journal of Arid Environments* 7, 213- 247.

LeHouerou, H. N., Bingham, R.L. Skerbek, W., 1988. Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments* 15, 1-18.

Ley de Ganadería para el Estado de Sonora. Boletín Oficial del Estado. 7 de Noviembre de 2005.

Li, J., Zhao, C., Zhu, H., Li, Y., Wang, F., 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an oasis-desert ecotone in the South Junggar Basin, China. *Journal of Arid Environments* 71(4), 350-361.

Li, P., Wang, N., He, W., Krusi, B., Gao, Sh., Zhang, Sh., Yu, F., Dong, M., 2008. Fertile islands under *Artemisia ordosica* in inland dunes of northern China: Effects

of habitats and plant developmental stages. *Journal of Arid Environments* 72 (6), 953-963.

Liverman, D.M., 1999. Vulnerability and adaptation in Mexico. *Natural Resource Journal* 39, 99-115.

Liverman, D.M., 2001. Vulnerability to drought and climate change in Mexico. En Kasperson J.X. and Kasperson R. (Eds). 2001. *Global Environmental Risk*. NY: UNU and Earthscan, pp. 201-216.

Loiselle, S., Carpaneto, G.M., Hull, V., Waller, T., Rossi, C., 2000. Feedback analysis in reserve management: studying local myths using qualitative models. *Ecological Modelling* 129, 25-37.

López-Reyes, M., 2001. Degradación de Suelos en Sonora. El problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y Sociedad* 13 (22), 73-97.

López-Reyes, M., 2006. Elementos para el diseño de una política de uso sustentable de las tierras de Sonora. *Estudios Sociales* 14 (27), 139-157.

López-Robles, D., López, A., Romo, J., Mendez, R., Castellanos, A., Koch, G., Sisk, T., González, C., 2006. Biogeochemical changes following of buffelgrass establishment in Sonoran Desert. *Proceedings of International Conference of Ecological Society of America*. Mérida, México.

Luers, A., David B. L., Leonard S. S., Lee Addams, C., Matson, P. A., 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13 (2003), 255–267.

Lugo-Hubp, J., 1989. *Diccionario Geomorfológico*. UNAM-Instituto de Geografía, 337 pp.

Luque, D., Robles A., 2006. *Naturalezas, saberes y territorios comcaac (seri)*. INE, 360 pp.

Magaña, V., Conde, C., Sánchez, O., Gay, C., 1997. Assesment of current and future regional climate scenarios for Mexico. *Climate Research* 1-2(9), 107-114.

McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K. (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, 1005 pp.

Marcos, O., 2001. Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones geográficas* 26, 59-80.

Martín-Rivera, M., Cox, J., Ibarra-Flores, F., 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonoran Desert. *Journal of Range Management* 48, 60–63.

Martín, M., Ibarra, F., 2002. No deje que se escurra. Practique la cosecha de agua en sus agostaderos. *Rancho: la revista del ganadero*, Julio de 2002.

Martínez, J.M., 2002. Acuíferos y Libre Comercio: el caso de La Costa de Hermosillo. Red Fronteriza de Salud y Ambiente, A.C.-Texas Center for Policy Studies, 35 pp.

Martínez-Alier, J., 1993. The Loss of Agricultural Biodiversity: An Example of the 'Second Contradiction. *Capitalism, Nature, Socialism* 4 (3), 89-98.

Martínez-Alier, J., 1994. De la economía ecológica al ecologismo popular. 2a Edición. ICARIA. Barcelona, 362 pp.

Martínez-Alier, J., 1996. FACE, Holanda, la implementación conjunta y los eucaliptos. *Ecología Política* 12, 151-152.

Martínez-Alier, J., Roca-Jusmet, J., 2001. Economía ecológica y política ambiental. 2a Edición. Fondo de Cultura Económica. México D.F, 500 pp.

Martínez-Alier, J., 2004. Los conflictos ecológico-distributivos, y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 1, 21-30.

