



**INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.**

POSGRADO EN CIENCIAS APLICADAS

**El manejo de los ecosistemas semiáridos del
Altiplano Potosino en el contexto del Desarrollo
Sostenible**

Tesis que presenta

Ruth Magnolia Martínez Peña

Para obtener el grado de

Doctora en Ciencias Aplicadas

En la opción de

Ciencias Ambientales

Directora de la Tesis:

Dra. Elisabeth Huber-Sannwald

San Luis Potosí, S.L.P., Julio 03 de 2012



IPICYT

Constancia de aprobación de la tesis

La tesis “**El manejo de ecosistemas semiáridos del Altiplano potosino en el contexto del desarrollo sostenible**” presentada para obtener el Grado de Doctora en Ciencias Aplicadas en la opción de Ciencias Ambientales fue elaborada por **Ruth Magnolia Martínez Peña** y aprobada el **03 de Julio de 2012** por los suscritos, designados por el Colegio de Profesores de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Dra. Elisabeth Huber-Sannwald
Directora de la tesis

Dr. José Tulio Arredondo Moreno
Miembro del Comité Tutorial

Dra. María Cecilia Costero Garbarino
Miembro del Comité Tutorial

Dr. Francisco Peña de Paz
Miembro del Comité Tutorial

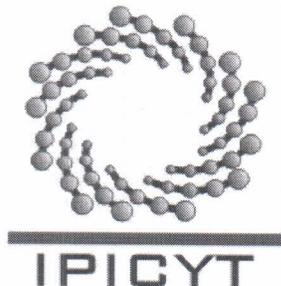


Créditos Institucionales

Esta tesis fue elaborada en los Laboratorios de Ecología y Cambio Global, Ingeniería Ambiental y Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA), de las Divisiones de Ciencias Ambientales y Biología Molecular del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., bajo la dirección de los Dres. Joel Flores Rivas, Elías Razo y Angel G. Alpuche Solís.

Durante la realización del trabajo la autora recibió una beca académica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (No. 209123) y del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

Parte de esta investigación fue financiada por el Proyecto 23721 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.



Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Acta de Examen de Grado

El Secretario Académico del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., certifica que en el Acta 018 del Libro Primero de Actas de Exámenes de Grado del Programa de Doctorado en Ciencias Aplicadas en la opción de Ciencias Ambientales está asentado lo siguiente:

En la ciudad de San Luis Potosí a los 13 días del mes de julio del año 2012, se reunió a las 10:00 horas en las instalaciones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., el Jurado integrado por:

Dra. María Cecilia Costero Garbarino	Presidente	COLSAN
Dr. Francisco Javier Peña de Paz	Secretario	COLSAN
Dra. Elisabeth Huber- Sannwald	Sinodal	IPICYT
Dr. José Tulio Arredondo Moreno	Sinodal	IPICYT
Dr. Leonardo Chapa Vargas	Sinodal	IPICYT

a fin de efectuar el examen, que para obtener el Grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS APLICADAS
EN LA OPCION DE CIENCIAS AMBIENTALES

sustentó la C.

Ruth Magnolia Martínez Peña

sobre la Tesis intitulada:

El manejo de los ecosistemas semiáridos del Altiplano Potosino en el contexto del desarrollo sostenible

que se desarrolló bajo la dirección de

Dra. Elisabeth Huber- Sannwald

El Jurado, después de deliberar, determinó

APROBARLA

Dándose por terminado el acto a las 13:40 horas, procediendo a la firma del Acta los integrantes del Jurado. Dando fe el Secretario Académico del Instituto.

A petición de la interesada y para los fines que a la misma convengan, se extiende el presente documento en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, a los 13 días del mes de julio de 2012.


Dr. Marcial Bonilla Marín
Secretario Académico


Mtra. Ivonne Lizette Cuevas Vélez
Jefa del Departamento del Posgrado



Agradecimientos

A México, el país que me abrió sus puertas y construyó una parte importante del ser humano que soy hoy.

A la Dra. Elisabeth Huber-Sannwald por permitirme aprender a su lado y por su enorme solidaridad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, por el apoyo financiero.

A l@s Dr@s. José Tulio Arredondo Moreno, María Cecilia Costero Garbarino, Francisco Peña de Paz y Robert A. Washington-Allen, por todas las oportunidades que me brindaron para aprender.

A Norma Angélica Acosta Guerrero, Ivonne Lizette Cuevas Vélez y Juana Edith Rodríguez Delgadillo por su soporte cotidiano.

Al Sr. Guillermo Colunga, Presidente de la Asociación de Ganaderos del municipio de Santo Domingo (SLP), y a las comunidades de los Ejidos La Victoria, San Antonio del Mezquite, Morelos y Santa Matilde (Santo Domingo, SLP), por su solidaridad.

A l@s Sr@s. José Contreras Delgado, Francisca de Contreras, Fidel Rangel Pinal, Pilar de Rangel, Genaro Rangel Pinal, José Isabel Monsiváis Monsiváis, Estéfana Muñiz Uribe, Manuel Pinal Dávila, Imelda Gómez García, Raquel Beltrán Montejano, Ismael Beltrán Orozco, Jorge Antonio Montejano Juárez y Sergio Vega Beltrán, por recibirme en sus casas.

A l@s funcionari@s de SAGARPA, SEDARH, INE, SEMARNAT, CONANP, CONAGUA, CONAPO, INAMES, IIDZ, INIFAP, Secretaría Estatal de Salud y CONAZA, por compartir sus opiniones.

Al C. Jorge Uriel Hernández Armenta, Lic. Laura Berenice Jiménez Bermúdez, M.C. Juan Pablo Rodas Ortiz, I.Q. María del Carmen Rocha Medina, M.C. Dulce Partida Gutiérrez y M.C. Guillermo Vidriales Escobar por su invaluable colaboración durante el trabajo de campo y laboratorio.

A José García Pérez y Alba Flores Estrada, funcionari@s del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, por su apoyo y cariño.

Al Dr. Timothy A. Warner y M.C. Wasantha Kulawardhana por responder a mis preguntas en momentos críticos.

A l@s funcionari@s que respondieron amable y oportunamente a mis numerosas solicitudes de información: Dr. Luis Ortega Reyes, Ing. José Luis Pérez Damián,

Lic. Juan Rivera Martínez, Licda. Dora Tannia Morón Macías, Lic. José Alejandro Díaz Rodríguez e Ing. Alejandro González Serratos.

A Ulises y Mónica por su cariño.

A Nadia, Guille, Amelie, Bonita (in memoriam), Camilo, Cuba, Pituca y Zeus por su hospitalidad, cariño y compañía.

A mis familias nuclear, Rita, Juana, Pelusa y Poncho; y extensa, Alba María, Bernardo, Alba Marina, Luz Patricia, Anamaría, Andrés Mauricio y José David, por compartir la Vida conmigo.

A Mike, mi compañero, por su amor.

Contenido

El manejo de los ecosistemas semiáridos del Altiplano Potosino en el contexto del Desarrollo Sostenible

Constancia de aprobación de la tesis	ii
Créditos institucionales	iii
Acta de examen	iv
Agradecimientos	v
Lista de tablas	ix
Lista de figuras	Xi
Anexos	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvii
Introducción general	1
Capítulo I. Análisis del concepto de sostenibilidad en la legislación mexicana usando el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas	4
Resumen	4
1. Introducción	4
2. Método	8
3. Resultados	11
4. Discusión	15
5. Conclusiones	18
Referencias	19
Chapter II. Analysis of climate variability and land use policies as potential drivers of LULC change in the semiarid high plateau of México – Systems approach using remote sensing	22
Abstract	22
1. Introduction	23
2. Method	27
2.1. Study site	27
2.2. Data sources	36
2.3. Image processing	37
2.4. Data analysis	41
3. Results	42
4. Discussion	49
5. Conclusions	54
References	55
Chapter III. Socio-ecological feedbacks in drylands of San Luis Potosí (México)	61
Abstract	61
1. Introduction	61

2. Method	66
2.1. Study area	66
2.2. Sampling design to assess natural capital	75
2.3. Design to identify and analyse feedbacks among social, human, physical, financial and natural capitals	78
2.4. Biophysical and socio-economical data integration	80
2.5. Statistical analysis for variables related to natural capital	81
3. Results	82
3.1. Natural capital	82
3.2. Social capital	88
3.3. Human capital	89
3.4. Financial capital	91
3.5. Physical capital	93
3.6. Biophysical and socio-economical data integration	94
4. Discussion	95
5. Conclusions	100
References	100
Capítulo 4. La construcción de capacidad institucional para el desarrollo sostenible en México	107
Resumen	107
1. Introducción	107
2. Método	114
3. Resultados y Discusión	120
3.1. Reestructura de las instituciones y sus sistemas de valores	121
3.2. El nuevo lenguaje: sostenibilidad, participación ciudadana y coordinación institucional	128
3.3. Los programas de apoyo para el sector agropecuario en el marco del desarrollo sostenible	134
3.4. Los desafíos en la escala local	148
4. Conclusiones	155
Referencias	156
Conclusión general	160
Apéndices	163
Appendices Chapter II	164
Appendices Chapter III	171
Apéndices Capítulo IV	189

Lista de tablas

Tabla 1.1. Leyes mexicanas de carácter federal que contienen las nociones de sostenibilidad y/o desarrollo sostenible en el contexto socio–ecológico, año de promulgación, instancias ejecutivas, variables/procesos que enfatizan y naturaleza de dichas variables.	9
Table 2.1. Subsidy received by all livestock farmers in México who participate in PROGAN, based on species, products involved (meat or dairy) and the number of reproductive age females (SAGARPA, 2009). Amount in dollars (Exchange rate: MXN \$13 (October 18, 2011)).	33
Table 2.2. Percentages of people under 15 without primary education, without access to electricity and without access to tap water, and level of exclusion, by municipality in the study area (SEDESOL, 2010).	36
Table 2.3. The types of spatial data sets used in this study.	36
Table 2.4. Variables to analyze the LULC time series for changes in structure and composition (McGarigal and Marks, 1995).	40
Table 3.1. Foundation, size, land tenure and inhabitants of the <i>ejidos</i> La Victoria (LV), Morelos (MOR), San Antonio del Mezquite (SAM) and Santa Matilde (SM) (Procuraduría Agraria, 2008; Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL, 2012).	67
Table 3.2. Mean Annual Precipitation and Temperature in the participating ejidos, 2010. (CONAGUA, 2011).	71
Table 3.3. Year of creation of the pastas (P) and agostaderos (A) (sampling plots), their area, stock number in 2010 (C for cattle; G for goat and S for sheep), grazing system and land tenure (Procuraduría Agraria, 2008; COTECOCA, 2011). Except LV, all RG sampling plots occurred in private land.	73
Table 3.4. Amount of the subsidy received by livestock farmers who participate in PROGAN in all México, based on the species, the products involved (meat or dairy) and the number of reproductive age females (SAGARPA, 2009). Amount in dollars (Exchange rate: MXN \$13 (October 18, 2011)).	75
Table 3.5. Roots weight in the predominant grasses species and content of total N and organic C in the soil associated with those roots, by sampling plot.	85

Table 3.6. Indicators related to social capital (education and health) in the participating ejidos (SEDESOL, 2010).	90
Table 3.7. People participating in 2010 in government programs Popular Health Insurance, Program of Human Development “Opportunities”, “70 and more” and Program of Attention to Priority Zones, by ejido (Secretaría de Salud, 2012; SEDESOL, 2012b).	91
Table 3.8. Number of ejidatarios participating in PROGAN and PROCAMPO in 2010, by ejido (SAGARPA, 2010b, COTECOCA, 2011).	92
Table 3.9. Livestock supported by PROGAN in the participating ejidos, 2003-2010 (COTECOCA, 2011).	92
Table 3.10. Indicators related to physical capital (household characteristics and utilities) in the participating ejidos (SEDESOL, 2010).	94
Tabla 4.1. Nombre y nivel de gestión o participación de las instituciones participantes en el estudio, su propósito en el contexto de la capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS) y número de personas entrevistadas en cada una.	116
Tabla 4.2. Esquema utilizado para agrupar las narrativas de las personas entrevistadas (Wubneh, 2003).	119

Lista de figuras

- Figure 2.1.** Study area in the Altiplano Potosino. The box in San Luis Potosí map (top left) corresponds to the Landsat scene used for the Remote Sensing-GIS analysis. 29
- Figure 2.2.** Total annual precipitation and mean annual temperature (red line) for the period 1979–2010; data were compiled from 40 Weather Stations in 10 municipalities within the study area. Drought years, El Niño/La Niña years and Pacific Decadal Oscillation periods are indicated according to records provided by CONAGUA (2011) and NOAA, 2012 (ENSO and PDO). 30
- Figure 2.3.** Number of hectares supported by PROCAMPO in the study area during the period 1994-2010 (SAGARPA, 2010b). 31
- Figure 2.4.** The number of animal units (AU) in the study area from 1979–2010 (where one AU = 1 cow or 5 sheep or 6 goats). AU associated with PROGAN are included in the total number of AU for the period 2003-2006 and 2008-2010 (SIAP, 2011; COTECOCA, 2011). 33
- Figure 2.5.** Municipalities, area (ha) and percentage of communal land in the study area in 2008 (INEGI, 2010; Procuraduría Agraria, 2008). 35
- Figure 2.6.** The change in land use and land cover classes in the study area (northern Altiplano Potosino) over the last 31-years. An overall Kappa (index of reliability) of 0.85 and 0.88 were obtained in 2000 and 2010 classifications, respectively (Appendices B.1 and B.2). 43
- Figure 2.7.** The change in LULC classes in the study area for the years 1979, 1990, 2000 and 2010. Different letters above bars correspond to statistically significant differences between years for each land cover type. ANOVA, $P < 0.01$ (Appendix B.3). 44
- Figure 2.8.** The number of patches that are $\geq 80\text{m}^2$ in each LULC class in 1979, 1990, 2000 and 2010. 45
- Figure 2.9.** Mean Patch Area (ha) of each LULC class in 1979, 1990, 2000 and 2010. 45
- Figure 2.10.** Regional mean SAVI for the time series. 46
- Figure 2.11.** Stocking density and SAVI by municipality per year. Stocking data were acquired for each municipality from 1979 to 2010 from historical archives maintained by SIAP (2011). 47

Figure 2.12. Decadal gridded mean annual temperature (MAT) and precipitation (MAP), and stocking density (AU ha ⁻¹) of the study area in the Altiplano Potosino in relation to contemporaneous dry season soil adjusted vegetation index (SAVI) scenes that were derived from Landsat satellite imagery. The MAT and MAP maps were generated by interpolating the MAT and MAP of 40 weather stations (CONAGUA, 2011) using an inverse distance weighted (IDW) technique (Watson and Philip, 1985). Stocking data were acquired for each municipality from 1979 to 2010 from historical archives maintained by SIAP (2011).	48
Figure 2.13. Linear regressions for percentage of cropland (left) and percentage of rangeland (right) (dependent variables) and percentage of cropland supported by PROCAMPO (independent variable).	49
Figure 3.1. The four ejidos of Santo Domingo municipality participating in the Study (La Victoria, Morelos, San Antonio del Mezquite y Santa Matilde). “Pasta” plots correspond to Rotational grazing and “Agostadero” plots correspond to Continuous grazing.	68
Figure 3.2. Total annual precipitation in Santo Domingo municipality between 1979 and 2010. Data obtained from 5 weather stations (CONAGUA, 2011). The red line represents the long term mean of 366 mm.	69
Figure 3.3. Annual mean, maximum and minimum temperature in Santo Domingo municipality. Data obtained from 5 weather stations (CONAGUA, 2011) of the study region.	70
Figure 3.4. Climates in Santo Domingo municipality according to Köppen classification modified by García (García and CONABIO, 1998); with data from National Meteorological System (SMN), National Commission of Electricity (CFE) and National Commission of Water (CONAGUA).	70
Figure 3.5. Mean annual precipitation (MAP) and temperature (MAT) in Santo Domingo municipality during 2010 (CONAGUA, 2011). Data were obtained by interpolating the means of five weather stations (CONAGUA, 2011) using an inverse distance weighted (IDW) technique (Watson and Philip, 1985) in ArcGIS 10 (ESRI, 2010).	72
Figure 3.6. Plot design.	77
Figure 3.7. Percentage of sand, clay and silt by sampling plot.	83
Figure 3.8. Percentages of grass, shrubs and non-grass/shrub plants in the sampling plot. Sum is not 100% due to percentages of other cover (bare soil and objects like stick and feces) are not included.	84

Figure 3.9. Percentage of bare soil in transect (left) and Landscape Organization Index (right) by sampling plot.	85
Figure 3.10. Content of macronutrients (left) and micronutrients (right) by sampling plot.	87
Figure 3.11. Soil organic carbon (SOC) (ton ha ⁻¹) by sampling plot.	88
Figure 3.12. Price of cattle, sheep and goat (USD/kg) (left), and price of bean, corn, oat for fodder and barley for fodder (USD/ton) (right) in San Luis Potosi state, during the period 1979-2010 (Livestock and Agriculture Information System, SIAP, 2011).	92
Figure 3.13. Conceptual model on the interaction between socio-economic and biophysical variables in the study area.	95

Anexos

- Anexo 1. Martínez-Peña., RM., Huber-Sannwald, E., Arredondo-Moreno, JT., Costero-Garbarino, MC. y Peña-de Paz, F. (2012) Análisis del concepto de sostenibilidad en la legislación mexicana usando el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas. *Interciencia*, 37, 107-113. 196

Resumen

El manejo de los ecosistemas semiáridos del Altiplano Potosino en el contexto del Desarrollo Sostenible

Desde su inserción en el ámbito internacional, in 1987, el concepto de sostenibilidad ha venido permeando diversas esferas de las sociedades. El desarrollo sostenible implica mantener los sistemas que permiten la vida en el planeta, al tiempo que garantizar que las generaciones presentes y futuras puedan satisfacer sus necesidades. En las zonas áridas y semiáridas la promoción de la sostenibilidad representa un desafío por la compleja combinación de factores biofísicos y socioculturales. Esta investigación tuvo por objetivos: a) analizar cómo se aborda la sostenibilidad en la legislación mexicana empleando como marco de referencia el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas (DDP); b) conocer el impacto potencial del clima y los programas gubernamentales en los cambios en la cobertura y el uso de suelo (LULC) en el Altiplano Potosino; c) analizar los mecanismos de retroalimentación socio-ecológica en el municipio de Santo Domingo (San Luis Potosí); y d) analizar el proceso de construcción de capacidad institucional para el desarrollo sostenible a partir de las narrativas de servidores públicos y usuarios locales de programas gubernamentales asociados con el DS. Para el logro del primer objetivo se analizaron 21 leyes federales que contenían el concepto de sostenibilidad en el marco del DS. Dichas leyes asumen el equilibrio como guía de la relación entre los elementos biofísicos y socio-culturales; no consideran variables lentas ni sus umbrales; señalan diversas escalas administrativas y reconocen el conocimiento local. Los desafíos de la legislación mexicana son: adoptar la incertidumbre y no linealidad inherentes a los SSE; hacer los conceptos de productividad, competitividad y rentabilidad compatibles con la sostenibilidad; enfocarse en los procesos que definan la estructura y la función de los SSE a largo plazo y en los umbrales que determinan su resiliencia; fortalecer mecanismos de gobernanza y capacidad institucional, y vincularse con la academia para insertar el conocimiento pertinente en la legislación.

Para el logro del segundo objetivo se usaron herramientas de Percepción Remota (PR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se analizaron imágenes LANDSAT de los años 1979, 1990, 2000 y 2010. NPP mostró una respuesta rápida al régimen climático variable de la región. Los cambios en LULC, especialmente la disminución en las tierras agrícolas y el aumento de los pastizales en la última década, pueden estar relacionados con una compleja interacción entre la migración, la falta de mano de obra para realizar actividades agrícolas, y el acceso a subsidios y remesas. El preciso contar con más imágenes de la zona para establecer con mayor precisión el rol del clima, los programas gubernamentales y la producción ganadera en la degradación de la zona. Para entender la complejidad de las zonas áridas de México es necesario considerar factores socio-económicos como la migración y el uso de remesas. Los procesos de retroalimentación entre variables biofísicas y socioeconómicas deben ser tenidos en cuenta por los tomadores de decisiones.