Martínez-Alier, J., 2005. Ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración. ICARIA. Barcelona, 362 pp.

Marx, K. 1979. *El Capital*. V. 2. Siglo XXI Editores.

Maturana, H., Varela, F., 1996. *El árbol del conocimiento*. Editorial universitaria, 172 pp.

Méndez-Estrella, R., 2007. Restauración de campos agrícolas abandonados: interacciones bióticas y aplicación de la teoría ecológica. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, 126 pp.

Miyoshi, S., Pate, J.L., Palmquist, D.L., 2001. Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows. *Animal Reproduction Science* 68 (1-2), 29-43.

Morales-Romero, D., Molina-Freaner, F., 2008. Influence of buffelgrass pasture conversion on the regeneration and reproduction of the columnar cactus, *Pachycereus pecten-boriginum*, in northwestern Mexico. *Journal of Arid Environments* 72, 228–237.

Moreno-Vázquez, J., 2006. Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero en la costa de Hermosillo, 1945-2000. El Colegio de Sonora. Hermosillo, 507 pp.

Morin, E., 1990. Introducción al pensamiento complejo. Gedisa edit., 167 pp.

Morin, E., 1997. El método, la naturaleza de la naturaleza. Catedra, 28 pp.

Noy-Meir, I., 2005. Producción ganadera y conservación de la biodiversidad, conflictos y soluciones. Memorias del tercer congreso nacional sobre conservación de pastizales naturales. Disponible en: www.producción-animal.com.ar

Núñez, D., Muñoz, C., Reyes, V., Velasco, I., Gadsden, H., 2007. Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México. *Agrociencia* 41, 253-262.

O'Connor, J., 1988. Capitalism, nature, socialism: a theoretical introduction. *Capitalism, nature, socialism* 1 (1),11-38.

O'Connor, J., 2001. Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico. Siglo XXI Eds., 405 pp.

O'Connor, M., 1994. El Mercadeo de la Naturaleza: Sobre los Infortunios de la Naturaleza Capitalista. *Ecología Política* 7,15-34.

Oliver-Smith, A., Hoffman, S., 2002. Introduction: Why anthropologist should study disasters?. En: S. Hoffman y A. Oliver-Smit (Eds). *Catastrophe and culture: The anthropology of disaster*. Santa Fe-Oxford School of American Research. James LTD, pp. 3-22.

Ortiz, M., Wolff, M., 2002. Application of loop analysis to benthic systems in northern Chile for the elaboration of sustainable management strategies. *Marine ecology progress series* 242,15-27.

Ostrom, E.,2000a. Social capital: a fad or a fundamental concept?, En Dasgupta, P. & J. Serageldin (Eds) *Social Capital: A Multifaceted Perspective*. World Bank, Washington DC., pp. 172-214.

Ostrom, E., 2000b. El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. UNAM-CRIM-FCE. México, 395 pp.

Ostrom, E., 2009. A general framework for analyzing sustainability of socio-ecological systems. *Science* 325, 419-421.

Otero, G., 2004. ¿Adiós al campesinado? Democracia y formación política de las clases en el México rural, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. Porrúa-Universidad Autónoma de Zacatecas-Simon Fraser University. México, 296 pp.

Pérez-López, E., Peralta, O., Martínez, J., 1986. De mineros a ganaderos: un caso de incorporación campesina al desarrollo regional. La Colorada Sonora: 1886-1984. CIAD A.C. Cuaderno de Trabajo Número 3. Hermosillo, 73 pp.

Pérez-López, E., 1989. Ganadería y subordinación campesina: Los "poquiteros" de la sierra norte de Sonora. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. UAM-Xochimilco.

Pérez-López, E., 1993. Ganadería y Campesinado en Sonora. Los poquiteros de la sierra norte. CONACULTA. México D.F., 241pp.

Perramond, E., 2000. A Preliminary Analysis of Soil Erosion and Buffelgrass in Sonora, Mexico. *Yearbook, Conference of Latin Americanist Geographers* 26, 131-138.