Para el logro del tercer objetivo se establecieron ocho parcelas de observación, en dos sistemas de pastoreo distintos (rotacional, PR, y continuo, PC) y se realizaron entrevistas semi-estructuradas a ejidatarios y sus familias. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el PC y el PR respecto de las características físico-químicas del suelo. Las parcelas de PR tuvieron un mayor Índice de Organización del Paisaje, mayor porcentaje de gramíneas y menor porcentaje de suelo desnudo que las parcelas de PC. El contenido de carbono orgánico en el suelo de todas las parcelas de observación fue entre tres y 17 veces mayor del esperado para zonas áridas. Esta característica supone una oportunidad para participar en programas de pago por servicios ambientales. El capital social es un elemento clave en la participación de los ejidatarios en programas gubernamentales, y en la toma de decisiones sobre la administración de los recursos de uso común. El clima, el régimen de tenencia de la tierra, la falta de oportunidades educativas y laborales para los jóvenes, los programas gubernamentales y la migración nacional e internacional son factores capaces de modificar el SSE.

Para el logro del cuarto objetivo se entrevistó a 37 servidores públicos en diversas instituciones ligadas con el DS, y a 13 usuarios locales de programas en ejidos del municipio de Santo Domingo, San Luis Potosí. Buena parte de las transformaciones institucionales y legislativas de México durante las últimas dos décadas han tenido como propósito preparar al país para ingresar a los mercados globales. La aparición del discurso de la sostenibilidad en la legislación ha coincidido con dichos cambios. Mientras para algunas instituciones la sostenibilidad es la meta a lograr, para otras lo son la productividad y la competitividad. Esta tensión es identificada por los funcionarios y se expresa en la inconsistencia entre los objetivos de diversos programas gubernamentales. La percepción generalizada es que el sistema ejidal es una de las causas del estancamiento del sector agropecuario. Los usuarios de los programas gubernamentales reconocen los retos que implica la administración de los recursos de uso común. Si bien México ha asumido la sostenibilidad como una de los ejes de su plan de desarrollo, aún requiere fortalecer sus capacidades institucionales para que la búsqueda de la sostenibilidad se exprese consistentemente en las acciones implementadas por las instituciones.

PALABRAS CLAVE: Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas (DDP), servicios ambientales, análisis de discurso, percepción remota, sistemas de información geográfica, capacidad institucional.

Abstract

The management of semiarid ecosystems in the Altiplano Potosino in the context of sustainable development

The concept of sustainability appeared in the international arena in 1987 and since then has come to permeate various spheres of society. Sustainable development involves maintaining systems that support life on the planet while ensuring that present and future generations can meet their needs. In drylands, promoting sustainability is a challenge due to the complex combination of biophysical and socio-cultural factors. The purpose of this research was: a) to analyze the way that the concept of sustainability is addressed in Mexican federal laws, using the Drylands Development Paradigm (DDP) as an analytical framework; b) to conduct a regional assessment of drylands in Mexico in order to understand the potential impact of climate and government programs LULC changes; and, c) to identify the socio-ecological feedbacks in the ejidos of the municipality of Santo Domingo, in the Altiplano Potosino; d) to analyze the Mexican capacity-building process through the narratives of federal and state employees of institutions linked to sustainable development (SD), and local users of government programs associated to SD.

To achieve the first objective, 21 federal laws that employ the concept of sustainability were analyzed. The analysis indicates that these laws assume equilibrium as the guide to the relation between biophysical and socio-cultural elements. They do not consider slow variables nor their thresholds. They also indicate diverse administrative scales and recognize local knowledge. The challenges of Mexican legislation are: to adopt the uncertainty and non-linearity inherent in socio-ecological systems (SES); to make the concepts of productivity, competitiveness and profitability compatible with sustainability; to focus on the processes that define the structure and function of SES in the long term and on the thresholds that define their resilience; to strengthen governance mechanisms and institutional capacity; and to create links with academia in order to incorporate pertinent knowledge into legislation.

To achieve the second objective Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) technologies were used. Landstat images from 1979, 1990, 2000 and 2010 were analyzed to study LULC changes in the Altiplano Potosino, the southern extreme of the Chihuahuan Desert, in the central plateau of Mexico. Landscape structure analysis, linear regressions and time series analysis were performed. NPP showed a rapid response to the highly variable climate regime in the study zone. This was not the case for land cover, a slow variable. LULC changes, particularly the decrease in cropland cover and the increase in grassland cover in the last decade, may be related to a complex interaction among migration, lack of labor for agriculture activities and access to subsidies and remittances. More robust time series analysis with LANDSAT images would need to be performed in order to establish the precise roles of climate, government programs and livestock production in the study area. To fully understand the complexity of drylands in México it is important to consider the role of socio-economical phenomena, such migration and use of remittances. Feedbacks

between bio-physical and socio-economical factors in drylands must be taken into account by the policy makers.

To achieve the third objective, eight sampling plots were established under different grazing systems, continuous (CG) and rotational (RG), and semi structured interviews of ejidatarios were performed. No statistically significant differences were found between CG and RG plots with respect to the physical-chemical features of the soil. RG plots had a higher Landscape Organization Index, higher percentage of grasses and lower percentage of bare soil. Content of Soil Organic Carbon (SOC) in all the sampling plots was between three and 17 times higher than the expected value for semiarid zones. This feature could be considered in programs involving payment for environmental services. Social capital is a key factor in the participation of ejidatarios in government programs and in the decision making process on access to communal resources. Climate, land tenure, lack of education and job opportunities for young people, government programs and migration are drivers of this SES

To achieve the fourth objective, 37 government employees and 13 local users of government programs were interviewed. Many of the institutional and legislative transformations that occurred in Mexico over the past two decades have been intended to prepare the country for access to global markets. The appearance of the concept of sustainability in legislation coincided with those changes. While sustainability is the stated goal for some institutions, for others productivity and competitiveness are the main purposes. This tension is identified by government employees and is expressed in the inconsistency between the goals of various government programs. The general perception is that the ejido system is one of the causes of the failure of public policies in the rural sector. Users of government programs recognize the challenges to the management of common resources. Sustainability is one of the axes of the Mexican development plan. Nonetheless, institutional capacity should be improved in order to consistently promote sustainability through the actions of different government institutions.

KEY WORDS: Drylands Development Paradigm (DDP), environmental services, discourse analysis, remote sensing, geographical information systems, institutional capacity.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Sustainability at local and national levels must add up to global sustainability. This idea must form the bedrock of national economies and constitute the fabric of our societies. The goal now must be to build sustainability into the DNA of our globally interconnected society.

Elinor Ostrom (1933-2012)

El último llamado de Elinor Ostrom, premio Nobel de Economía 2009, por hacer de la sostenibilidad el eje del desarrollo a nivel local, nacional y global, da cuenta de la importancia que esta noción tiene en la configuración de la sociedad contemporánea. Si bien es claro que la sostenibilidad tiene matices distintos según se hable de países industrializados, emergentes o en desarrollo (Perrings y Ansuátegui, 2000), es insoslayable que debe convertirse en la ruta a seguir si queremos mantener los sistemas que soportan la vida en el planeta (Levin y Clark, 2010) y, así, dar una oportunidad a las generaciones presentes y futuras para satisfacer sus necesidades (Organización de las Naciones Unidas, ONU, 1987).

Este trabajo tiene como propósito general identificar los desafíos que supone promover la sostenibilidad en las zonas áridas de San Luis Potosí, México. Para ello, parte del reconocimiento de los sistemas socio-ecológicos (SSE) como aquellos en los cuales intervienen, interactúan y se retroalimentan variables y procesos socio-económicos y biofísicos en diversas escalas temporales y espaciales (Holling, 2001), y en los cuales el dinamismo, la falta de linealidad (Folke, 2006), la impredecibilidad y la sorpresa no son la excepción sino la regla (Carpenter *et al.*, 2009). Guiada por esta idea de la complejidad de los SSE, esta investigación aborda distintos frentes (legislativo, socio-ecológico e institucional) y escalas (nacional, regional y local) necesarios para entender los retos que nos presenta la sostenibilidad, usando como marco analítico el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas (DDP, por sus siglas en inglés) (Reynolds *et al.*, 2007). El DDP consta de cinco principios: a) el subsistema social y sus elementos políticos, económicos, históricos y culturales, está acoplado con el subsistema biofísico y sus elementos biológicos, ecológicos y climatológicos; b) un grupo

limitado de variables lentas determinan la estructura y dinámica de los SSE; c) las variables clave poseen umbrales cuya transgresión implica un cambio en la estructura y la función del SSE; d) los SSE son jerárquicos, están anidados y tienen múltiples escalas; y e) es necesario considerar diversas fuentes de conocimiento, tantas como grupos de interés haya en un SSE (Reynolds *et al.*, 2007).

Las cuatro preguntas centrales de esta investigación son: ¿cómo se entiende la sostenibilidad en la legislación federal? ¿Cuál ha sido el impacto del clima y los programas de gobierno en la cobertura de suelo del Altiplano Potosino, en el período 1979-2010? ¿Cómo se expresa la sostenibilidad socio-ecológica en los ejidos? y ¿Cómo es el proceso de construcción de capacidad institucional para el desarrollo sostenible en México? Cada una de estas preguntas se aborda en un capítulo independiente. Para responder a la primera pregunta se identificaron 21 leyes federales que utilizan el concepto de sostenibilidad. A partir de dicho análisis se señalaron los cambios que requiere dicho marco normativo en aras de responder a la complejidad de los SSE. La segunda pregunta se aborda por medio de las tecnologías de percepción remota y sistemas de información geográfica (PR-SIG) que permiten hacer estudios regionales y cubrir tres décadas de información. Para responder la tercera pregunta se analizó la sostenibilidad socio-ecológica en cuatro ejidos del municipio de Santo Domingo, San Luis Potosí, por medio del examen de diversos capitales (natural, social, humano, financiero y físico). Para dar respuesta a la última pregunta se analizaron las narrativas de servidores públicos de instituciones ligadas al desarrollo sostenible, y de usuarios de programas gubernamentales, así como el contexto político y económico que explica la llegada del concepto de sostenibilidad al país.

Esperamos que este trabajo alimente el quehacer de las instituciones a cargo de aterrizar la sostenibilidad en las políticas públicas mexicanas y confiamos en que sus resultados tengan alguna implicación en el manejo regional y local de los recursos naturales. Así mismo, esperamos que este estudio, con su uso de diferentes técnicas de investigación (cualitativas y cuantitativas), provenientes de distintos cuerpos de conocimiento (antropología y ecología), constituya una

invitación a integrar las ciencias sociales al análisis de las problemáticas ambientales. Sólo con esta integración será posible responder cabalmente a la complejidad de los SSE y crear soluciones que amplíen los espacios para la Vida en el planeta.

REFERENCIAS

- Carpenter, SR., Folke, C., Scheffer, M., Westley, FR. (2009) Resilience: accounting for the noncomputable. *Ecology & Society*, 14: 13.
- Folke, C. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16: 253-267.
- Holling C (2001) Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems*, 4: 390-405.
- Levin, SA., Clark, WC. (2010) Toward a Science of Sustainability. Center for BioComplexity. Princeton Environmental Institute. Center for International Development. Harvard University.
- Organización de las Naciones Unidas (1987) Reporte de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo. Asamblea de la ONU. Reporte A/42/427.
- Ostrom, E. (2012) Green from the Grassroots. Recuperado, Junio 12, 2012: <http://www.project-syndicate.org/commentary/green-from-the-grassroots>.
- Perrings, C., Ansuategi, A. (2000) Sustainability, growth and development. *Journal of Economic Studies*, 27: 19-54.
- Reynolds J, Stafford-Smith M, Lambin E, Turner B, Mortimore M, Batterbury S, Downing T, Dowlatabadi H, Fernández R, Herrick J, Huber-Sannwald E, Jiang H, Leemans R, Lynam T, Maestre F, Ayarza M, Walker B (2007) Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, 316, 847–851.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD EN LA LEGISLACIÓN MEXICANA USANDO EL PARADIGMA DE DESARROLLO DE LAS ZONAS SECAS

RESUMEN

Utilizando el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas, DDP, este trabajo analiza la relación entre el discurso legal, el desempeño de las instituciones gubernamentales y el manejo de sistemas socio-ecológicos (SSE) en México. El DDP es una herramienta que examina los vínculos entre aspectos socio-económicos y biofísicos y la sostenibilidad de los SSE, y consta de cinco principios: a) las variables biofísicas y socio-económicas son interdependientes y dinámicas; b) un conjunto de variables clave lentas determina la dinámica de los SSE; c) cruzar los umbrales de las variables lentas cambia la estructura y la función de los SSE; d) las variables lentas están vinculadas en escalas espacio-temporales; e) para su co-adaptación funcional, los SSE deben integrar los conocimientos local y científico. El análisis de 21 leyes federales con el DDP permite afirmar que éstas asumen el equilibrio como guía de la relación entre los elementos biofísicos y socio-culturales; no consideran variables lentas ni sus umbrales; señalan diversas escalas administrativas y reconocen el conocimiento local. Los desafíos de la legislación mexicana son: adoptar la incertidumbre y no linealidad inherentes a los SSE; hacer los conceptos de productividad, competitividad y rentabilidad compatibles con la sostenibilidad; enfocarse en los procesos que definan la estructura y la función de los SSE a largo plazo y en los umbrales que determinan su resiliencia; fortalecer mecanismos de gobernanza y capacidad institucional, y vincularse con la academia para insertar el conocimiento pertinente en la legislación.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, el discurso de la sostenibilidad se insertó en la esfera pública en 1987 con el Informe Bruntland (Organización de las Naciones Unidas, 1987) y desde entonces ha guiado la elaboración de normas, políticas y programas tendientes a promover el desarrollo sostenible (DS). Para el caso de México, el concepto hizo presencia por primera vez en la labor gubernamental en 1996. Entendido en un comienzo como un concepto de carácter estrictamente ambiental, hoy es claro que la sostenibilidad incluye aspectos sociales, políticos, económicos y culturales. Tal complejidad ha sido puesta de manifiesto por instancias supranacionales –ej.: Organización de las Naciones Unidas que enunció los Objetivos de Desarrollo del Milenio– e iniciativas diversas –

International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)/Programa Internacional Geósfera-Biósfera e International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP)/Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Global, entre otras– que durante la última década han señalado la necesidad de analizar integralmente –es decir considerando las dimensiones humanas y biofísicas–, los factores asociados con el cambio ambiental global (Leemans *et al.*, 2009).

Son varias las definiciones de sostenibilidad que se han derivado del Informe Bruntland. En este artículo se entenderá por sostenibilidad la capacidad de los sistemas socio-ecológicos (SSE) de satisfacer las necesidades de la población actual y las generaciones futuras, así como la capacidad de mantener dichos sistemas de modo que puedan soportar la vida en el planeta (Levin y Clark, 2010). Por SSE se entenderá los sistemas complejos en los cuales intervienen, interactúan y se retroalimentan variables y procesos socio-económicos y biofísicos en diversas escalas temporales y espaciales (Holling, 2001), y el dinamismo, la falta de linealidad (Folke, 2006), la impredecibilidad y la sorpresa no son la excepción sino la regla (Carpenter *et al.*, 2009). Incluir el concepto de sostenibilidad de los SSE en los marcos legislativos nacionales es un llamado a planear el desarrollo de las sociedades de modo compatible con la capacidad del planeta.

Los resultados obtenidos por diversas instancias interesadas en lograr un DS –ej.: instituciones gubernamentales encargadas de la planeación del desarrollo y agencias de cooperación internacional– no han sido siempre alentadores (Leach, 2008). Esto debido al conflicto entre lo que debe ser sostenido –ej.: biodiversidad, funcionamiento de ecosistemas, recursos naturales o comunidades humanas– y lo que debe ser desarrollado –ej.: equidad, sector productivo o instituciones sociales– (Kates *et al.*, 2005). Otros obstáculos para el logro del DS son: el desconocimiento de los vínculos culturales e históricos entre las comunidades y su entorno natural (Leach, 2008); la rigidez de las instituciones a cargo de la implementación de programas de DS (MacDonald y Gibson, 2006); la hegemonía de algunos discursos avalados por la ciencia que opacan las visiones alternativas

(Carpenter *et al.*, 2009); la falta de sistemas eficaces de gobernanza que consideren la cooperación intersectorial e integralidad de las políticas públicas (Zilans, 2008); la permanencia del modelo económico actual (Kemp *et al.*, 2005); y la ignorancia sobre la complejidad e impredecibilidad de los SSE (Scoones *et al.*, 2007).

En el ámbito académico nacional e internacional, el reconocimiento de la complejidad e impredecibilidad de los SSE ha motivado la construcción de diversos marcos de análisis que comparten el propósito de guiar en su identificación, desarrollo, evaluación y monitoreo (*Cfr.* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 2000; Masera *et al.*, 2008; Stiglitz *et al.*, 2009). Uno de tales marcos analíticos es el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas, DDP (Reynolds *et al.*, 2007) que se puede aplicar desde sistemas áridos hasta sub-húmedos/tropicales.

El DDP consta de cinco principios que identifican las variables y los procesos claves que determinan la resiliencia en un SSE (Reynolds *et al.*, 2007) – es decir, su capacidad de absorber las perturbaciones y reorganizarse de modo que mantenga la estructura, función y los mecanismos para retroalimentarse y desarrollarse–, capacidad ésta que resulta esencial para la sostenibilidad (Folke, 2006). Dichos principios son: 1) en los SSE existe interdependencia entre los aspectos biofísicos y los socio-económicos; y la estructura, función e interrelación de los sistemas es dinámica; 2) existe un conjunto de variables clave “lentas”, esto es, que actúan en el largo plazo, y que determinan la estructura y función de los SSE (ej.: el contenido de materia orgánica en el suelo actúa como una variable lenta determinando su fertilidad a largo plazo), en contraste con las variables “rápidas” cuya tasa de cambio se expresa en el corto plazo; 3) cuando una variable lenta traspasa un umbral, cambia la estructura y/o función del SSE (ej.: la migración de personas en algunos poblados de México ha modificado la dinámica socio-económica de sus habitantes (Alanis, 2008)); 4) en un SSE las variables biofísicas y socio-económicas interactúan a diversas escalas temporales y espaciales; y, e) la co-adaptación funcional de los SSE depende de la integración

del conocimiento ambiental local con el conocimiento científico y técnico (Reynolds *et al.*, 2007).

Desde el 2004, el DDP ha sido empleado por la red internacional de ARIDnet en estudios de caso que evalúan la problemática socio-ecológica asociada con la degradación y desertificación en zonas secas de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Estados Unidos, Honduras y México, que ha obstaculizado el DS en dichas regiones (Huber-Sannwald *et al.*, 2006; Reynolds *et al.*, 2007, Herrick *et al.*, 2010, Ayarza *et al.*, 2010).

El propósito de este trabajo es analizar cómo se aborda la sostenibilidad en la legislación mexicana, utilizando el DDP como herramienta dada su capacidad para identificar los aspectos medulares de la sostenibilidad de los SSE. Dicho objetivo se enmarca en la tendencia reciente de analizar la relación entre el discurso legal, la actividad y capacidad de las instituciones gubernamentales y el manejo de los SSE (*Cfr.* Young *et al.*, 2008; Cosens, 2010; Rissman y Butsic, 2010). Aunque el proceso de gestación y ejecución de las leyes y, en general, de las políticas públicas, constituye un área de investigación fundamental (Stein y Tommasi, 2006), este trabajo aborda únicamente el contenido de las leyes. Teniendo en cuenta el vínculo entre el marco legislativo y el quehacer institucional, se espera que este análisis abone en la discusión en torno de la sostenibilidad y retroalimente la actividad de las instituciones que, amparadas en la legislación, se ocupan de promover el DS en México.

El artículo está estructurado en cuatro secciones. La primera describe el método y los criterios que se siguieron en la selección de las leyes y análisis de sus artículos. La segunda sección analiza el contenido de las leyes utilizando los principios del DDP. La tercera sección discute los resultados, y la cuarta señala opciones para que el trabajo institucional ligado al DS en México responda a los retos que implica asumir la complejidad de los SSE.

2. MÉTODO

Para analizar el marco regulatorio de la sostenibilidad en México, se revisó el cuerpo normativo vigente del país listado en la página web del Diario Oficial de la Federación entre el 20 y el 27 marzo de 2010 (254 leyes). Posteriormente se seleccionaron las leyes que contenían alguna de las siguientes palabras clave: *sustentabilidad, desarrollo sustentable, sostenibilidad y desarrollo sostenible*. Se identificaron 21 leyes que usan alguna de estas palabras en el marco de la definición o el manejo de los SSE o el DS (Tabla 1.1). Para asociar los artículos y los principios del DDP se hizo una lectura cuidadosa del contenido de cada una de las leyes y se extrajeron las secciones que se referían implícita o explícitamente a sus principios. La asociación explícita se estableció con la búsqueda de palabras clave como *resiliencia, consecuencias a largo plazo, umbral(es), ecosistema(s), socio-ambiental, socio-ecológico, sistemas complejos, complejidad, transferencia de tecnología, servicios ambientales y participación comunitaria*. Después se realizó un análisis del discurso de los artículos asociados con los principios del DDP (Alba-Juez, 2009). En el análisis del principio 2 del DDP se tuvo en cuenta la duración de los procesos asociados a los factores citados en las leyes para determinar si se trataban de variables lentas o rápidas (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Leyes mexicanas de carácter federal que contienen las nociones de sostenibilidad y/o desarrollo sostenible en el contexto socio-ecológico, año de promulgación, instancias ejecutivas, variables/procesos que enfatizan y naturaleza de dichas variables.

Ley, Año*, Secretarías a cargo** y Artículos de interés***	Variables/procesos que enfatizan****
Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo del Petróleo (LRA27). 1958 (2008). SENER. 4 BIS; 9	Extracción y comercialización de hidrocarburos (R)
Ley de Planeación (LP). 1983 (2003). SHCP. 2; 9; 21	Planeación del desarrollo (L)
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). 1988 (1996). SEMARNAT. 1; 3–XI; 15–XIV,XV; 21–I; 36; 36–V; 47 BIS 2–b,d; 60; 77 BIS–V	Preservación y restauración del equilibrio ecológico (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Aguas Nacionales (LAN). 1992 (2008). SEMARNAT. 1; 2–XXVIII,XXIX,LXIII,LXV; 3–XXI,XXVIII,XXIX,XLII,XLIII; 6; 13 BIS 3–I–4; 14 BIS I–5–I; 15–I–X; 39 BIS–I	Aprovechamiento de recursos (R); Conformación de instancias de gestión (R); Preservación de la calidad y la cantidad de las aguas nacionales (L)
Ley General de Vida Silvestre (LGVS). 2000. SEMARNAT. 5; 9–VIII; 11–VIII; 21; 82; 93	Protección/conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público (LAASSS). 2000 (2009). SHCP. 22–III; tercero transitorio	Adquisiciones en el sector público (R)
Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). 2001. SAGARPA. 5–II; 6; 7; 8; 9; 11; 13–I,II,VII,IX; 15; 23; 27; 32; 34; 37; 36; 39; 41; 49; 52; 59; 82; 86; 104; 144–VIII; 164; 168; 172; 173	Conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Ciencia y Tecnología (LCT). 2002. SER; SHCP; SEMARNAT; SENER; SE; SAGARPA; SCT; SEP; SALUD. 35–VII	Desarrollo científico y tecnológico (L)
Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (LMPME). 2002. 1; 3–IV; 4–II–h; 11–VIII SE	Productividad /rentabilidad (R)
Ley de Energía para el Campo (LEC). 2002. SAGARPA. 3–IV	Productividad (R)
Ley General de Desarrollo Forestal	Conservación (L); Aprovechamiento

Ley, Año*, Secretarías a cargo** y Artículos de interés***	Variables/procesos que enfatizan****
Sustentable (LGDFS). 2003. SEMARNAT. 30–VII; 45–VI; 55–VI; 114	(R)
Ley General de Desarrollo Social (LGDS). 2004. SEDESOL. 3–VI	Disminución de las desventajas sociales en materia de salud, educación, alimentación, vivienda, trabajo y ambiente (L)
Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA). 2005. SAGARPA. 7–I; 10–XXII; 112; 115	Conservación (L); Aprovechamiento (R); Rentabilidad (R)
Ley de Vivienda (LV). 2006. SEDESOL. 6–VI; 19–II; 71; 72	Acceso a vivienda (R)
Ley de Productos Orgánicos (LPO). 2006. SAGARPA. 1–II–V; 39–III; 42	Gestión de la producción (R)
Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS). 2007. SAGARPA. 1; 4–XXXVI; 17–VIII; 43; 78; 82	Conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (LCNH). 2008. SENER. 3–d	Gestión de la explotación de hidrocarburos (R)
Ley de Petróleos Mexicanos (LPM). 2008. SENER. 28; 50; 61–V	Gestión de la explotación de hidrocarburos (R)
Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB). 2008. SENER. 1; 13–V; 15	Gestión de la producción de bioenergéticos (R)
Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAER). 2008. SENER. 2; 21–III; 22	Promoción y gestión de las energías renovables (R)
Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE). 2008. SENER. 2–I	Gestión del aprovechamiento de la energía (R)

*Entre paréntesis el año en que se reformó la ley para introducir el concepto de *sostenibilidad y/o desarrollo sostenible*.

**Energía (SENER); Hacienda y Crédito Público (SHCP); Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Relaciones Exteriores (SER); Economía (SE); Comunicaciones y Transportes (SCT); Educación Pública (SEP); Salud (SALUD); Desarrollo Social (SEDESOL).

*** Artículos que contienen las palabras *sostenibilidad, desarrollo sostenible, sustentabilidad y desarrollo sustentable*.

**** Entre paréntesis el tipo de variable: lenta (L) o rápida (R).

3. RESULTADOS

El concepto de sostenibilidad se incluyó por primera vez en el marco legal mexicano en 1996, en una reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988 (LGEEPA). Posteriormente, otras leyes federales se reformaron para incluir dicho concepto y aquellas formuladas a partir del año 2000 lo incluyeron en su primera versión (Tabla 1.1). De acuerdo con la LGEEPA, el DS es “el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del (*sic*) carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras” (Art. 3-XI). Esta definición se adoptó con pequeñas modificaciones en otras leyes, como la Ley de Aguas Nacionales (LAN, Art. 3-XXI) y la Ley General de Desarrollo Social (LDS, Art. 3-VI). En otros casos, se adoptó una definición diferente, como en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), en la cual el desarrollo rural sostenible es “el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio” (Art. 3-XIV). La Ley de Energía para el Campo (LEC) asume esta última definición (Art. 3-IV). Otras leyes mencionan las nociones de *desarrollo sostenible* y *sustentable* (Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, LMPME) y *desarrollo integral sustentable* (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, LGDFS; Ley de Planeación, LP) sin definir las.

El Principio 1 del DDP señala el acoplamiento del subsistema social y sus elementos políticos, económicos, históricos y culturales, con el subsistema biofísico y sus elementos biológicos, ecológicos y climatológicos (Reynolds *et al.*, 2007). Esto implica la imposibilidad de considerar el componente humano fuera del contexto biofísico y viceversa, así como las múltiples relaciones dinámicas y

sus transformaciones recíprocas. Cada vez que la legislación mexicana hace mención del “desarrollo sustentable”, estos dos elementos, –el social y el biofísico– están presentes. No obstante, en la relación entre estos elementos no se considera la no linealidad, el dinamismo y la incertidumbre asociados con el cambio, y que son características inherentes de los SSE (Folke, 2006). Al contrario, al abordar la dupla sociedad-entorno natural, la legislación tiene un marcado énfasis en el concepto de equilibrio, con la idea implícita de que la modificación en uno de los elementos de la dupla –la sociedad– llevará a una modificación en el otro –entorno natural–, de manera predeterminada (*Cfr.* Arts. 3-XXIV, 29-XIV, LAN; Art. 54, LDRS; Art. 19-V, Ley de Promoción de los Bioenergéticos, LPB; Art. 159, LGDFS; Art. 28-V, Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, LGPAS; Art. 70, Ley General de Vida Silvestre, LGVS; Art. 19-IV, LGEEPA).

El Principio 2 del DDP afirma que hay un grupo limitado de variables lentas que determinan la estructura y dinámica de los SSE (Reynolds *et al.*, 2007). El conjunto de leyes analizadas no contiene explícitamente este concepto. Sin embargo, por ejemplo la LDRS, incluye el de *servicios ambientales* (SA), mismo que está relacionado con procesos de largo plazo en los SSE (Chapin *et al.*, 2006). La legislación define los SA como “los beneficios que obtiene la sociedad de los recursos naturales, tales como la provisión y calidad del agua, la captura de contaminantes, la mitigación del efecto de los fenómenos naturales adversos, el paisaje y la recreación, entre otros” (Art. 3-XXX). Esta definición se refiere a los SA de soporte, regulación y culturales (Millennium Ecosystem Assessment, MEA, 2005). Paralelamente al llamado a la protección y promoción de los SA se encuentra el llamado a la productividad, la competitividad y la rentabilidad, como mecanismos relativamente “rápidos” para mejorar el ingreso económico de las comunidades. Este rasgo se enfatiza en la LDRS –que guía la intervención institucional en el sector rural del país por medio de proyectos productivos y subsidios a las actividades agropecuarias–, la LGEEPA, la LGVS y la LGPAS. En estas leyes es clara la incongruencia entre el discurso de la protección y promoción de los SA –asociados con procesos de largo plazo o variables lentas– y

el del aumento de los recursos económicos de las comunidades por medio del *aprovechamiento de los recursos naturales* –con actividades a corto plazo o variables rápidas– (Cfr. Arts. 1-V, 15-II, 20-II, 36-V, LGEEPA; Art. 5, LGVS; Arts. 22, 82, LGPAS).

El Principio 3 del DDP sostiene que las variables clave poseen umbrales cuya transgresión implica un cambio en la estructura y la función del SSE (Reynolds *et al.*, 2007). Un umbral es un punto de quiebre entre dos regímenes de un sistema (Walker y Meyers, 2004); estos regímenes pueden cambiar en el tiempo. Cruzar un umbral de una variable clave puede disparar efectos de cascada en umbrales de otras variables y, en consecuencia, disminuir la resiliencia de un sistema (Kinzig *et al.*, 2006). Entre las leyes analizadas, la LGEEPA es la única que contiene una referencia explícita al concepto de umbral. Esta ley señala que “la Federación, los Estados y el Distrito Federal (...) diseñarán, desarrollarán y aplicarán instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, y mediante los cuales se buscará”, entre otros aspectos, “procurar su utilización conjunta con otros instrumentos de política ambiental, en especial cuando se trate de observar umbrales o límites en la utilización de ecosistemas, de tal manera que se garantice su integridad y equilibrio, la salud y el bienestar de la población” (Art. 21).

Este concepto de umbral, sin embargo, no contiene las mismas implicaciones del que propone el DDP. Esto queda claro cuando la LGEEPA y demás leyes analizadas asumen la posibilidad de que los ecosistemas *regresen* a un estado inicial o anterior a la perturbación de que fueron objeto. Un SSE puede atravesar distintos estados sin cruzar un umbral, lo cual implica que, en efecto, tendría la capacidad de regresar a un estado inicial. Sin embargo, cuando se cruza un umbral, y el SSE cambia de régimen, no es posible que espontáneamente recupere su estructura inicial. En algunos casos, las leyes analizadas invocan el principio de precaución (Cfr. Art. 17, LGPAS; Art. 5, LGVS) o señalan la necesidad de considerar los “escenarios futuros” (Cfr. Art. 3-XXXI, LGVS) y conservar los ecosistemas a largo plazo (Cfr. Art. 47-BIS-II, LGEEPA). En otros casos se

presume la posibilidad de recuperar las “condiciones iniciales” en los ecosistemas (Cfr. Arts. 70 y 108, LGVS; Art. 14Bis5-VII, LAN; Art. 9, LGPAS).

El Principio 4 del DDP señala que los SSE son jerárquicos, están anidados y tienen múltiples escalas (Reynolds *et al.*, 2007). Tratándose de las escalas *administrativamente* relevantes, las leyes consideran los diversos niveles de competencia –federal, estatal y municipal–, y los mecanismos de coordinación intersectorial e interinstitucional, tal y como lo señala el Capítulo Segundo de la LP. Esto no significa que las leyes analizadas asuman el carácter anidado que supone el Principio 4 del DDP. No obstante, los mecanismos instituidos allí son herramientas importantes en términos de capacidad institucional y gobernanza ya que la participación conjunta de las distintas instancias de decisión provee un mejor escenario para la planeación de estrategias de intervención y para la resolución de posibles conflictos de intereses (Braithwaite *et al.*, 2009). Para un SSE esta coordinación es crítica cuando se trata de aplicar programas en el ámbito local (McClanahan *et al.*, 2009) a partir de lineamientos federales. En cuanto a la escala temporal, a pesar de la urgencia de discernir entre las acciones necesarias a largo plazo y aquellas ineludibles en el corto plazo, que garanticen el DS (Kümmerer y Hofmeister, 2008), son pocas las menciones que se hacen a este respecto en las leyes analizadas.

El Principio 5 del DDP señala la necesidad de considerar múltiples fuentes de conocimiento, tantas como grupos de interés haya en un SSE (Reynolds *et al.*, 2007). En particular, las leyes de Productos Orgánicos (LPO), Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos (LPDB), LGPAS, LVS, LGEEPA y LAN, señalan cuatro elementos importantes: investigación científica y tecnológica, transferencia de tecnología, respeto al conocimiento ambiental local y difusión de información (Cfr. Art. 6, LPO; Art. 19, LPDB; Art. 24, LGPAS; Art. 21, LGVS; Art. 45, 83, LGEEPA; Art. 9, LAN). Para efectos del Principio 5 del DDP, son de particular relevancia los artículos que consideran el saber científico y el local, entendido este último como el conocimiento tradicional que poseen de su entorno las comunidades campesinas e indígenas (Cfr. Arts. 52, 176, LDRS; Arts. 30, 105, 147, LGDFS; Art. 38, LGPAS; Arts. 5, 24, LGVS; Arts. 45, 79, 83, LGEEPA).

4. DISCUSIÓN

Son varios los aspectos que deben resaltarse a partir del análisis del conjunto de leyes federales mexicanas asociadas con el DS. En primer lugar, la inclusión del concepto de *sostenibilidad* –y su abordaje simultáneo de las dimensiones humana y ambiental– como principio de la planeación del desarrollo es un elemento valioso en la legislación mexicana. Sin embargo, la disparidad o la carencia en las definiciones hablan de un proceso aún incipiente y, por lo mismo, susceptible de retroalimentación.

En segundo lugar, el afán de México por insertarse en los mercados mundiales –y asumir un liderazgo entre las economías emergentes de América Latina (Cfr. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2007, Plan Nacional de Desarrollo, PND, 2007-2012)–, hace comprensible el gran énfasis del marco normativo en la productividad, la competitividad y la rentabilidad (Cfr. Arts. 2-III, 12-XIII; 22, 35-VII, 40, Ley de Ciencia y Tecnología, LCT; Arts. 4, 6, 13-III, IX, 32, 53, 62, 70-I, 72, 82, 104, 105, 112, 151, 161-I, 167, 188, 191, LDRS; Arts. 7-I, 8, 10-VII, XVI, XX, 14-XV, 22, 97, 101-III, V, 115, Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, LDSCA; Art. 1, LEC; Art. 7-II, Ley de Petróleos Mexicanos, LPM; Arts. 8-XXIV, XXV, 82, LGPAS; Art. 17, LPDB; Arts. 27-V, 30, 142, LGDFS; Art. 41-II, LPO). Sin embargo, estas metas podrían atentar contra la sostenibilidad porque si bien el PND cuenta con un apartado en el cual señala la necesidad de definir “umbrales de sensibilidad de los sistemas socioambientales” (Estrategia 11.3), este llamado no recae en la legislación, como el eje obligatorio si se pretende garantizar la materia prima del DS. Por ahora, dicho llamado sólo está presente como parte del objetivo de “impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático” (PND, Objetivo 11). La incongruencia identificada en el contenido de las leyes analizadas entre la sostenibilidad –asociada a procesos de largo plazo– y la productividad económica –asociada en la legislación con procesos a corto plazo– podría atribuirse a la reciente historia de este tipo de normatividad en el país. Aunque se reconoce el avance de México en materia de legislación ambiental, es discutible suponer que el modelo basado en la

productividad económica dejará un espacio suficiente para hacer viable la sostenibilidad en sus múltiples dimensiones (Lang, 2003).

En tercer lugar, mientras se considere la posibilidad de que los ecosistemas vuelvan a su estado inicial luego de una gran perturbación, el aspecto punitivo de la ley predominará sobre el propositivo. Esto significa que aunque el marco normativo tenga el objetivo de proteger los ecosistemas, poco podrá garantizar en esta dirección si se ignoran las múltiples dimensiones de la sostenibilidad y sus relaciones dinámicas. Es decir, si se pretende ir en la ruta de la sostenibilidad, no es posible hablar sólo de *ecosistemas* sino de *sistemas socio-ecológicos complejos*. Esto permitirá que el marco normativo presente mayor coherencia y, así, mayor claridad y precisión a la hora de diseñar intervenciones.

Al contemplar la posibilidad de los sistemas de retornar a su condición inicial, la normatividad considera la dicotomía equilibrio-desequilibrio. Esta idea del equilibrio, o del balance de la naturaleza, ha estado presente desde la Antigüedad en Occidente (Rohde, 2006). También lo estuvo dentro del desarrollo de la Ecología como disciplina, sin oposición crítica, hasta los años setentas del siglo pasado (De Angelis y Waterhouse, 1987). Las dificultades derivadas de esta postura son, al menos, dos. Si se consideran las múltiples evidencias proporcionadas acerca del no equilibrio en los ecosistemas (Johnstone y Chapin, 2003), del carácter escala-dependiente del equilibrio (Dolan *et al.*, 2005), del continuo equilibrio-desequilibrio de algunos sistemas socio-ecológicos (Derry y Boone, 2010), o de la posibilidad de los sistemas de contar con varios momentos de estabilidad y de no estabilidad (Westoby *et al.*, 1989), el llamado permanente a su consecución no tiene asidero en la realidad y hace fatuo el contenido de buena parte de la legislación ambiental. Por otra parte, si se asume la validez teórica del llamado al equilibrio, cabe preguntarse cómo evaluar su ruptura o su logro, y cómo definir el rango adecuado de cada estrategia de manejo de los ecosistemas con miras a evitar su *desequilibrio*. Si además se consideran las variables de carácter socio-económico, político, histórico y cultural, y no sólo las ecológicas, el regreso de los sistemas a un estadio previo a la perturbación es prácticamente imposible. Asumir lo contrario implica un gran riesgo (Scheffer y Carpenter, 2003).

En cuarto lugar, aunque el marco normativo revisado contempla las escalas administrativas suficientes para asumir la sostenibilidad como una tarea que compete tanto al gobierno federal como a las autoridades estatales y las municipales, la presencia de múltiples comités e instancias decisorias y de consulta, a diversos niveles, no garantiza en sí misma la implementación de intervenciones adecuadas. Las razones para ello son: la dependencia del nivel federal en las estrategias que involucran subsidios económicos con las mismas características para todo el país sin considerar las particularidades de los SSE en diferentes climas y condiciones ambientales; la poca habilidad de las autoridades locales para abordar los temas socio-ecológicos; la falta de legitimidad de las instituciones locales; el rechazo de las instancias federales a ceder el poder a las regiones y, por último, la naturaleza multidimensional de la sostenibilidad (Lawrence *et al.*, 2004). A estos obstáculos se suma el hecho de que, en términos biofísicos, el ámbito final de aplicación de la normatividad suele ser la parcela o la pequeña propiedad, y se ignoran las retroalimentaciones potenciales que dichas intervenciones locales tienen a mediano y largo plazos a escalas de cuenca, paisaje o región.