Pugnaire, F., Luque, M., 2001. Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. *Oikos* 93, 42- 49.

Pulido-Rodríguez, R., Ballén-Ariza, M. y F. Zúñiga-López., 2007. Abordaje hermenéutico de la investigación cualitativa. Teorías, procesos, técnicas. Medellín, Universidad de Colombia, 142 pp.

Putnam, R., 2000. Bowling alone: the collapse and revival of American community. Simon and Schuster, New York, 541 pp.

Quintana, R., 2004. El campo no aguanta más, una apuesta hacia la construcción de una política pública incluyente para el México Rural. El cotidiano. UAM-Azcapotzalco 124, 57-63.

RADA, 2009. Racismo ambiental en la región de la Araucanía Chilena, por los casos de vertederos y plantas de tratamiento de aguas servidas localizadas en comunidades Mapuche. Informe de la Red de Acción por los Derechos Ambientales (RADA). Temuco, Chile, 37 pp.

Rappaport, R., 1971. Nature, Culture and Ecological Anthropology. En: H.Shapiro (Ed.) Man, Culture and Society. Nueva York, Oxford University Press, pp. 237-267.

Ravaioli, C., 1993. On the Second Contradiction of Capitalism. Capitalism, Nature, Socialism 4 (3),98-104.

Ray, S., 1993. Poverty and Production Conditions: Some Reflections on the Second Contradiction of Capitalism. Capitalism, Nature, Socialism 4 (1), 99-101.

Pulido-Rodríguez, R., Ballén-Ariza, M. y F. Zúñiga-López., 2007. Abordaje hermenéutico de la investigación cualitativa. Teorías, procesos, técnicas. Medellín, Universidad de Colombia, 142 pp.

Putnam, R., 2000. Bowling alone: the collapse and revival of American community. Simon and Schuster, New York, 541 pp.

Quintana, R., 2004. El campo no aguanta más, una apuesta hacia la construcción de una política pública incluyente para el México Rural. El cotidiano. UAM-Azcapotzalco 124, 57-63.

RADA, 2009. Racismo ambiental en la región de la Araucanía Chilena, por los casos de vertederos y plantas de tratamiento de aguas servidas localizadas en comunidades Mapuche. Informe de la Red de Acción por los Derechos Ambientales (RADA). Temuco, Chile, 37 pp.

Rappaport, R., 1971. Nature, Culture and Ecological Anthropology. En: H.Shapiro (Ed.) Man, Culture and Society. Nueva York, Oxford University Press, pp. 237-267.

Ravaioli, C., 1993. On the Second Contradiction of Capitalism. Capitalism, Nature, Socialism 4 (3),98-104.

Ray, S., 1993. Poverty and Production Conditions: Some Reflections on the Second Contradiction of Capitalism. Capitalism, Nature, Socialism 4 (1), 99-101.

Reynolds, J.F., Stafford Smith, D., 2002. Do humans cause deserts? En: *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*. Reynolds JF & Stafford Smith D. (Eds). Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin. 1- 21.

Robbins P., 2004. *Political Ecology: A Critical Introduction*. Blackwell Publishers, 242 pp.

Romo, J., 2006. Conservation and the changing pattern of land cover and land use in central Sonora, Mexico. Thesis Master of Science, Northern Arizona University. Flagstaff.

Römbäck, P., Bryceson, I., Kautsky, N., 2002. Coastal Aquaculture Development in Eastern Africa and the Western Indian Ocean: Prospects and Problems for Food Security and Local Economies. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(7), 531-542.

Rutsch, M., 1984. *La ganadería capitalista en México*. Centro de Investigación para la Integración Social-Editorial Línea. México D.F., 252 pp.

Salazar, S., Borbón, C., 2000. Restricciones y alternativas para el impulso de la ganadería bovina en Sonora. En: Arredondo, L. y P. Salido, (Eds) 2001. *La economía sonorense y sus regiones*. Ed. UNISON. Hermosillo, Sonora, México, pp. 275-289.