En quinto lugar, reconocer un saber históricamente no validado, como es el saber local, exige del conocimiento técnico una buena dosis de capacidad de autocrítica para asumir el grado de incertidumbre asociado con sus decisiones (Perrings, 2006) o los errores derivados de su ignorancia acerca del contexto afectado por tales decisiones (Gray *et al.*, 2009). Aunque se reconoce el avance de la legislación mexicana al considerar el saber local, es necesario señalar la obligación de superar la condescendencia con la cual el saber hegemónico suele acercarse a los saberes alternativos (De Greiff, 2002). El valor de este llamado radica no sólo en sus implicaciones para el ejercicio de la democracia sino, hablando de la sostenibilidad, en el reconocimiento de la necesidad de escuchar a quienes suelen ser los primeros afectados por su deterioro y cuyas voces han sido frecuentemente ignoradas a la hora de diseñar estrategias de intervención (Knapp y Fernández-Giménez, 2009). Experiencias en diversas partes del mundo, incluyendo México, han validado el papel de las comunidades locales como

fuentes de conocimiento (Castillo *et al.*, 2005; Reed *et al.*, 2008) de particular importancia en la identificación de características específicas de los sitios (Knapp y Fernández-Giménez, 2009), o en la generación de indicadores de sostenibilidad más precisos y relevantes (Reed *et al.*, 2008). Esta inclusión del saber local en la toma de decisiones constituye un reto en sí mismo. Si se tiene en cuenta el riesgo que supone la migración en ciertas zonas del país para la transmisión de dicho conocimiento a las nuevas generaciones el desafío es aún mayor.

5. CONCLUSIONES

Este artículo es el primer intento de utilizar el DDP como herramienta de análisis del marco normativo relacionado con los SSE y, como tal, ha permitido afianzar su utilidad en la identificación tanto de los factores que hacen difícil el logro de la sostenibilidad como de las trayectorias alternativas.

Son varios los desafíos que enfrenta México en materia de legislación para lograr la sostenibilidad de los SSE: a) definición y unificación de conceptos centrales –ej.: sistema socio-ecológico complejo, sostenibilidad, desarrollo sostenible y umbral– basadas en un trabajo estrecho con el sector académico y científico; b) ampliación del campo legislativo en el cual esté presente el concepto de sostenibilidad; c) adopción de la no linealidad y la incertidumbre propias de los SSE; d) establecimiento de planes de intervención que trasciendan el corto plazo y asuman el principio de precaución ante la falta de información; e) fortalecimiento de los sistemas de gobernanza entre las instancias federal, estatal y municipal, con especial énfasis en el papel del conocimiento local y teniendo en cuenta la participación de todos los grupos de interés; f) reconocimiento de la inviabilidad económica de restaurar totalmente los SSE cuya degradación ha sobrepasado umbrales claves y g) revaloración de los conceptos de productividad, competitividad y rentabilidad para hacerlos compatibles –si esto es posible– con la sostenibilidad.

Durante la última década la sostenibilidad dejó de ser un discurso para convertirse en el eje de múltiples iniciativas alrededor del mundo cuyo objetivo común es conciliar las metas del desarrollo de la sociedad con los límites

ambientales del planeta. En este sentido, la labor de los gobiernos, en todos los niveles de decisión, no puede ser ajena a la información que día tras día se produce en torno a la capacidad del planeta para lidiar con las implicaciones de la presencia y las actividades humanas. Así, una de las responsabilidades de la academia debe ser la de servir de puente entre este conocimiento y las instancias decisorias. Sólo estableciendo este vínculo entre la investigación y las políticas públicas será posible señalar las trayectorias erradas y proponer caminos alternativos que hagan de la sostenibilidad –en sus diversas dimensiones– un eje para la acción y no sólo un discurso.

REFERENCIAS

- Alanis, F. (2008) ¡Yo soy de San Luis Potosí! Con un pie en Estados Unidos. México: COLSAN–Miguel Ángel Porrúa–Secretaría de Gobernación–COPOCYT.
- Alba-Juez, L. (2009) Perspectives on Discourse Analysis: Theory and Practice. Cambridge Scholars Publishing, UK.
- Ayarza M., Huber–Sannwald E., Herrick JE., Reynolds JM., García–Barrios L., Welchez LA., Lentes P, Pavón J, Morales J, Alvarado A, Pinedo M, Baquera N, Zelaya S, Pineda R, Amézquita E, Trejo M (2010) Changing human–ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1–9.
- Braimoh AK, Agboala JI, Subramanian SM (2009) The role of governance in managing ecosystem service trade–offs. *IHDP Update* 3, 22–25.
- Carpenter SR, Folke C, Scheffer M, Westley FR (2009) Resilience: accounting for the noncomputable. *Ecology and Society* 14 (1) 13.
- Castillo A, Magaña A, Pujadas A, Martínez L, Godínez C (2005) Understanding the Interaction of Rural People with Ecosystems: A Case Study in a Tropical Dry Forest of Mexico. *Ecosystems* 8, 630–643.
- Chapin, FS. III., Lovcraft, AL, Zavaleta, ES, Nelson, J, Robards, MD, Kofinas, GP Trainor, SF, Peterson, FD, Huntington, HP, Naylor, HP (2006) Policy strategies to address sustainability of Alaskan boreal forests in response to a directionally changing climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103: 16637–16643.
- Cosens B (2010) Transboundary River Governance in the Face of Uncertainty: Resilience Theory and the Columbia River Treaty. *Journal of Land, Resources & Environmental Law* 30(2), 229–265.
- De Angelis D, Waterhouse JC (1987) Equilibrium and nonequilibrium concepts in ecological models. *Ecological Monographs* 57, 1–21.
- De Greiff A (2002) Entre lo global y lo local: ¿Cuál comunidad científica internacional? *Revista Trans* 118–133.
- Derry J, Boone R (2010) Grazing systems are a result of equilibrium and non–equilibrium dynamics. *Journal of Arid Environments* 74, 307–309.
- Dolan J, Rassoulzadegan F, Caron D (2005) The first decade of ‘Aquatic Microbial Ecology’ (1995–2005): evidence for gradualism or punctuated equilibrium? *Aquatic Microbial Ecology* 39, 3–6.
- Folke C (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16, 253–267.
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República (2007) Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012.

- Gray I, Lawrence G, Sinclair P (2009) The sociology of climate change for regional Australia: Considering farmer capacity for change. *Climate change in regional Australia: Social learning and adaptation*. Martin J, Rogers M, Winter C (eds.) Victoria, Australia: VURRN Press, 133–158.
- Herrick JE, Lessard VC, Spaeth KE, Shaver PL, Dayton RS, Pyke DA, Jolley L, Goebel JJ (2010) National ecosystem assessments supported by scientific and local knowledge. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(8), 403–408.
- Holling C (2001) Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4, 390–405.
- Huber–Sannwald E, Maestre F, Herrick J, Reynolds J (2006) Ecohydrological feedbacks and linkages associated with land degradation: a case study from Mexico. *Hydrological Processes* 20, 3395–3411.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (2000) Indicadores de desarrollo sustentable en México. Aguascalientes, México: INEGI.
- Johnstone J, Chapin FS (2003) Non–equilibrium succession dynamics indicate continued northern migration of lodgepole pine. *Global Change Biology* 9, 1401–1409.
- Kates R, Parris T, Leiserowitz A (2005) What is sustainable development? Goals, indicators, values and practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 47, 8–21.
- Kemp R, Parto S, Gibson R (2005) Governance for sustainable development: moving from theory to practice. *International Journal of Sustainable Development* 8, 12–30.
- Kinzig AP, Ryan P, Etienne M, Allison H, Elmqvist T, Walker BH (2006) Resilience and regime shifts: assessing cascading effects. *Ecology and Society* 11(1) 20.
- Knapp N, Fernández–Giménez M (2009) Knowledge in Practice: Documenting Rancher Local Knowledge in Northwest Colorado Corrine. *Rangeland Ecology and Management* 62, 500–509.
- Kümmerer K, Hoftneister S (2008) Sustainability, substance flow management and time. Part I– Temporal analysis of substance flows. *Journal of Environmental Management* 88, 1333–1342.
- Lang T (2003) Food industrialisation and food power: Implications for food governance. *Development Policy Review* 21, 555–568.
- Lawrence GC, Richards A, Cheshire L (2004) The environmental enigma: Why do producers professing stewardship continue to practice poor natural resource management? *Journal of Environmental Policy & Planning* 6, 251–270.
- Leach M (2008) Pathways to sustainability in the forest? Misunderstood dynamics and the negotiation of knowledge, power, and policy. *Environment and Planning* 40, 1783–1795.
- Leemans R, Asrar G, Busalacchi A, Canadell J, Ingram J, Larigauderie A, Mooney H, Nobre C, Patwardhan A, Rice M, Schmidt F, Seitzinger S, Virji H, Vörösmarty C, Young O (2009) Developing a common strategy for integrative global environmental change research and outreach: the Earth System Science Partnership (ESSP). Strategy paper. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1, 4–13.
- Levin SA, Clark WC (2010) Toward a Science of Sustainability. Center for BioComplexity. Princeton Environmental Institute. Center for International Development. Harvard University.
- MacDonald A, Gibson G (2006) The Rise of Sustainability: Changing Public Concerns and Governance Approaches Toward Exploration. *Wealth Creation in the Minerals Industry: Integrating Science, Business, and Education*. Doggett MD, Parry JR (eds), special publication 12. Littleton (USA): Society of Economic Geologists, 127–148
- McClanahan T, Castilla CA, White T, Defeo O (2009) Healing small–scale fisheries by facilitating complex socio–ecological systems. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19, 33–47.
- Masera O, Astier M, López–Ridaura S, Galván–Miyoshi Y, Ortiz–Ávila T, García–Barrios L, García–Barrios R, González C, Speelman S (2008) El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Astier M, Masera O, Galván–Miyoshi Y (coords.) Madrid: SEAE-CIGA-ECOSUR-CIEco-UNAM-GIRA-Mundiprensa-Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, 13–24.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well–Being: Synthesis. Island Press: Washington, DC.

- Organización de las Naciones Unidas (1987) Reporte de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo. Asamblea de la ONU. Reporte A/42/427.
- Perrings C (2006) Resilience and sustainable development. *Environment and Development Economics* 11, 417–427.
- Reed M, Dougill AJ, Baker TR (2008) Participatory indicator development: What can ecologists and local communities learn from each other? *Ecological Applications* 18, 1253–1269.
- Reynolds J, Stafford–Smith M, Lambin E, Turner B, Mortimore M, Batterbury S, Downing T, Dowlatabadi H, Fernández R, Herrick J, Huber–Sannwald E, Jiang H, Leemans R, Lynam T, Maestre F, Ayarza M, Walker B (2007) Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316, 847–851.
- Rissman AR, Butsic V (2010) Land trust defense and enforcement of conserved areas. *Conservation Letters* 4, 31–7.
- Rohde K (2006) Nonequilibrium Ecology. London: Cambridge University Press.
- Scheffer M, Carpenter SR (2003) Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18, 648–656.
- Scoones I, Leach M, Smith A, Stagl S, Stirling A, Thompson J (2007) Dynamic Systems and the Challenge of Sustainability, STEPS WP 1, Brighton: STEPS Centre.
- Stein E, Tomassi M (2006) La política de las políticas públicas. *Política y gobierno* 18(2), 393–416.
- Stiglitz L, Sen A, Fitoussi J (2009) Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Recuperado en http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf, Febrero 19 de 2011.
- Walker B, Meyers JA (2004) Thresholds in ecological and social–ecological systems: a developing database. *Ecology and Society* 9(2) 3.
- Westoby M, Walker B, Noy–Meir I (1989) Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42(4), 266–274.
- Young O, King LA, Schroeder H (2008) Institutions and Environmental Change: Principal Findings, Applications, and Research Frontiers. Boston, MA: The MIT Press.
- Zilans A (2008) Governance as a barrier to mainstreaming sustainable development in Riga, Latvia. *International Journal of Environment and Sustainable Development* 7, 1–20.

CHAPTER II
**ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY AND LAND USE POLICIES AS
POTENTIAL DRIVERS OF LULC CHANGE IN THE SEMIARID HIGH PLATEAU
OF MÉXICO – SYSTEMS APPROACH USING REMOTE SENSING**

ABSTRACT

Drylands are complex adaptive systems where biophysical and socio-economic, political and cultural factors interact in different space and time scales. In México, drylands make up 65%, most of which corresponds to communal land. The main economic activities performed in Mexican drylands are rain-fed agriculture and extensive agriculture. During the last two decades, Mexican government launched policies and programs that may have triggered land use changes and degradation in drylands. The purpose of this study was to conduct a regional assessment of drylands in México to examine the impacts of climate, government programs and livestock production on LULC changes and land degradation. This study used an analytical framework, the Drylands Development Paradigm (DDP) (Reynolds et al., 2007b), and Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) technologies. DDP allows integrally analyzing the feedback between biophysical and anthropogenic variables, and RS-GIS technologies allow a regional approach. Landsat images from 1979, 1990, 2000 and 2010 were analyzed to determine LULC changes in the Altiplano in San Luis Potosí, the southern extreme of Chihuahuan Desert, in the central plateau of México. The hypotheses tested were: a) Landscape cover of municipalities with larger expansions of communal land and thus livestock production will have lower vegetation index values suggesting lower plant cover and production than areas with less communal areas; b) the government program to support livestock production (PROGAN) leads to an increase in shrub cover and a decline in grass cover; c) the government program to support agriculture (PROCAMPO) leads to a decline in rangeland (land use) and an increase in cropland cover; and d) drought conditions and livestock production may lead to a general decrease in the vegetation index (1979, 1990, 2000 and 2010) and net primary production (2003-2010). Landscape structure analysis, linear regressions and time series analysis were performed. NPP showed a rapid response to the highly variable climate regime in the study zone. This was not the case for land cover, a slow variable. LULC changes, specially the decrease in cropland cover and the increase in grassland cover in the last decade, may be related to a complex interaction among migration, lack of labor for agriculture activities and access to subsidies and remittances. More robust time series analysis with LANDSAT images has to be performed in order to establish the precise role of climate, government programs and livestock production in the study area. To fully understand the complexity of

drylands in México it is important to consider the role of socio-economical phenomena such migration and use of remittances. Feedbacks between bio-physical and socio-economical factors in drylands must be taken into account by the policy makers.

1. INTRODUCTION

Drylands are regions where the aridity index (AI): the ratio of mean annual precipitation to mean annual potential evapotranspiration is < 0.65 (United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD, 1992; Millennium Ecosystem Assessment, MEA, 2005). Including hyper-arid regions, drylands cover some 47% of the global land surface and provide ecosystem services valued at nearly \$1 trillion to 38% of the *in situ* global population (Constanza, 1996; MEA 2005). Desertification is referred to as land degradation in drylands due to climatic and anthropogenic factors (UNCCD, 1992). Overall, the degree of dryland degradation and ultimately desertification is unknown at both regional and global spatial scales (MEA, 2005; Reynolds *et al.*, 2007b; Washington-Allen *et al.*, 2006). This is because drylands are complex adaptive systems that exhibit multiple dynamic regimes or states, both gradual and discrete behavior, across different space and time scales (Ellis and Swift 1988; Westoby *et al.*, 1989; Scheffer *et al.*, 2001, Peters *et al.*, 2004, Reiterkerk *et al.*, 1996, 2004). Drylands degradation has been characterized as a change in natural fire regimes, reduction of vegetation response including phytomass, cover, density, and net primary production, accelerated soil erosion and sedimentation and disruption of biogeochemical cycling, particularly carbon and nitrogen depletion (Archer, 1989; Westoby *et al.*, 1989; Schlesinger *et al.*, 1990, Washington-Allen *et al.* 2006, Reynolds *et al.*, 2007a). Origins of land degradation in drylands are multicausal: drought and land use/land cover (LULC) change including livestock management systems, wood extraction, conversion of desert vegetation into cropland, infrastructure extension (Ellis and Swift 1988; Puigdefábregas, 1998; Dregne 2002; Geist and Lambin, 2004). In particular, intensive livestock grazing causes the replacement of grassland by shrubland and

bare ground, i.e., shrubland encroachment (Archer, 1994; Van Auken 2000, 2009), and increases in the spatial and temporal heterogeneity of soil resources such as soil moisture and more particularly nitrogen (Schlesinger *et al.*, 1990). Government programs and land policies have also been identified as drivers of land degradation in drylands because they overemphasize the economic dimensions of development at the expense of environmental sustainability (Oñate and Peco, 2005). Socio-economic consequences of land degradation are reduction in crop yield and animal production, poverty and food insecurity, migratory movements, loss of local environmental knowledge and traditional agriculture systems, and changes in land use patterns (Reynolds *et al.*, 2007a).

In México, drylands make up 65% of the territory, or 1,280,494 km² (Verbist *et al.*, 2010) and communal land (*ejidos*) corresponds to 65.4% of the territory (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2009). The *ejido* system was introduced in the Mexican Constitution of 1917, as land subject to specific rules of communal property (Escalante, 2001). From 1949 to 1992, *ejido* land was not allowed to be sold to protect the collective property. In 1992, a Constitutional reform was passed to allow *ejidatarios* (people with rights to use the land of the *ejido*) to assume full domain of communal land meaning that land could be divided and sold (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003). One purpose of this reform was to provide a mechanism for people with high income to buy land, introduce technologies and enhance production to improve México's position in the global market (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003).

During many years, common pool resources were seen as a problem, or “tragedy of the commons”, because it was associated with the depletion of natural resources (Hardin, 1968). However, the idea has been refuted by several studies that have shown that at small spatial scales, it is possible for local stakeholders to design adaptive governance systems and thereby become effective stewards of natural resources (Berkes *et al.*, 1989; Ostrom *et al.*, 1999; Folke *et al.*, 2002; Deitz *et al.*, 2003; Kenward *et al.*, 2011). To my knowledge, a limited set of studies associated with management of the commons have been carried out in México

(Klooster, 2000; Barton–Bray *et al.*, 2003; Toledo *et al.*, 2003; Antinori and Raussen, 2007), however none of these studies concerned drylands.

In drylands, LULC changes can be triggered by a combination of climatic and anthropogenic factors as natural environmental variability (e.g. an increment in rainfall can lead to overstocking due to the farmer's optimism on an increase in forage); market changes technological and economical factors (e.g. subsidies or support to buy farming machinery); institutional factors (e.g. changes in property regime or environmental policies); demographic phenomena (e.g. migration); cultural factors (e.g., cosmogony); and produced by globalization (Puigdefábregas, 1998; Lambin *et al.*, 2003).

Besides the constitutional reform in 1992 that allowed communal land to be legally owned and sold (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003), México implemented programs that drove LULC changes. In 1993, *Direct Support to Rural Areas Program* (PROCAMPO) was launched to grant an annual subsidy per unit of land for the production of basic grains (Secretary of Agriculture, Livestock, Fishing and Food, SAGARPA, 2009, 2010). The *Program of Incentives to Livestock Production* (PROGAN) was launched in 2003 to grant a subsidy per head of reproductive age female (RAF) (SAGARPA, 2009). Between 2003 and 2006, PROGAN only supported cattle production but since 2007 it also supports sheep and goat production (SAGARPA, 2009). The constitutional reform in 1992 and the subsidies for agriculture and livestock production may be important drivers of LULC changes in Mexican drylands through private investment in former communal lands, the conversion of desert vegetation into rain-fed agriculture and the promotion of livestock production that could make worse the overgrazing situation (SEMARNAT-COLPOS, 2002, in SAGARPA-FAO, 2005).

An approach to examine the complex dynamics between biophysical and socio–economic, political and cultural factors in drylands is required (Vetter, 2009). The Drylands Development Paradigm (DDP) is an integrated social-ecological framework developed specifically to address complexity in drylands (Reynolds *et al.*, 2007b). The DDP consists of five principles that allow users to critically identify and assess a) the strong interdependence between bio–physical and socio–

economic variables and processes and how it changes over time; b) key slow variables that determine system dynamics; c) thresholds of critical slow variables and potential changes in system structure and function; d) how key variables and processes are linked across different temporal and spatial scales; and e) how functional co-adaptation in systems depends on the integration of local and scientific knowledge (Reynolds *et al.*, 2007b). The DDP principles were applied in case studies examining complex dynamics of socio-ecological systems in America and Australia (Huber-Sannwald *et al.*, 2006; Stafford-Smith *et al.*, 2007; Reynolds *et al.*, 2007b, Ayarza *et al.*, 2010).

Remote sensing (RS) has long been recognized as a useful tool to monitor and assess characteristics of land degradation in drylands including soil erosion (Washington-Allen *et al.*, 2010), changes in LULC (De Pietri 1995; Wu *et al.*, 2000; Laliberte *et al.*, 2004; Lepers *et al.*, 2005), and vegetation response to land management and climatic conditions (Washington-Allen *et al.*, 2006; Bai *et al.*, 2008). Existing historical archives of satellite data, such as 1-km pixel resolution images from Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR, 28 years from 1982 to 2010) and 15-m to 80-m pixel resolution images from Landsat (40 years from 1972 to the present) offer standardized publicly available low-cost to free data sets that can be jointly used with historic climate records to analyze long-term processes and distinguish between anthropogenic factors and climatic impacts in areas that are prone to degradation, such as drylands (Washington-Allen *et al.*, 2006; Bellone *et al.*, 2009).

The aim of this paper is to analyze the potential impact of drought, livestock grazing, privatization of communal land and the PROGAN and PROCAMPO government programs on land cover changes in the Altiplano Potosino during the period 1979–2010, using a time series of Landsat imagery. The study focuses on declines in grass cover and increase of shrub cover as measured by RS as diagnostic of land degradation in the southern Chihuahuan Desert (Washington-Allen *et al.*, 2006). We will test the following hypotheses: a) municipalities with a greater amount of communal land will have lower vegetation index values than areas with less communal areas; b) municipalities with a higher percentage of AU

supported by PROGAN have an increasingly higher percentage of shrub cover and lower percentage of grassland; c) municipalities with a higher percentage of hectares supported by PROCAMPO have an increasingly higher percentage of cropland and a lower percentage of rangeland (landuse); d) drought conditions and livestock production may lead to a general decrease in vegetation index (1979, 1990, 2000 and 2010) and NPP (2003-2010).

2. METHOD

2.1. Study site

2.1.1. Biophysical characteristics

The Altiplano is in the southern extreme of the Chihuahuan Desert ecoregion (Dinerstein et al., 2001; Figure 2.1) and covers the drylands of San Luis Potosí, México. It includes 15 municipalities with a total area of 28,236 km² (INEGI, 2005). This study considered only 12 municipalities (Catorce, Charcas, Matehuala, Moctezuma, Salinas, Santo Domingo, Venado, Villa de Arista, Villa de Guadalupe, Villa de La Paz, Villa de Ramos y Villa Hidalgo). In the Landsat scene used in this study, only four of these 12 municipalities were 100% covered (Charcas, Moctezuma, Salinas and Venado) (Figure 2.1). The percentage covered for the rest of the municipalities ranges from 18 to 83% (Appendix A.1). Hereafter, whenever the text refers to "study area" or "study zone" it means only the extent of the Altiplano Potosino covered by the Landsat scene used in this study (Figure 2.1). Drylands comprise 73.8% of the territory of San Luis Potosí state (INEGI, 2002). The study area is located in the geological sub-provinces of *Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas* and *Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande*, in the province of *Mesa Central* (INEGI, 2002). The altitude ranges from 1,610 and 2,870 m a.s.l. (INEGI, 2002). The deep soils have an alluvial origin whereas the shallow soils are colluvial formed from mountains of limestone, lutite and rhyolite, and small plateaus of igneous and basaltic rocks (INEGI, 2002). The most common types of soils are Xerosol, Litosol, Feozem and Rendzina, but it is also possible to

find Regosol, Luvisol, Solonchak, Castañozem, Fluvisol and Chemocem (INEGI, 2002).

In the last century, Northern México has been affected by severe droughts (i.e. -3 value in the Palmer Drought Severity Index, PDSI, which is based on precipitation and temperature data), particularly from 1948 to 1964 (Díaz *et al.*, 2002), in the 1970s (Villanueva–Díaz *et al.*, 2007) and in the first decade of the 21st century (Seager *et al.*, 2009). For the southern Chihuahuan desert, La Niña is associated with drought (Cleaveland *et al.*, 2003), while El Niño is associated with wet years (Seager *et al.*, 2009) (Appendix A.2). Particularly, El Niño favors wet conditions during summers of cold Pacific Decadal Oscillation (PDO), which is a pattern in the Pacific climate variability, and during winters of warm PDO (Pavía *et al.*, 2006) (Figure 2.2). During the period 1979-2010 the mean annual precipitation for the study area was 365 mm (± 83) and the annual mean temperature was 17°C (± 0.59) (CONAGUA, 2011) (Figure 2.2). In the study area the climates that occur are semiarid: BS1kw, BS1k(x'), BS1h(x'), BS1hw; arid: BS0k(x'), BS0kw, BS0hw; dry arid: BWhw, BWkw and temperate: C(wo) (García and CONABIO, 1998).

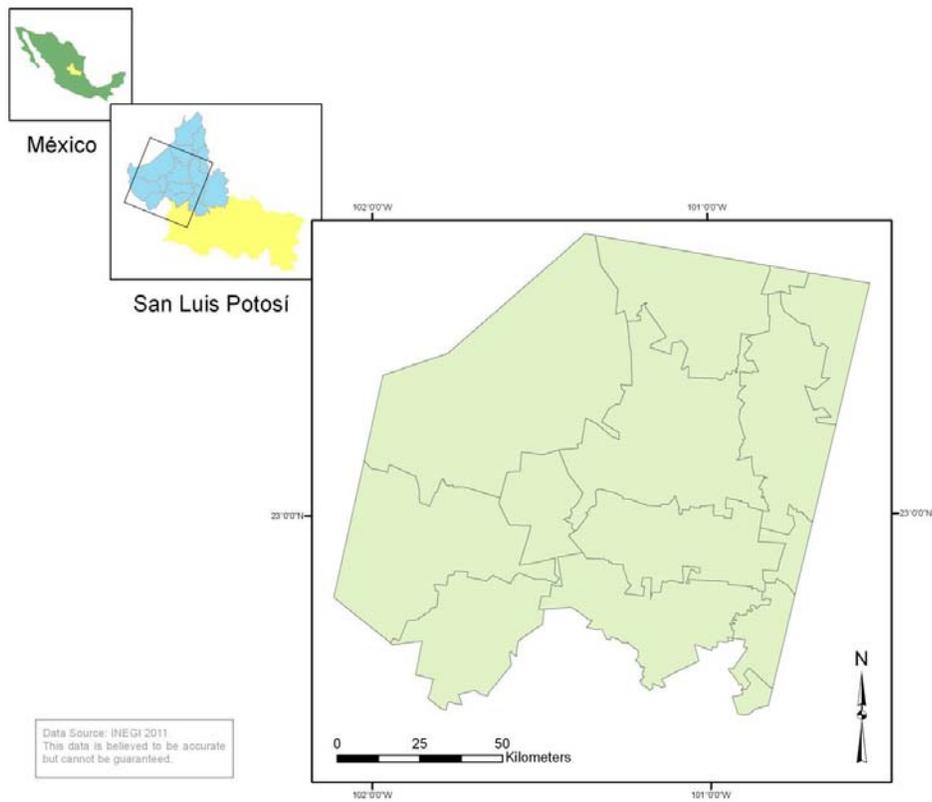


Figure 2.1. Study area in the Altiplano Potosino. The box in San Luis Potosí map (top left) corresponds to the Landsat scene used for the Remote Sensing-GIS analysis.

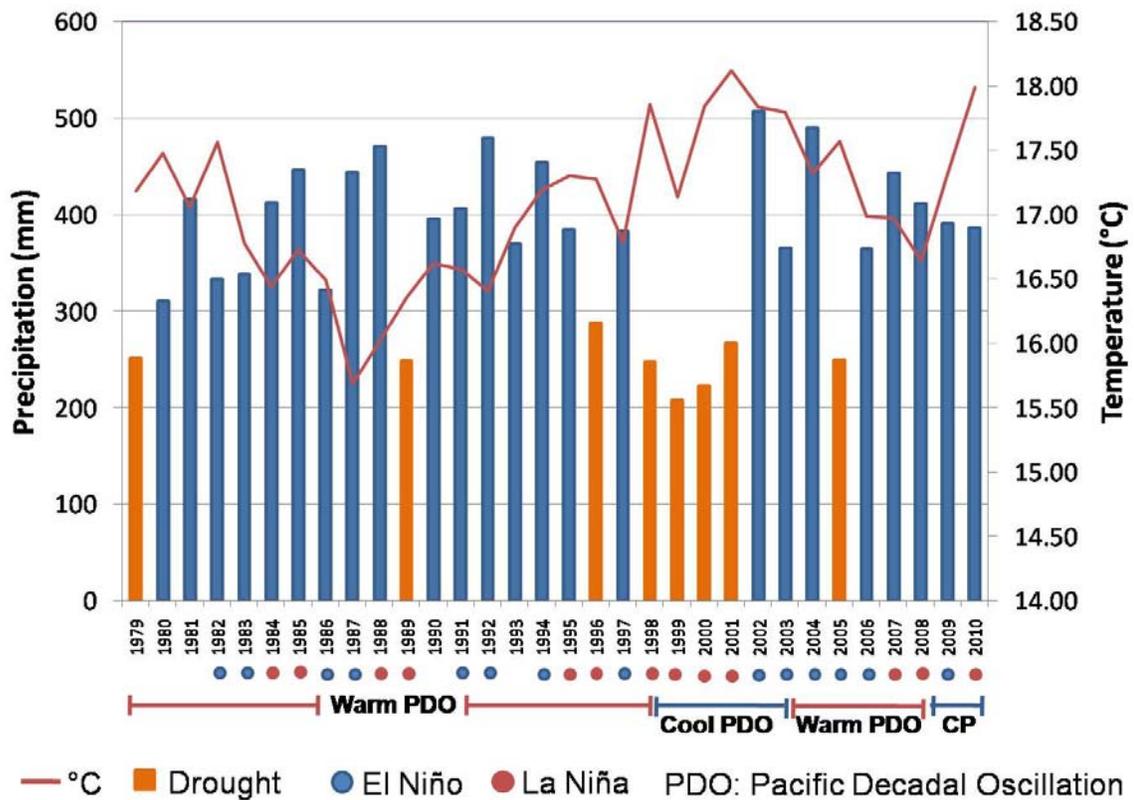


Figure 2.2. Total annual precipitation and mean annual temperature (red line) for the period 1979–2010; data were compiled from 40 Weather Stations in 10 municipalities within the study area. Drought years, El Niño/La Niña years and Pacific Decadal Oscillation periods are indicated according to records provided by CONAGUA (2011) and NOAA, 2012 (ENSO and PDO).

Xerophytic scrubland (matorral) corresponds to close to 70% and grassland to 7.6% of land cover in the study zone (INEGI, 2005a). Vegetation types in the study area are: a) oak woodland/shrub-like oak; b) pine woodland; c) cedar woodland; d) submontane scrubland (matorral submontano); e) rosette desert scrubland (matorral desértico rosetófilo); f) microphyllous desert scrubland (matorral desértico micrófilo); g) crasicaule scrubland (matorral crasicaule); h) natural grassland (González-Costilla *et al.*, 2007). The weighted Rangeland Coefficient for the study area is 28.2 ha/AU/year (COTECOCA, 1978; 2002, cited in SEMARNAT, 2003).

2.1.2. Socio-economic characteristics

According to the last census in 2010 in the study area there are 195,484 inhabitants (INEGI, 2010) (Appendix A.3). Subsistence-level extensive and semi-intensive livestock production (cattle, sheep and goat), and rain-fed agriculture are the main production activities in the Altiplano (INEGI, 2002). PROCAMPO subsidy is given to individual households or groups of farmers and ranges from USD \$75 to \$102 depending on the number of hectares and seasonal feature of the crop (Spring–Summer or Fall–Winter) (SAGARPA, 2010). Regardless of the number of hectares sown, the annual limit of the subsidy is USD \$7,849.29 or MXN \$100,000 per household (SAGARPA, 2010). The first time these municipalities participated in PROCAMPO was in the fall-winter season 1994; however in later years the subsidy has been given also and particularly in the spring-summer season (SAGARPA, 2010b). The annual number of hectares supported by PROCAMPO en el study area since 1995 ranges from 65,000 to 132,000 ha (Figure 2.3). For the eight municipalities whose entire extension is not considered in the study area, the percentage covered by the Landsat scenes (Appendix A.1) was used to derive the hectares supported by PROCAMPO.

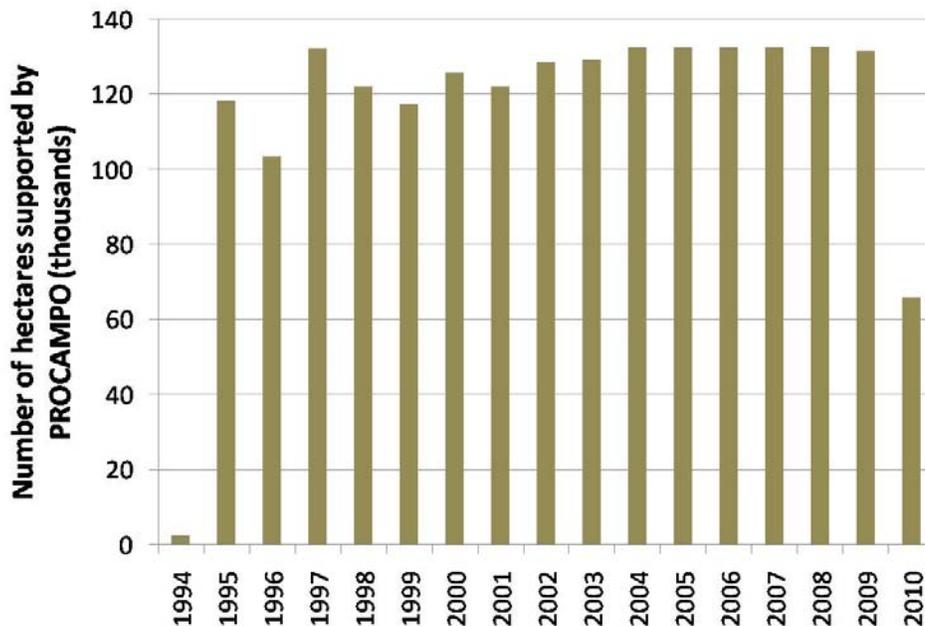


Figure 2.3. Number of hectares supported by PROCAMPO in the study area during the period 1994-2010 (SAGARPA, 2010b).

PROGAN subsidy is also given to individual households or groups of farmers and ranges from USD \$3 to \$28 depending on the species and the number of RAF (SAGARPA, 2009). In its most recent version, PROGAN requests farmers to adopt activities to conserve and/or restore land and water resources as well as to tag and vaccinate livestock and provide supplemental forage in return for the monetary support (SAGARPA, 2010). One of the conservation activities is to protect or to plant 30 plants per animal unit (AU = 1 cattle, 5 sheep or 6 goat). To determine the carrying capacity of rangelands, i.e. the number of AU to be supported by a certain rangelands SAGARPA takes into account the Rangeland Coefficient (RC), which is an index referring to hectares required to support one animal unit during an entire year (ha/AU/year) (COTECOCA, 2011). However, regardless of the RC, the number of AU supported by PROGAN does not exceed 300 per beneficiary (300 cattle, 1500 sheep or 1800 goat) (SAGARPA, 2009). The annual number of animal units (AU) in the study area from 1979–2010, including the AU supported by PROGAN during 2003-2006 and 2008-2010, ranges from 199,000 and 313,000 (Figure 2.3). For the eight municipalities whose entire extension is not considered in the study area, the percentage covered by the Landsat scenes (Appendix A.1) was used to derive the number of AU supported by PROGAN. In 2007, a part of the subsidy granted in 2006 was paid but PROGAN was not open to new beneficiaries (COTECOCA, 2011). The subsidy received by all livestock farmers in México who participate in PROGAN is based on the species, products involved (meat, dairy or both) and number of reproductive age females (SAGARPA, 2009) (Table 2.1).

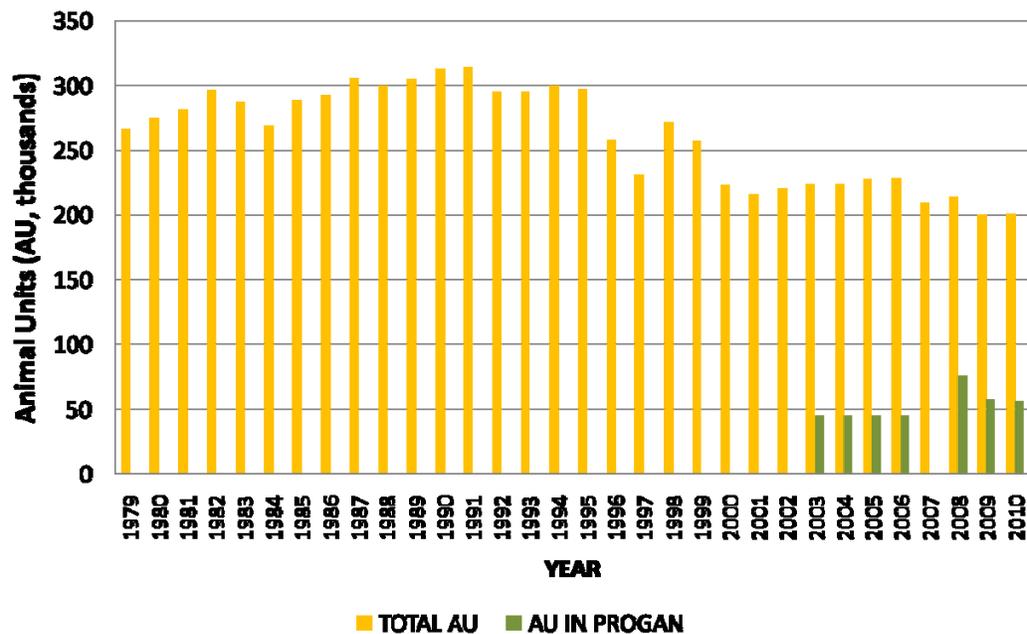


Figure 2.4. The number of animal units (AU) in the study area from 1979–2010 (where one AU = 1 cow or 5 sheep or 6 goats). AU associated with PROGAN are included in the total number of AU for the period 2003-2006 and 2008-2010 (SIAP, 2011; COTECOCA, 2011).

Table 2.1. Subsidy received by all livestock farmers in México who participate in PROGAN, based on species, products involved (meat or dairy) and the number of reproductive age females (SAGARPA, 2009). Amount in dollars (Exchange rate: MXN \$13 (October 18, 2011)).