Salinas, E., Souza, R. G., 2007. El papel de la geografía en la ordenación del territorio en una América Latina Globalizada. *Memorias IX coloquio internacional de Geocrítica. Los problemas del Mundo Actual, soluciones y alternativas desde la*

Geografía y las Ciencias Sociales, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Disponibile en: <http://www.ub.es/geocrit/9porto/salinas.htm>

Sarmiento, F., Vera, F., Juncosa, J., 2000. Diccionario de Ecología: Paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. Editorial Abia Yala, 226 pp.

Saucedo, M. E., García, E., Castellanos, A., Flores, J., 1997. La riqueza, una variable de respuesta de la vegetación a la introducción de zacate buffel. *Agrociencia* 31, 83-90.

Schwentenius, R., M. Gómez, J. Calva, Hernández, L., 2004. El campo ¿Aguanta más?. 2ª Edición. Universidad Autónoma Chapingo, 263 pp.

Soares, D., 2007. Acceso, abasto y control del agua en una comunidad indígena chamula de Chiapas. Un análisis a través de la perspectiva de género, ambiente y desarrollo. *Región y Sociedad* 19 (38), 25-50.

Stafford Smith, D.M., Reynolds, y J.F., 2002. Desertification: A new paradigm for an old problem. En: *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*. J.F. Reynolds and D.M Stafford Smith (Eds.). Dahlem Workshop Report 88. Dahlem Univ. Press. Berlin, pp. 403-424.

Stoms, D., Hargrove, W., 2000. Potential NDVI as a baseline for monitoring ecosystem functioning. *International Journal of Remote Sensing* 21, 401-407.

Stringham, T. K., Krueger, W. C., Shaver, P.L., 2003. State and transition modelling: an ecological process approach. *Journal of Range Management* 56,106-113.

Sunyer, M. P., 2006. Temporal y regadío en el agro mexicano. *Política y agricultura en el México de principios del siglo XX. Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales* 10, 218.

Sweezy, S., Faber, D., 1992. La acumulación desarticulada, las exportaciones agrarias y la crisis ecológica en Nicaragua: el ejemplo del algodón. *Ecología Política* 1, 19-32.

Tilman, D., Downing, J.A., 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367, 363-365.

Toledo, V., Alarcón, P., Barón, L., 2002a. Revisualizar lo rural, un enfoque socioecológico. *Gaceta Ecológica* 62, 7-20.

Toledo V., Alarcón P., Barón, L., 2002b. La modernización rural de México: un análisis socio ecológico. INE-SEMARNAT-UNAM, México, D.F. 132 pp.

Toledo, A., 2003. Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. Instituto Nacional de Ecología-El Colegio de Michoacán. 35, 88, 116.

UN (United Nations). 1994. Convention on Desertification. UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, June 3—14, 1992. New York: United Nations.

Uña-Juárez, O., Hernández-Sánchez, A., Prado-Antúnez, J., 2004. *Diccionario de Sociología*. Madrid, Editorial ESIC.

Vázquez-León, M., Liverman, D., 2004. The political ecology of land use change: Affluent Ranchers and Destitute Farmers in the Mexican Municipio of Alamos. *Human Organization* 63, 21-33.

Walker, B. H., Abel, N., Stafford, D. M., Landgridge, J., 2002. A framework for the determinants of degradation in arid ecosystems. En: Reynolds, J. F. y D. M. Stafford Smith (Eds), *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*. Dahlem Workshop Report 88. Dahlem University Press, pp. 23-37.

Watts, M., Bohle, H., 1993. The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography* 17, 43-67.

Ward, J., Smith, S., McClaran, P., 2006. Water requirements for emergence of buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). *Weed Science* 54, 720-725.

Warman, A., 1981. Alimentos y reforma agraria, el futuro de una crisis. *Nexus* 43, 3-14.

Westervelt, J., 2002. Geographic information systems and agent-based modelling. En: Gimblet, R. (Ed.). *Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for simulating social and ecological processes*. Santa Fe Institute Studies in The Sciences of Complexity, pp. 83-104.