Species/Systems	Number of reproductive age females (RAF)		Payment/RAF/year (USD)	
	Category A From-to	Category B From-to	Category A	Category B
Dual-purpose cattle and meat cattle	5–35	36–300	28.20	22.56
Sheep	25–175	176–1500	5.64	4.51
Goats	30–210	211–1800	4.70	3.76
Dairy Cattle	5–35	N/A	28.20	N/A

Despite the constitutional reform, 46.6% of the territory in San Luis Potosí remains communal land (INEGI, 2009). This situation also applied for the study area where the percentage of communal land ranges from 61 to 91% (Figure 2.4). Possible reasons for this include that some ejidal assemblies decided not to divide communal land (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003) or that communal lands often have the lowest productive capacity (Linck, 2000) and no available water for agriculture (Manzano, 2000). Taken together, these characteristics may make the communal land unattractive for purchase.

Based on data about illiteracy, basic sanitation, access to electricity, overcrowding and income under \$4.30 (USD) per day, the National Population Council (CONAPO) has determined three levels of exclusion: low, mid and high. The level of exclusion for single rural communities within the study area is ranked high or very high (SEDESOL, 2010) in most cases (Table 2.2).

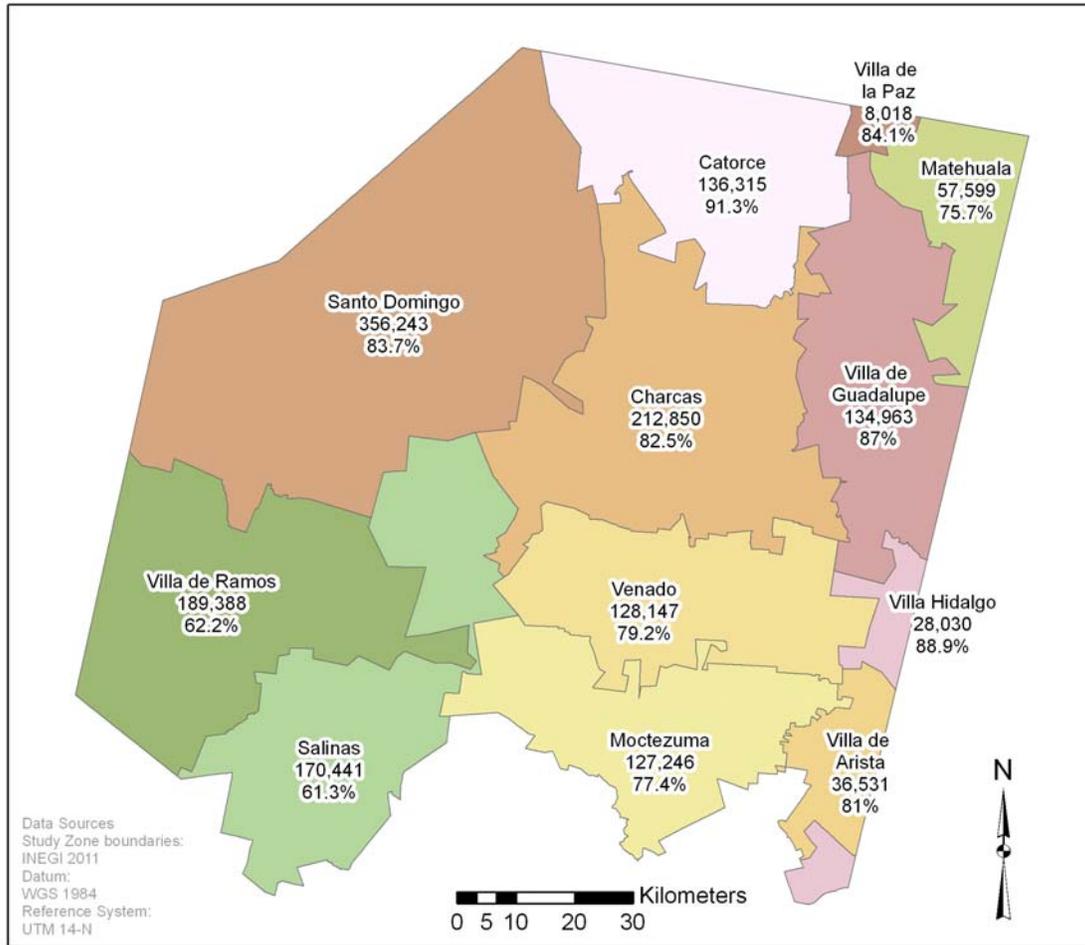


Figure 2.5. Municipalities, area (ha) and percentage of communal land in the study area in 2008 (INEGI, 2010; Procuraduría Agraria, 2008).

Table 2.2. Percentages of people under 15 without primary education, without access to electricity and without access to tap water, and level of exclusion, by municipality in the study area (SEDESOL, 2010).

Municipality	People >15 without primary education (%)	People without access to electricity (%)	People without access to tap water (%)	Level of exclusion
Catorce	33.41	9.31	27.17	Mid
Charcas	27.10	9.41	17.05	Mid
Matehuala	19.28	1.89	7.03	Low
Moctezuma	39.20	6.70	29.16	High
Salinas	31.07	3.60	31.43	Mid
Santo Domingo	43.96	3.76	10.61	Mid
Venado	34.99	13.28	21.87	Mid
Villa de Arista	37.58	5.09	18.95	Mid
Villa de Gpe.	47.44	6.98	34.77	High
Villa de la Paz	25.74	1.73	2.35	Mid
Villa de Ramos	46.54	3.24	16.63	Mid
Villa Hidalgo	36.08	5.91	13.63	Mid

2.2. Data sources

Spatial and non-spatial data sets were used in this study. Table 2.3 shows the spatial data sets and sources. Non-spatial data are described in Appendix A.5.

Table 2.3. The types of spatial data sets used in this study.

Data	Year/Period	Source
Landsat Multispectral Scanner (MSS) (Landsat 2) Datum: WGS84 Reference System: UTM 14N	Julian Day 73, 1979	Global Land Cover Facility 1999
Landsat Thematic Mapper (TM, Landsat 5) Datum: WGS84 Reference System: UTM 14N	Julian Day 75, 1990 Julian Day 71, 2000 Julian Day 82, 2010	Global Land Cover Facility 2009 Landsat.org, 2011 (Courtesy of the USGS)
Municipalities boundaries vector data (ESRI shape files) Datum: ITRF92 Reference System: Lambert Conformal Conic	2009	National Institute of Statistics and Geography, 2011 [Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)]

Aerial photography, 1:20,000; Datum: ITRF92 Reference System: UTM 14N	April 1999	INEGI, 2011
Aerial photography, 1:10.000 Datum: ITRF92 Reference System: UTM 14N	November 2009	INEGI, 2011
Land cover/Land Use vector data (ESRI shape files) Datum: North American 1927 Reference System: Lambert Conformal Conic	1976 and 2000	National Institute of Ecology, 2011 [Instituto Nacional de Ecología (INE)]
Land cover/Land Use vector data, 1:250.000 (ESRI shape files) Datum: WGS1984 Reference System: UTM14N	2007	INEGI, 2011
MODIS (MODERate Resolution Imaging Spectroradiometer) terrestrial primary production (ESRI shape files) Datum: WGS1984 Reference System: UTM14N	2003-2010	Zhao and Running (2010)

2.3. Image processing

Image processing and analysis were performed with Idrisi 16.05 (Clark Labs, 2009), ArcGIS 10 (ESRI, 2010), UltraEdit-32 (Mead, 1997) and Fragstats 3.3 (McGarigal and Marks, 1995). A 7X7 median filter was applied to all bands in MSS 1979 image to correct the null pixels produced by the MSS line scanner data drop. The resolution of all the series was standardized to 80-m using the nearest neighbor option.

DN values were converted to radiance using the following equation (Chavez, 1996):

$$L_{\text{sat}} = (\text{DC} - \text{Offset})/\text{Gain}$$

Where:

L_{sat} = at-satellite spectral radiance for the given spectral band ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$).

DC = digital count at the given pixel for the given spectral band.

Offset = offset for the given spectral band (DC).

Gain = gain for the given spectral band ($\text{DC m}^2 \text{sr} \mu\text{m W}^{-1}$).

To correct both solar and atmospheric effects, at-satellite radiance was converted to surface reflectance by using the following equation (Moran *et al.*, 1996 in Chavez, 1996):

$$REF = \frac{(\pi * (L_{sat} - L_{haze}))}{(TAU_v * (E_o * \cos(TZ) * TAU_z + E_{down}))}$$

Where:

REF = spectral reflectance of the surface.

L_{haze} = upwelling atmospheric spectral radiance scattered in the direction of and at the sensor entrance pupil and within the sensor's field of view ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$).

TAU_v = atmospheric transmittance along the path from the ground surface to the sensor.

E_o = solar spectral irradiance on a surface perpendicular to the sun's rays outside the atmosphere ($W m^{-2} \mu m^{-1}$). E_o contains the Earth-sun distance term (D^*D) imbedded and is in astronomical units (AUS are a function of time of year and range from about 0.983 to 1.017).

T_z = angle of incidence of the direct solar flux onto the Earth's surface (solar zenith angle, θ_z).

τ_z = atmospheric transmittance along the path from the sun to the ground surface.

E_{down} = downwelling spectral irradiance at the surface due to scattered solar flux in the atmosphere ($W m^{-2} \mu m^{-1}$).

A relative atmospheric correction was performed using the pseudo-invariant feature approach (Hall *et al.*, 1991; Jensen, 2004). The approach uses the Tasseled Cap analysis (Kauth and Thomas, 1976; Hall *et al.*, 1991; Jensen, 2004) approach to identify the darkest and the brightest pseudo-invariant features (PIFs): ground objects that have minimal change in their reflectance properties over time, in each image in the time series. Each image's dark and bright PIFs were calibrated to the atmospheric conditions or reflectance properties of those in a reference image (the 2010 scene) using a linear regression.

The atmospherically corrected images were clipped to the study zone and converted to the soil adjusted vegetation index (SAVI, Huete, 1988) scenes with a soil adjustment factor of 0.5. SAVI is calculated as:

$$SAVI = \frac{NIR - red}{NIR + red + L} (1 + L)$$

Where:

NIR = Near infrared (Band 4), 0.76 – 0.90mm.

Red = Visible red (Band 3), 0.63 – 0.69mm

L = correction factor which ranges from 0 for very high vegetation cover to 1 for very low vegetation cover.

1 + L = multiplicative term to cause the range of the vegetation index to be from -1 to +1.

The value 0.5 is typically used for intermediate (>50 %) vegetation cover. This factor was introduced to minimize the influence of soil on the canopy spectra (Huete, 1988). Vegetation indices in general are used as surrogates for field measured vegetation parameters such as net primary productivity, canopy cover, leaf area index, biomass and others (Sellers, 1985).

Land cover thematic maps were also derived from the study zone images, first using a principle components analysis (PCA) to decorrelate the multiband images into 4 independent components for each year and then a cluster analysis using a histogram peak technique was carried out to derive the following classes: cropland, forest, grassland, mesquite, shrubland, water and other. The last class corresponds to barren land, urban settlements, and mining sites. Land cover and land use maps from 1976, 2000 and 2007 (INEGI, 2011; INE, 2011) were used to support the classification (Table 2.3). Those maps do not have published accuracies (Mas *et al.*, 2004). Aerial photographs from 1999 and 2009 were used to assess the accuracy of the classifications in 2000 and 2010 (Table 2.3) using a stratified random sampling scheme of 50 comparison points per class (Jensen,

2001). There were not available aerial photographs of the study area for 1979 and 1990 or close years.

Fragstats (McGarigal and Marks, 1995; McGarigal, 2002) was used to analyze the LULC time series for changes in structure and composition, particularly the patch dynamics of forest, mesquite, shrubland, grassland, cropland, water and others. Variables considered affect ecological processes: class area is a measurement of habitat loss; number of patches is related to spatial heterogeneity; and patch mean area and clumpiness index are indicators of fragmentation (McGarigal and Marks, 1995) (Table 2.4).

Table 2.4. Variables to analyze the LULC time series for changes in structure and composition (McGarigal and Marks, 1995).

Variable	Definition
Class area	Number of hectares by LULC class (cropland, grassland, forest, mesquite, shrubland, water and other)
Number of patches	Number of patches $\geq 80\text{-m}^2$ by LULC class
Patch mean area	Mean of the patch area by LULC class
Clumpiness Index	Index that ranges from -1 , when the patches in the class are maximally disaggregated, and approaches 1 when the patches in class are maximally clumped

Rates of change (r) for each class and the entire time series were obtained, according to the following equation (FAO, 1996):

$$r = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/t} - 1$$

where A_1 is the area covered by a given LULC (ha) at time 1, A_2 the area (ha) at time 2 and t is the number of years for the period of analysis (FAO, 1996). Negative values indicate a decrease in a given LULC while positive values indicate an increase.

Net primary productivity (NPP) data sets (ESRI shape files) derived from the research conducted by Zhao and Running (2010) were retrieved from:

ftp://ftp.ntsug.umt.edu/pub/NPP_Science_2010/MOD17A3/Geotiff/. NPP is defined as the balance between the carbon gained by gross primary production and carbon released by plant mitochondrial respiration, or the net carbon gain by vegetation (Chapin *et al.*, 2002). Loss of NPP is associated with land degradation (Bai *et al.*, 2008).

2.4. Data analysis

Prior to analysis, all the variables were tested for normality using Skewness/Kurtosis, Shapiro–Wilk and Shapiro–Francia’s tests. When it was necessary, variables were transformed to achieve normality. Percentage cover of LULC classes were analyzed with a one-way ANOVA considering year as main factor (1979, 1990, 2000 and 2010), mean comparison tests were conducted with Bonferroni’s adjusted P values ($P = 0.05$). To analyze the relationship between the dependent variables: SAVI in 2010, percentage of grassland in 2010, percentage of shrubland in 2010, percentage of rangeland in 2000, percentage of rangeland in 2010, percentage of cropland in 2000 and percentage of cropland in 2010) and independent variables (percentage of communal land in 2008, percentage of AU participating in PROGAN in 2010, percentage of cropland participating in PROCAMPO in 2000 and percentage of cropland participating in PROCAMPO in 2010) simple linear regression analyses were performed. Percentage of rangeland (2000 and 2010) was obtained by adding the percentage of grassland area and percentage of shrubland area for the respective years. The number of observations for each regression analysis was 12, corresponding to the municipalities included in the study area, except for the regression analyses considering percentage of cropland participating in PROCAMPO in 2000 and 2010. In these analyses (4) two outlying observations were omitted.

To describe the relationship between regional SAVI (dependent variable) and regional stocking density (independent variable) during the entire period under study (1979-2010) linear regression analysis was performed. The number of observations for this regression analysis was four, corresponding to the four years considered in the time series (1979, 1990, 2000 and 2010).

To describe the relationship between Net primary production (NPP) in the period 2003-2010 (dependent variable) and drought condition and livestock production supported by PROGAN (independent variables) a Prais-Winsten multiple regression for time series analyses (1 year-lag) was performed. The number of observations for this regression analysis was seven, corresponding to the data of mean annual precipitation 2003-2010 and AU supported by PROGAN 2003-2010, with a gap for 2007 due to the absence of this program during that year. Precipitation and temperature data were corrected by CONAGUA (2011).

Mean annual precipitation and annual mean temperature by municipality were obtained by interpolating the means of the 40 weather stations using an inverse distance weighted (IDW) technique (Watson and Philip, 1985). Statistical analyses were performed with Stata/IC 10.0 (StataCorp LP, 2007) and Fragstats (McGarigal and Marks, 1995).

3. RESULTS

During 1979-1990, the study area lost its complete forest cover, which corresponded only to 0.39% of the vegetation cover in 1979. During 2000-2010 mesquite cover was lost, cropland cover decreased 31% and grassland cover increased 16% ($P < 0.01$) (Figures 2.5 and 2.6). Shrubland cover did not show significant changes in cover between years. While the number of shrubland patches decreased about 15% during the last decade, their mean area increased almost 50% (Figures 2.7 and 2.8). The decrease in cropland cover in the period 2000-2010 corresponded to a decline of about 30% in mean patch size (Figures 2.7 and 2.8).

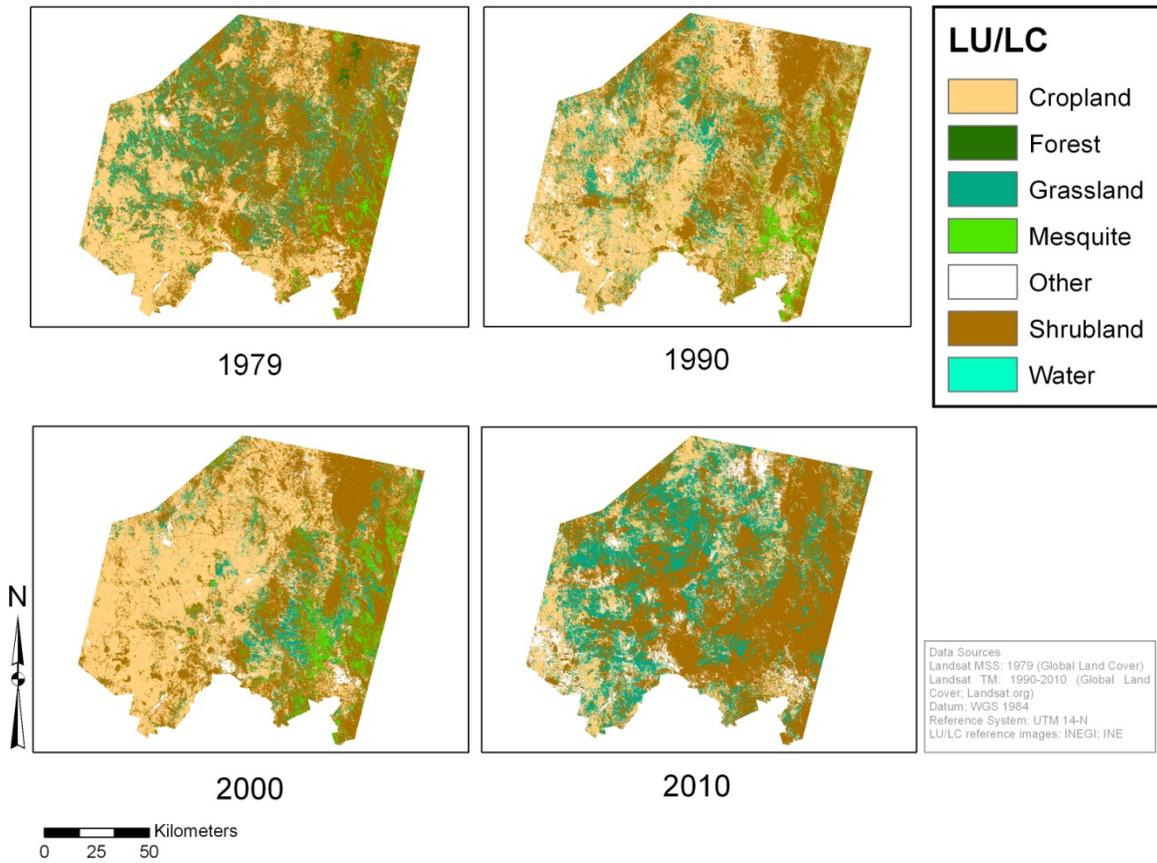


Figure 2.6. The change in land use and land cover classes in the study area (northern Altiplano Potosino) over the last 31-years. An overall Kappa (index of reliability) of 0.85 and 0.88 were obtained in 2000 and 2010 classifications, respectively (Appendices B.1 and B.2).