Whitford W. G., 2002. *Ecology of desert systems*. Ed Academic Press, pp. 202-206.

Wilches-Chaux, G., 1993. La Vulnerabilidad Global. En: Andrew Maskrey (Coord.), Los desastres no son naturales. Bogota, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres Naturales en América Latina, pp. 9-50.

Yaeger, M.J., 1998. The effect of subclinical selenium toxicosis on pregnant beef cattle. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 10 (3), 286-239.

Yachi, Sh. y M. Loreau., 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of National Academy of Sciences* 96, 1463–1468.

Zamorano, J., Ríos, H., 2005. Evolución y Perspectivas de la Agricultura Orgánica en México. *Claridades Agropecuarias* 140, 3-19.

Otras fuentes de Información:

Distrito de Desarrollo Rural 145 (2008), Recursos Ejercidos por ALCAMPO (1997-2006) en el Municipio de La Colorada. Estadísticas internas no publicadas.

Padrón de Beneficiarios del PROGAN en el municipio de la Colorada. <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/sonora/ganaderia/pagosprogan.pdf>

Subsecretaría de Fomento Ganadero del Estado de Sonora (2008). Información bruta de los censos ganaderos 2006-1997 para el Municipio de La Colorada. Estadística a nivel de predio y productor. Estadísticas internas no publicadas.

Precio internacional de los granos. Apéndices estadísticos de la FAO.

(<http://www.fao.org/docrep/011/ai476e/ai476e10.htm>) Consultados en Enero de 2009.

Precio del becerro durante los años 2006-2009. Departamento de comercialización y subastas de la Unión Ganadera Regional de Sonora.

ANEXO 1:
INFORMANTES CONSULTADOS

Relación de productores entrevistados bajo el formato de entrevista semi-estructurada.

**** Informantes clave en distintas etapas del trabajo.**

Nombre del Productor	Tipo de Productor	Motivo de las Entrevistas	Localidad
Pedro Manzo Figueroa**	Productor medio alto.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos.	Cobachi
Ismael Galvez	Productor medio bajo	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	Cobachi
Octavio Arellano	Poquitero, ejidatario involucrado en la prestación de servicios cinegéticos.	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	Cobachi
Ramón Villaescuza Noriega	Productor medio alto y Juez de Campo	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	Estación Torres
Ramón Avílez	Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos.	Ejido La Colorada
Roberto Villaescuza Vera	Poquitero	Aprovechamiento y conservación de la biodiversidad, diversificación productiva.	Ejido La Colorada
Amando Rodríguez	Productor medio bajo y Comisariado Ejidal, Ejido La Colorada)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos.	Ejido La Colorada
José Luis Rendón Moreno**	Secretario del Ejido La Colorada, Productor medio bajo y Juez de Campo.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos, historia de la ganadería, desempeño de los apoyos gubernamentales al sector ejidal.	Ejido La Colorada
Marco Antonio Palacios**	Suplente del juez de campo, poquitero.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos, financiamiento al sector ejidal.	Ejido La Colorada
Norberto López	Vaquero (Rancho La esmeralda).	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	Rancho La Esmeralda

Nabor Duarte	Ex-Juez de Campo y Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos institucionales a los productores ejidales.	Ejido La Colorada
Jesús Leonardo Cota Pazos	Productor empresarial. (Presidente municipal de la Colorada 2006-2009).	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos municipales e institucionales a la ganadería.	Ejido La Colorada
Sergio Moreno**	(Comisariado Ejidal Ejido La Colorada), poquitero.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos municipales e institucionales a la ganadería.	Ejido La Colorada
Gustavo Giannini Bueras	Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria.	Ejido La Colorada
Hector Platt Lucero	Productor empresarial, comprador de becerros.	Estrategía de respuesta frente a la sequía, apoyos a la ganadería.	Ranchos El Cantadero, La Noria y El Burro.
Pedro Yañez**	Productor medio bajo	Estrategias de respuesta frente a la sequía	San José de Pimas
Anselmo Figueroa Morales	Poquitero y Juez de Campo.	Estrategias de respuesta frente a la sequía	San José de Pimas
Roberto Noriega Figueroa	Productor medio bajo	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	San José de Pimas
Villegas T. Guadalupe	Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	San José de Pimas
Armando Pazos Cerecer	Productor medio bajo.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos, apoyos institucionales al sector ejidal.	Tecoripa
Tomas Cota**	Jués de Campo y Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía, historia de la ganadería.	Tecoripa
Luis Francisco Pazos Cerecer**	Juez de Campo y Productor medio bajo.	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos, adaptación a la variabilidad climática.	Tecoripa