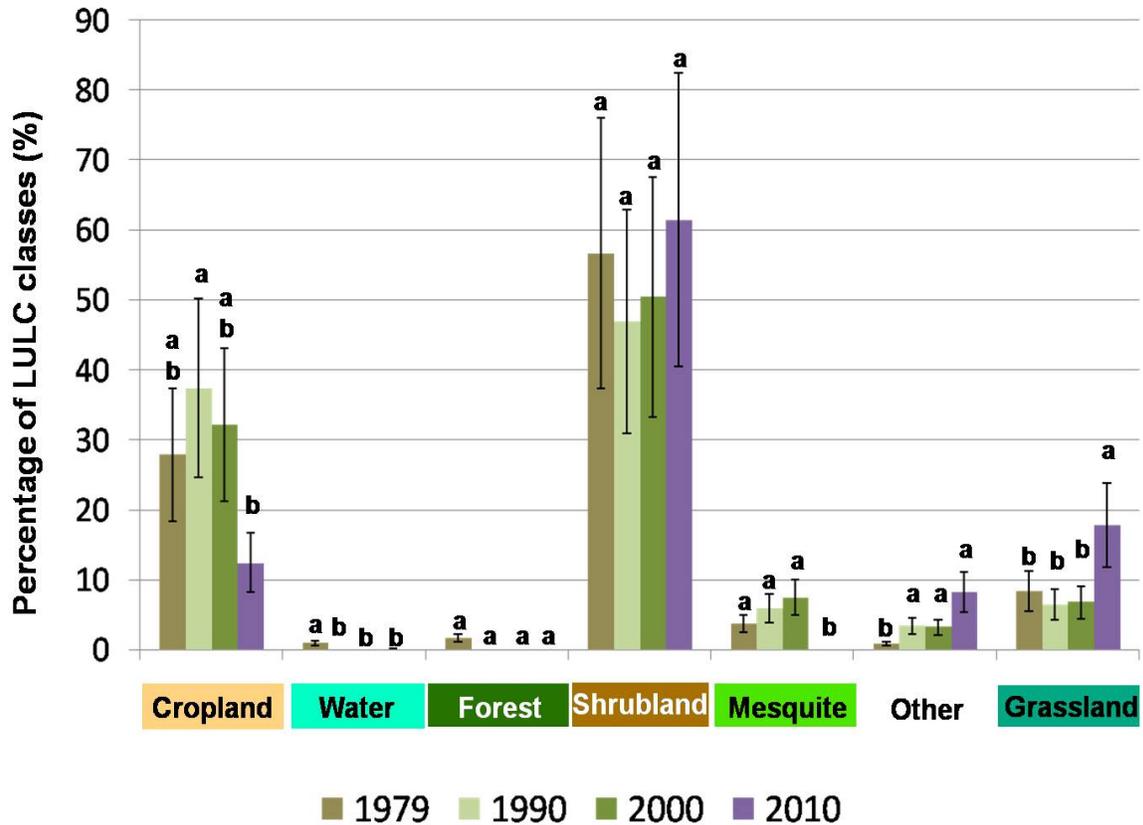


Figure 2.7. The change in LULC classes in the study area for the years 1979, 1990, 2000 and 2010. Different letters above bars correspond to statistically significant differences between years for each land cover type. ANOVA, $P < 0.01$ (Appendix B.3).

By 2010 mean patch size of grasslands increased by more than 100% when compared to the patch size in 2000 (Figure 2.7). The clumpiness index showed the aggregation of grass patches during the last decade and the contrary trend was observed for cropland patches (Appendix B.4). Rates of change for each land cover class and decadal period are shown in Appendix B.5.

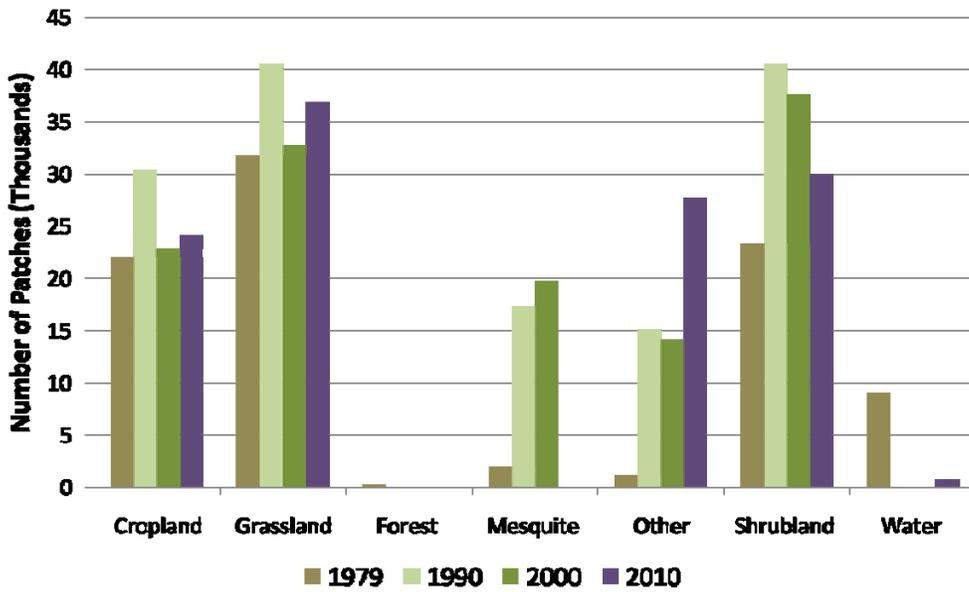


Figure 2.8. The number of patches that are $\geq 80\text{m}^2$ in each LULC class in 1979, 1990, 2000 and 2010.

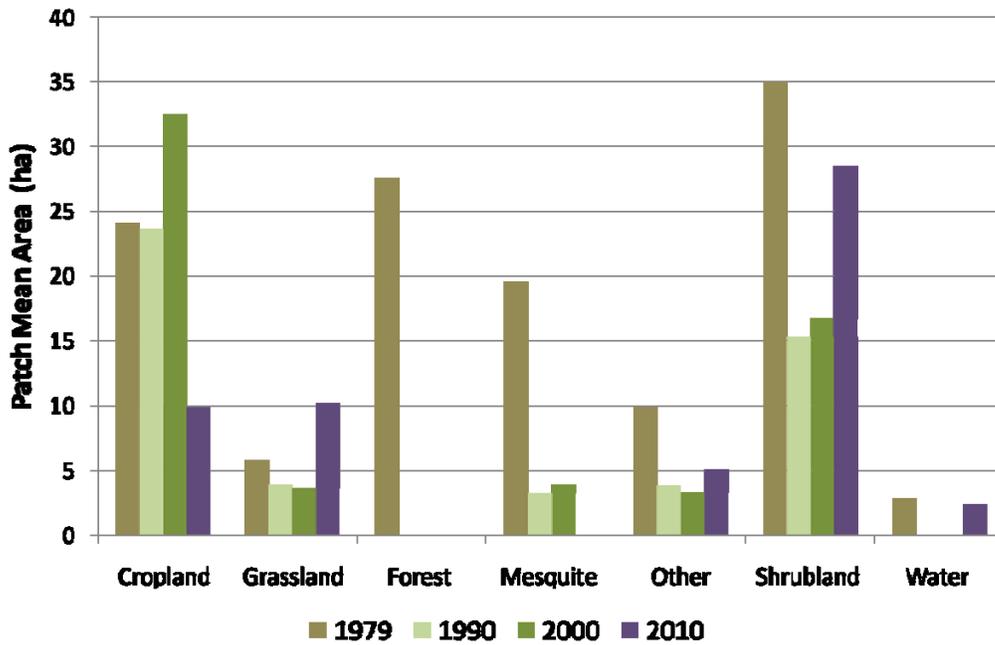


Figure 2.9. Mean Patch Area (ha) of each LULC class in 1979, 1990, 2000 and 2010.

Regional mean SAVI ranged from 0.07 (1979) to 0.13 (2010) (Figure 2.9). In 1979 SAVI had the absolute maximum and minimum values: 0.75 and -0.41 (Appendix B.6). No relation was found between the percentage of communal land in 2008 and SAVI in 2010. Regarding the link between stocking density and SAVI, no significant relation was found for any of the years considered in the analyses (Figures 2.10 and 2.11; Appendix B.7).

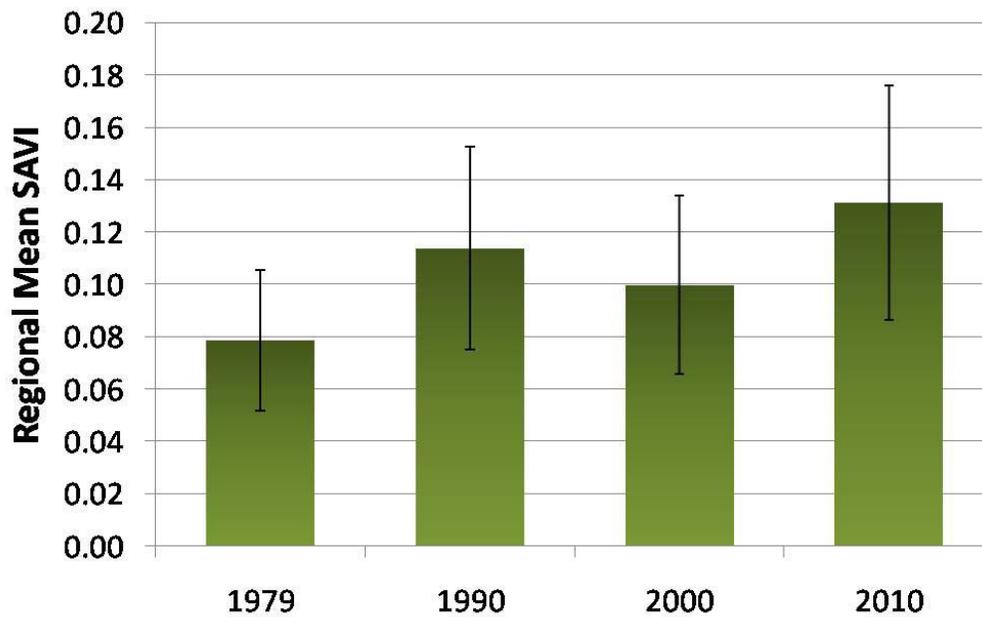


Figure 2.10. Regional mean SAVI for the time series.

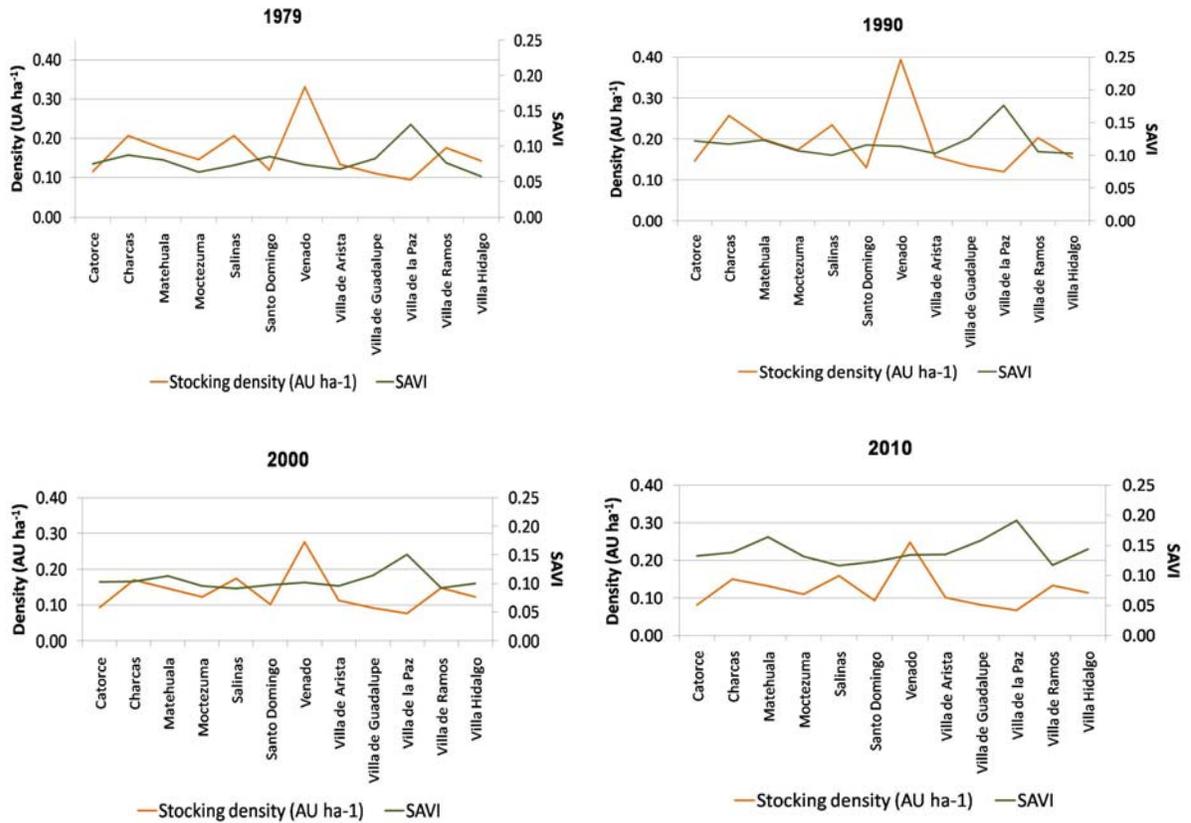


Figure 2.11. Stacking density and SAVI by municipality per year. Stacking data were acquired for each municipality from 1979 to 2010 from historical archives maintained by SIAP (2011).

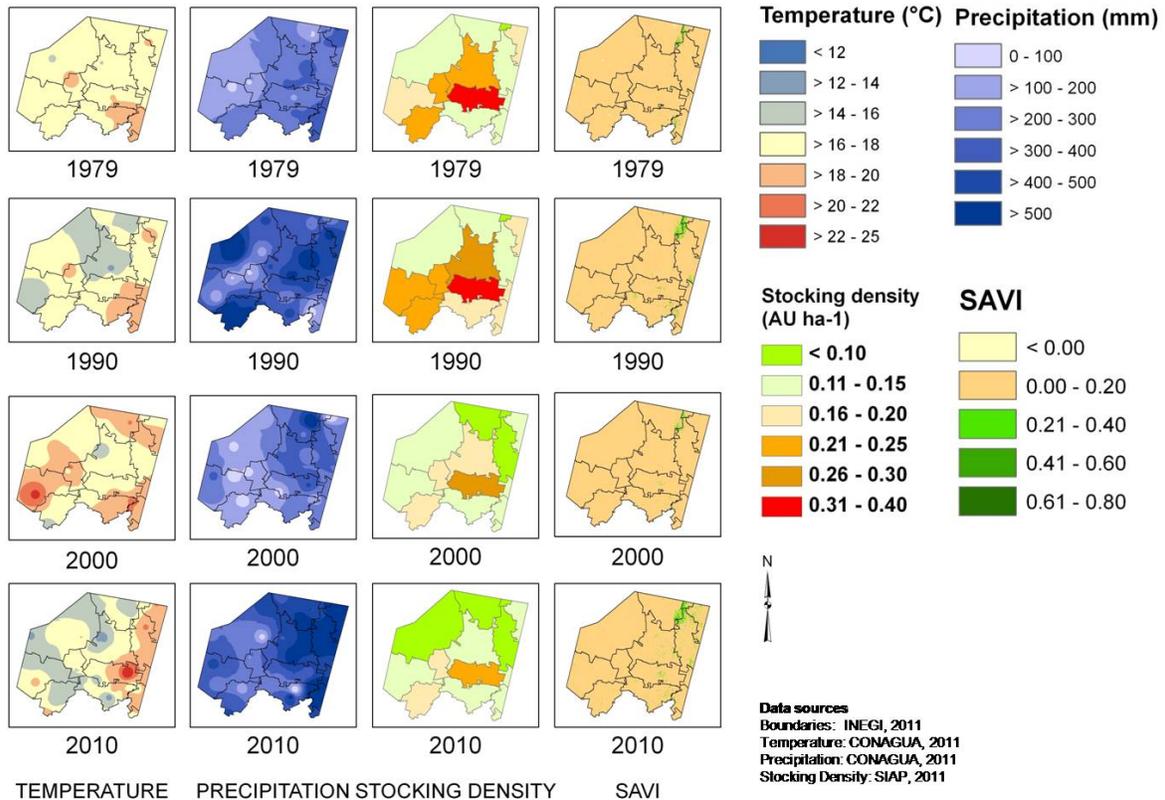


Figure 2.12. Decadal gridded mean annual temperature (MAT) and precipitation (MAP), and stocking density (AU ha⁻¹) of the study area in the Altiplano Potosino in relation to contemporaneous dry season soil adjusted vegetation index (SAVI) scenes that were derived from Landsat satellite imagery. The MAT and MAP maps were generated by interpolating the MAT and MAP of 40 weather stations (CONAGUA, 2011) using an inverse distance weighted (IDW) technique (Watson and Philip, 1985). Stocking data were acquired for each municipality from 1979 to 2010 from historical archives maintained by SIAP (2011).

The percentage of AU supported by PROGAN in 2000 and 2010 did not have any implication in the percentages cover of grassland and shrubland for the same years (Appendix B.7). For 2010, the percentage of hectares supported by PROCAMPO showed a significant negative relation with percentage of cropland ($P < 0.05$) and a positive relation with percentage of rangeland ($P < 0.05$) and a (Figure 2.12) (Appendix B.7).

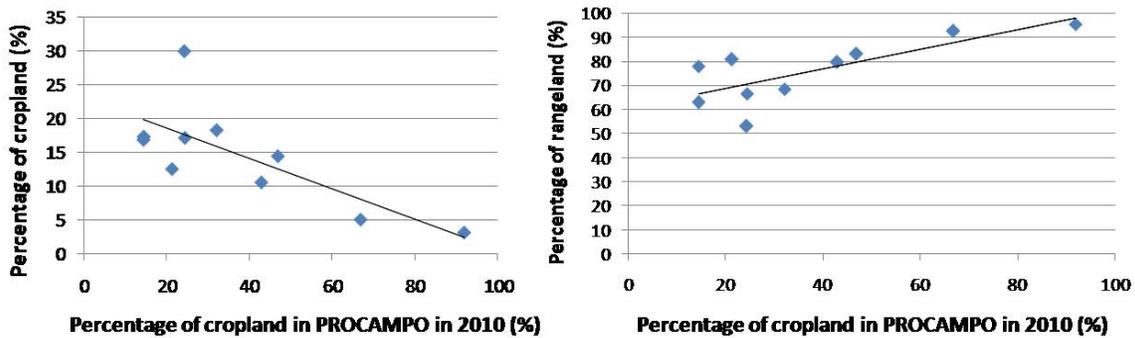


Figure 2.13. Linear regressions for percentage of cropland (left) and percentage of rangeland (right) (dependent variables) and percentage of cropland supported by PROCAMPO (independent variable).

The multiple regression analysis for the period 2003-2010 showed a positive significant relation between mean annual precipitation and NPP ($P < 0.05$) (Appendix B.8). Number of AU supported by PROGAN in 2003-2010 did not have any significant relationship with NPP ($P = 0.288$).

4. DISCUSSION

Following the principles of the Drylands Development Paradigm (DDP) (Reynolds *et al.*, 2007b), the Altiplano Potosino represents a good example of a complex socio-ecological system (SES) in which the biophysical and the socio-economical, political and cultural factors are dynamically interconnected. The climate regime (an external driver) in the study area during the last three decades has been noticeably variable, with a mean annual precipitation (MAP) ranging from 200 to 500mm and identifiable dry (e.g. 1996-2001) and wet periods (e.g. 2002-2004) (Figure 2.2). This condition explains the significant positive relation we found between precipitation and NPP, which is a highly responsive variable (Chapin *et al.*, 2002), a rapid variable in terms of DDP. On the contrary, it is not possible to link any of the land cover changes we identified, a slow variable, with the climate regime.