Manuel Fimbres Valles	Productor medio bajo (Comisariado Ejidal).	Estrategias de respuesta frente a la sequía	Tecoripa
Francisco Duarte Cota	Poquitero	Estrategias de respuesta frente a la sequía	Tecoripa
Rene Hugues	Poquitero Tesorero de Bienes Comunales, Mazocahui	Estrategias de respuesta frente a la sequía	Mazocahui
Felipe Paz	Productor empresarial	Estrategias de respuesta frente a la sequía, rendimientos ganaderos, problemática ambiental vinculada con el paquete tecnológico de producción pecuaria.	Baviácora
Blas Alfonso Navarro Cruz	Productor empresarial, Presidente Municipal de Baviácora (2006-2009)	Estrategias de respuesta frente a la sequía	Baviácora
Alejandro Domínguez Osuna	Poquitero, Representante de Bienes Comunales (Mazocahui)	Estrategias de respuesta frente a la sequía	Baviácora
Rene Gautrín Ojeda	Productor empresarial y comprador de becerros, Presidente Unión Ganadera Local de Baviácora	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria.	Baviácora
Narciso Mejía de los Reyes**	Productivo (Juez de Campo y Productor Mazocahui)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, desempeño de los apoyos gubernamentales a los productores ejidales.	Mazocahui
Marco Antonio Córdova Campa	Engordador Presidente de la Unión de Engordadores del Estado de Sonora	Contexto económico de la ganadería, estrategias sectoriales frente a la sequía.	Hermosillo
C.P. Edrel Navarro	Privado (Contador de la Unión de Engordadores del Estado de Sonora)	Contexto económico de la ganadería, estrategias sectoriales frente a la sequía.	Hermosillo

Relación de Informantes no productores entrevistados bajo el formato de entrevista semi-estructurada.

**** Informantes clave en distintas etapas del trabajo.**

Nombre del Informante	Sector	Motivo de las Entrevistas	Localidad
Biol. Everardo Sánchez Camero**	Gobierno Federal (SEMARNAT- Subdirección Estatal de Restauración de Suelos)	Regulación ambiental de la apertura de Praderas, historia de la regulación ambiental.	Hermosillo
Ing. Elvia García Cruz**	Jefe de Distrito de Desarrollo Rural Mazatán	Apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria. Desempeño de subsidios gubernamentales.	Mazatán
Ing. Ricardo García**	Gobierno del Estado (Subsecretaría de Fomento Ganadero)	Estadísticas ganaderas y evolución del hato	Hermosillo
Ing. Kirk Gil	Gobierno Estatal SAGARPHA (Subsecretaría de fomento ganadero-UMAS)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria.	Hermosillo
Adán Preciado**	Gobierno del Estado (Subsecretaría de Fomento Ganadero)	Apoyos gubernamentales a la Producción Pecuaria - Normatividad ambiental y siembra de zacate buffel-	Hermosillo
Rodrigo Preciado**	Gobierno del Estado (Subsecretaría de Fomento Ganadero)	Apoyos gubernamentales a la Producción Pecuaria - Infraestructura Ganadera-	Hermosillo
Norberto Cortez	Comisión Nacional Forestal	Normatividad ambiental, y apoyos institucionales a la conservación de la biodiversidad	Hermosillo
Ruben Velazquez	Privado (Unión Ganadera Regional de Sonora)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos institucionales a la Unión Ganadera Regional de Sonora.	Hermosillo

Sr. Alvaro Ramos Quijada	Privado (Agente de Préstamos Grupo Regional de Agronegocios (GRENSA))	Apoyos privados y financiamiento de la actividad pecuaria.	Baviácora
Ing. Gustavo Rascón Rivas	Jefe de Distrito de Desarrollo Rural - URES	Apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria. Desempeño de subsidios gubernamentales.	Ures
José Jesús Molina	Técnico Fideicomiso de Riesgos Compartidos	Apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria. Desempeño de subsidios gubernamentales.	Baviácora
Tec. Juan Manuel Segundo	Unión Ganadera Regional de Sonora (Técnicas de manejo UMAS)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria.	Hermosillo
Lic. Edgard Lamadrid	Secretaría de Economía (Impactos económicos de las UMAS)	Estrategias de respuesta frente a la sequía, apoyos gubernamentales a la actividad pecuaria.	Hermosillo
Victor Lezama García	MVZ. Asesor Ganadero	Estrategias de respuesta frente a la sequía.	Hermosillo

ANEXO 2:
CARTAS DE ACEPTACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

EL COLEGIO
DE SONORA

región y sociedad

26 de mayo de 2009.

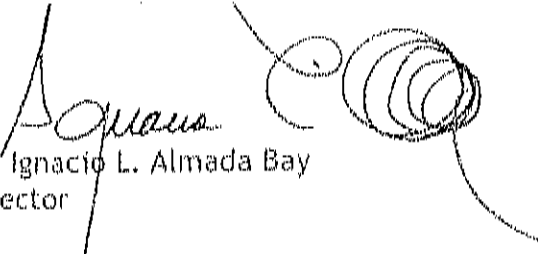
Luis Carlos Bravo Peña
Olga Shoko Doode Matsumoto
Alejandro E. Castellanos Villegas
Ileana Espejel Carbajal

Estimados colegas:

En nombre del Comité Editorial de *región y sociedad*, Revista de El Colegio de Sonora, agradezco el envío de la versión corregida de su artículo "Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas", que será publicado en el número 48 (mayo-agosto de 2010) de la revista.

Una vez más agradezco su valiosa colaboración en este esfuerzo editorial y aprovecho la ocasión para enviarles un cordial saludo.

Atentamente



Dr. Ignacio L. Almada Bay
Director

Estudios Sociales

Revista de Investigación Científica



CONACYT

Hermosillo, Sonora, México, Viernes 4 de septiembre de 2009.

**Estimados investigadores: Luis Carlos Bravo Peña,
Alejandro E. Castellanos Villegas,
Olga Shoko Doode Matsumoto**

Por este medio hacemos de su conocimiento que su artículo titulado:

**Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora. Un caso de estudio
enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros**

recibido con fecha 2 de diciembre de 2008, ha sido

A C E P T A D O

por la revista Estudios Sociales. Su artículo aparecerá en la edición 35, periodo enero-junio de 2010.

Atentamente

Dr. Sergio A. Sandoval Godoy
Director



Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Carretera a La Victoria, km 0.6 Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 289-2400 ext. 780
Correo electrónico: estudiosociales@ciad.mx



Estudios Sociales

Revista de Investigación Científica



Hermosillo, Sonora, México. Viernes 4 de septiembre de 2009.

**Estimados investigadores: Luis Carlos Bravo Peña,
Alejandro E. Castellanos Villegas,
Olga Shoko Doode Matsumoto**

Por este medio hacemos de su conocimiento que su artículo titulado:

**Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora. Un caso de estudio
enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros**

recibido con fecha 2 de diciembre de 2008, ha sido

A C E P T A D O

por la revista Estudios Sociales. Su artículo aparecerá en la edición 35, periodo enero-junio de 2010.

Atentamente

Dr. Sergio A. Sandoval Godoy
Director



Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Carretera a La Victoria, km 0.6 Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 289-2400 ext. 780
Correo electrónico: estudiosociales@censabel.ciad.mx