Grassland and cropland changed dramatically during the decade 2000–2010, with an increase of about 30% and a decrease of 16%, respectively (Figure 2.6). Three interconnected factors acting across different temporal and spatial scales –as the fourth principle of DDP states– could explain this process: a slight decrease in rural human population in the period 2000–2005 (Appendix A.3), the division of the communal land which was possible with the reform in 1992, and the implementation of PROGAN in 2003. The Mexican authorities of the agricultural sector have recognized that the decrease in cropland is related to migration (SAGARPA-AFPC-FAPRI, 2009) and the resulting decrease in labour. Migration to the United States of America (USA) has been a constant in the zone for many decades (Alanís, 2008). Acting as a socio-economic external driver, migration plays a fundamental role in the transformation of the SES not only because of the reduction in labour to perform agriculture activities, but also due to money flowing to the ejidos from the USA. San Luis Potosí is the ninth state in the country in the number of people who migrate to other states or countries (INEGI, 2010). In 2000, 58,591 people migrated out of the state, 13.13% of them permanently to another country (INEGI, 2005). After oil exportation, family remittance is the second most important source of income for México (BANXICO, 2011). At ejido level, about the 25% of this income is invested in meeting the operational rules of government programs in order to maintain the subsidies (de La Rosa *et al.*, 2006). In the case of PROGAN, this means buying animals and getting eligible lands according to the requirements of the program. Under the climatic conditions of the zone, the lack of irrigation systems, and taking into account labor required to maintain a crop and keep extensive livestock, as well as the amount of the subsidies (PROGAN vs. PROCAMPO), such an investment seems logical. Following the agrarian reform of 1992, it is not unusual that the ejidatarios decided to divide all or some of the communal land, but some of them never completed the paperwork to officially own their parcels (Escalante, 2001). Then, remittances act like a rapid variable, as do the subsidies from PROCAMPO and PROGAN, making the acquisition of goods in the short term possible. The decision making process of ejidatarios and producers at the local scale (which explains their participation in government programs, the

changes in land tenure and the use given to subsidies and remittances), is a rapid variable even when it is supported by cultural and historical phenomena (Ortiz, 1980; Crosthwaite, 2004) which are, by definition, slow processes.

Additionally to the factors mentioned above, a government program that was not considered at the beginning of this research may be acting as a rapid variable increasing grassland cover in the study area. We mean the Productive Reconversion program, launched by SAGARPA in 1997 with the purpose of replacing low productivity cropland by grassland (*Cenchrus ciliaris* L. and *Panicum coloratum* L.) in arid and semiarid zones of the country (Beltrán, 2008). Until 2003, 42,000 ha of grassland had been established in drylands of San Luis Potosí (SAGARPA, 2003, in Beltrán, 2008). Future research on LULC changes in Mexican drylands should take this information into account in order to better understand the transformation process in this particular land cover.

RS analysis from 1979 to 1990 showed a complete loss of the only significant area of forest within the study zone, in the mountains of Catorce, as noted in other studies (Gonzalez-Costilla *et al.*, 2007) and coincide with the general trends described for the entire country for the period 1979–2000 (Mas *et al.*, 2004). Also noteworthy is that the Altiplano followed the larger pattern of deforestation in México (Peña and Neyra, 1998) resulting in the disappearance of forest in the 80's and mesquite in 2000-2010. According to our hypothesis we expected an increase of shrubland as sign of land degradation (Asner *et al.*, 2004). Nonetheless, the study data did not show a statistically significant change over the years.

Regarding stocking density, it is interesting that it did not have a negative effect in SAVI in the four years considered in the analysis (1979, 1990, 2000 and 2010) even when practically all the municipalities in the study area exceed the RC (Figure 2.10). For instance, in 2010 the municipality of Venado had a livestock density 800% higher than suggested by the RC. Before addressing a possible explanation of this result, it is important to point out that RC was an index released by the Mexican authorities of the agricultural sector in the 70's (SEMARNAT, 2003), for a certain vegetation type, which means that its reliability with respect to temporal and spatial dynamics in state factors is highly questionable. This limitation

set aside, a possible answer is that the Altiplano Potosino is a non-equilibrium grazing system, where setting a constant stocking rate is pointless (Behnke, 2000). Grazing *per se* has a limited effect as driver of shrub encroachment in highly variable ecosystems (Angassa and Oba, 2010). In other words, grazing degradation seems restricted to areas where annual precipitation is relatively stable (von Wehrden *et al.*, 2012) which is not the case for the study area (Figure 2.2).

Respect to land tenure the hypothesis to be tested was the relation between a lower percentage of communal land and a higher SAVI, following the *tragedy of commons* perspective, previously identified in the northern zone of México (Manzano *et al.*, 2000). We used the only public, available and updated records (to 2008), maintained by the Agrarian Attorney Office (Procuraduría Agraria) about the percentage of communal land by municipality. In the analysis of this value in relation to SAVI (in 2010) we did not find any difference. Nonetheless, as mentioned before, the fact that in many cases the paperwork to officially own the land is never completed by the ejidatarios (Escalante, 2001) makes hard to establish the reliability of the original data.

Although we did not detect a clear impact of the government policies and programs on landscape function in response to LULC change. However, there is a clear fact about PROGAN: the livestock count in 2007 (a year without PROGAN after the period 2003–2006 with the program) decreased by 19,000 AU, and the following year (with PROGAN) increased by 5,000 AU in the study area (Figure 2.3). This fact is may have seen as other example of a government program acting as a fast variable. It is possible that added to the cultural value of livestock (Mata-González *et al.*, 2007), the monetary subsidy from PROGAN is an indirect means to obtain higher status in the community (Montoya *et al.*, 2006).

The fourth principle of DDP (key variables and processes are linked across different temporal and spatial scales) explains the link between the chain of events triggered by migration and the LULC changes. The focus of this study was the role played by external biophysical and socioeconomic drivers such as climate, grazing and government policies on land degradation. However, considering the results

and previous findings (D'Odorico *et al.*, 2010), it is worth asking about potential feedback effects of LULC change on regional climate. This relation has been pointed out for the study area (Pineda *et al.*, 2007). The mechanism behind this possibility relies on the increased albedo caused by a loss of vegetation cover, which affects the energy balance and the surface temperature (Foley *et al.*, 2003). The change in the surface temperature shifts the ratio between sensible heat loss (the cooling of a warm surface by the wind) and latent heat loss (cooling through evapotranspiration), which, added to the modification in the surface roughness (derived from a different vegetation composition) can modify the climate (Foley *et al.*, 2003).

In this study the last principle of DDP (functional co-adaptation in systems depends on the integration of local and scientific knowledge) refers to the gap between academic work, the design of government policies and programs and their application in the local level. During the last years there has been some interest from the government in evaluating its programs through external institutions and taking into account the opinion of the participants (Grupo de Economistas y Asociados, GEA, 2006). Nevertheless, if this information is kept confidential or the feedback process is not very fluent, the gap between technical/scientific actors, policy makers and the ordinary citizens will be wider, and irreversible changes in SES will most likely take place (Pouyat *et al.*, 2010).

The results of this study have limitations due to the final spatial resolution of the imagery used (80 m²) and the fact that the *municipality* is the smallest unit for which it is possible to gather data related to the variables of interest. The first limitation prevents us from identifying, for instance, patches of bare soil, which are a very important factor in the land condition of the Chihuahuan Desert (D'Odorico *et al.*, 2010). The second limitation affects the robustness of the statistical models because of the low number of records, and hides features that could be crucial to the explanation of the results. Nonetheless, the collected and processed information helps to better understand the social-ecological dynamic of the Altiplano Potosino.

5. CONCLUSIONS

Complexity and non-linearity are characteristics of drylands SES. This statement is easier to assimilate when considered in a theoretical / conceptual approach. However, when the purpose is to elicit the multiple processes that occur in a SES, its application becomes a challenge. The purpose of this study was to analyze the link between specific government programs and LULC changes in the Altiplano Potosino, using DDP as an analytical framework and RS/GIS as the technical tool. The basic hypothesis was that the drought conditions added to the subsidy to livestock would negatively impact the zone, leading to land degradation. Methodological limitations set aside, the results showed a landscape where changes in livestock density do not seem to make any difference in land cover change or productivity change; equally government programs do not appear to have a single directional effect on landscape function. The results urged consideration of co-occurring alternative explanations that take multiple socio-economic, socio-political and socio-cultural processes into account: government subsidies, shifts in property rights conditions and associated changes in land tenure, and migration. The DDP was very useful to address this challenge. However, the collected information as well as the intrinsic complexity of the SES being studied did not allow us to identify thresholds key slow variables.

Migration is a phenomenon with deep roots in Mexican history, related to the local socio-economic conditions and, during the last years increasingly, to uncertainty associated with insecurity (safety, health, food). The direct and indirect impacts of migration on LULC changes in the Altiplano Potosino can only be fully understood if we understand to which degree migration is coupled to other environmental, socio-political, socio-economic and socio-cultural changes and changes with time, i.e. in the future. Future will tell, to which degree current migration patterns will feed back on local human, social and natural capitals and thus on the fundamental productive assets to maintain sustainable drylands livelihoods in Central México.

A similar thought applies to RS/GIS tools. Its techniques have become very popular during the last two decades due to their usefulness in landscape

description and to the increased availability of useful geographic information for research and planning. Nonetheless, only framed within a robust and interdisciplinary body of knowledge, RS/GIS can become an indispensable tool to examine social-ecological processes.

As the first study in México that integrates biophysical and socio-economical factors at the regional scale to explain the dynamics of LULC changes in the Altiplano Potosino, our results may serve as a baseline to monitor the response of drylands social-ecological systems to government interventions and climate variability as well as an example of the use of RS and GIS technologies and the DDP analytical framework.

REFERENCES

- Alanis, F. (2008) *¡Yo soy de San Luis Potosí! Con un pie en Estados Unidos*. México: El Colegio de San Luis–Miguel Ángel Porrúa–Secretaría de Gobernación–Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología. 218 pp.
- Angassa, A., Oba, G. (2010) Effects of grazing pressure, age of enclosures and seasonality on bush cover dynamics and vegetation composition in southern Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 74, 111–120.
- Antinori, C., Rausser, G. (2007) Collective Choice and Community Forestry Management in México: An Empirical Analysis. *Journal of Development Studies*, 43(3), 512–536.
- Aronoff, S. (2005) *Remote Sensing for GIS Managers*. ESRI Press. 487 pp.
- Archer, S., Scifres, C., Bassham, CR., Maggio, R. (1988) Autogenic Succession in a Subtropical Savanna: Conversion of Grassland to Thorn Woodland. *Ecological Monographs*, 58 (2), 111-127.
- Archer, S. (1989) Have southern Texas savannas been converted to woodlands in recent history? *American Naturalist* 134:545–561.
- Archer, S. (1994) Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: rates, patterns and proximate causes, pp.13-68. In “Ecological implications of livestock herbivory in the West” (M. Vavra, W. Laycock, R. Pieper, eds.). Society for Range Management, Denver, CO.
- Asner, GP, Elmore, AJ, Olander, LP, Martin, RE, Harris, AT (2004) Grazing Systems, Ecosystem Responses, and Global Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 29:261–99
- Ayarza M, Huber–Sannwald E, Herrick JE, Reynolds JM, García–Barrios L, Welchez LA, Lentés P, Pavón J, Morales J, Alvarado A, Pinedo M, Baquera N, Zelaya S, Pineda R, Amézquita E, Trejo M (2010) Changing human–ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1–9.
- Bai, ZG, Dent, DL, Olsson, L, Schaepman, ME (2008) Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management*, 24, 223–234
- BANXICO (2011) Balanza de pagos. CE80 - Ingresos por remesas. In: <http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE80§or=1&locale=es>. Retrieved 09/12/2011.
- Barton-Bray, D., Merino-Pérez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, G., Torres-Rojo, JM., Vester, HFM (2003) México's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology*, 17(3), 672–677.

- Bellone, T, Boccardo, P, Perez, F. (2009) Investigation of Vegetation Dynamics using Long-Term Normalized Difference Vegetation Index Time-Series. *American Journal of Environmental Sciences* 5 (4), 460-466.
- Beltrán. S. (2008) Reconversión de áreas agrícolas marginales a uso pecuario con módulos forrajeros. INIFAP-Campo Experimental Palma de la Cruz. Folleto técnico.
- Behnke, R.H. (2000) Equilibrium and non-equilibrium models of livestock population dynamics in pastoral Africa: their relevance to Arctic grazing systems. *Rangifer*, 20 (2-3): 141-152
- Berkes F, Feeny D, McCay BJ, Acheson JM (1989) The benefits of the commons. *Nature*. 340:91-93.
- Chapin, FS-III, Matson, PA., Mooney, HA. (2002) Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer-Verlag, New York ISBN 0-387-95439-2.
- Chavez, P. Jr (1996) Image-Based Atmospheric Corrections -Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (9), 1025-1036.
- Cleaveland, MK., Stahle, D., Therrell1, MD., Villanueva-Diaz, J., Burns, BT., (2003) Tree-Ring Reconstructed Winter Precipitation and Tropical Teleconnections In Durango, México. *Climatic Change*, 59: 369-388, 2003.
- CONAGUA (2011) Bases de datos climatológicos. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. México, D. F.
- CONEVAL (2011) Índices de Rezago Social. En <http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/indRezSocial>. Retrieved Jan 22 2012.
- Constanza, R. (1996) Ecological economics: Reintegrating the study of humans and nature. *Ecological Applications* 6(4), 978-990.
- Crosthwaite, J. (2004). Factors influencing agriculture, agribusiness, landscape and regions (No. Driver Research Phase: Background Report No. 6). Melbourne: Department of Sustainability and Environment.
- de la Rosa-Mendoza, JR., Romero-Amayo, L., Pérez-Servín, AA. (2006) *El alcance económico de las remesas en México: consumo de las familias receptoras*. *El Cotidiano*, 21(140), 76-88.
- de Leeuw, J., Georgiadou Y., Kerle, N., de Gier, A., Inoue, Y., Ferwerda, J., Smies, M., Narantuya, D. (2010) The Function of Remote Sensing in Support of Environmental Policy. *Remote Sensing*, 2, 1731-1750.
- De Pietri, D.E. (1995) The spatial configuration of vegetation as an indicator of landscape degradation due to livestock enterprises in Argentina. *J. Appl. Ecol.* 32, 857-865.
- Díaz, CS., Therrell, MD., Stahle, DW., Cleaveland, MK. (2002) Chihuahua (México) winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647-1992. *Climate Research*, 22: 237-244, 2002.
- Dietz, T., Ostrom, E., Stern, PC. (2003) The Struggle to Govern the Commons. *Science*, 302(5652), 1907-1912.
- Dinerstein, E, Olson, D, Atchley, J, Loucks, C, Contreras-Balderas, S, Abell, R, Iñigo, Enkerlin, E, Williams, W, Castilleja, G. (2001) Ecoregion-Based Conservation in the Chihuahuan Desert. A Biological Assessment. World Wildlife Fund, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), The Nature Conservancy, PRONATURA Noreste, and the Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Retrieved July 26/2010 <http://www.worldwildlife.org/what/wherewework/chihuahuandesert/publications.html>
- Dirección General Del Archivo Histórico Y Memoria Legislativa (2003) La Tenencia de la Tierra En México. Boletín Informativo del Senado de la República. Año III No. 24 Marzo Abril 2003.
- D'odorico, P., Fuentes, JD., Pockman, WT., Collins, SL., He, Y., Medeiros, JS., Dewekker, S., Litvak, ME., (2010) Positive feedback between microclimate and shrub encroachment in the northern Chihuahuan desert. *Ecosphere*, 1(6), 1-11.
- Dregne, H.E. 2002. Land degradation in drylands. *Arid Land Res. Man.*, 16: 99-132.
- Ellis, J. E., and Swift, D. M., 1988, Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. *Journal of Range Management*, 41, 450± 459.
- Escalante, R. (2001) *El mercado de tierras en México*. CEPAL, Red de Desarrollo Agropecuario, Serie desarrollo productivo, No. 110, Chile. 72 pp.
- FAO (1996) Forest Resources Assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, 152 pp. Roma.

- Foley, JA., Costa, MH., Delire, C., Ramankutty, N., Snyder, P. (2003) Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. *Frontiers of Ecology and the Environment* 1:38–44.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, CS., Walker, B. (2002) Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio*, 31(5), 437–440.
- GEA (2006) Estudio sobre la evaluación del desempeño del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO). Año Agrícola 2006. Informe Final. 309 pp.
- García, E., CONABIO (1998) 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. Available in http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Geist HJ, Lambin EF (2004) Dynamic causal patterns of desertification. *Bioscience*, 54:817–829
- González-Costilla, O., García-Pérez, J., Giménez de Azcárate, J., Aguirre-Rivera, JR. (2007) Flórida vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana*, 78, 1-38.
- Hall, F.G., D.E. Strebel, J.E. Nickeson, and J. Goetz. (1991) Radiometric rectification: Towards a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. *Remote Sens. Environ.* 35:11-27.
- Hardin, G. (1968) The tragedy of the commons. *Science*, 162, 1243-1248.
- Huber-Sannwald E, Maestre F, Herrick J, Reynolds J (2006) Ecohydrological feedbacks and linkages associated with land degradation: a case study from México. *Hydrological Processes* 20, 3395–3411.
- Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25:295–309.
- INEGI (1970) DGE. IX Censo General de Población 1970. Tabulados básicos.
- INEGI (1980) DGE. X Censo General de Población y Vivienda 1980. Tabulados básicos.
- INEGI (1990) DGE XI Censo General de Población y Vivienda 1980. Tabulados básicos.
- INEGI (1995) Conteo de Población y Vivienda 1995.
- INEGI (2000) XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados básicos.
- INEGI (2002) Síntesis de Información Geográfica del Estado de San Luis Potosí. Aguascalientes, México.
- INEGI (2005a) Uso de suelo y vegetación. Retrieved Sep. 1/2011, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/Méxicocifras/MéxicoCifras.aspx?e=0&m=0&sec=M&ind=1001000006&ent=0&enn=Estados%20Unidos%20Mexicanos&ani=2005&src=0>
- INEGI (2005b) Censo de Población y Vivienda. Aguascalientes, Ags. 2005.
- INEGI (2007) Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, IX Censo Ejidal. Aguascalientes, Ags. 2009.
- INEGI (2009) Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.
- INEGI (2010) Censo de Población y Vivienda. Retrieved Sep. 11/2011, <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=17484>.
- Jensen, JR. 2004. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. 3rd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.
- Jones, HG., Vaughan, RA. (2010) *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques, and Applications*. Oxford University Press. 353 pp.
- Kauth, R.J. and Thomas, G.S., 1976, The tasseled cap - A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 41-51.
- Kenward, RE., Whittingham, MJ., Arampatzis, S., Manos, BD., Hahn, T., Terry, A., Simoncini, R., Alcorn, J., Bastian, O., Donlan, M., Elowe, K., Franzén, F., Karacsonyi, Z., Larsson, M., Manou, D., Navodaru, I., Papadopoulou, O., Papatheanasiou, J., von Raggamby, A., Sharp, RJA., Söderqvist, T., Soutukorva, A., Vavrova, L., Aebischer, NJ., Leader-Williams, N., Rutz, C. (2001). Identifying governance strategies that effectively support ecosystem services, resource sustainability, and biodiversity. *PNAS*, 108, 5308-5312.

- Klooster, D. 2000. Institutional choice, community, and struggle: a case study of forest co-management in México. *World Development*, 28, 1–20.
- Laliberte, AS, Rango, A, Havstad, KM, Paris, JF, Beck, RF, McNeely, R, Gonzalez, AL. (2004) Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New México. *Remote Sensing of Environment*, 93, 198–210.
- Lambin, E.F., B.L. Turner, H.J. Geist, S. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F. Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Svedin, T. Veldkamp, C. Vogel, and J. Xu. (2001) The causes of land-use and land-cover change – Moving beyond the myths *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*. 11: 261-269.
- Lambin, EF., Geist, HJ., Lepers, E., (2003) Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 28, 205–41.
- Lepers E., E.F. Lambin, A.C. Janetos, R. DeFries, F. Achard, N. Ramankutty, R.J. Scholes. 2005. A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981-2000. *BioScience*. 55: 115-124.
- Linck, T. (2000) Tierras de uso común, regímenes de tenencia y transición agraria en México. *Revista del México Agrario*, 12, México, Procuraduría Agraria.
- McGarigal, K. and B.J. Marks. (1995) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 pp.
- McGarigal, K. (2002) Landscape pattern metrics. Volume 2, pp 1135-1142 in A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, eds. *Encyclopedia of Environmetrics*. John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Mas, JF., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, JR., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernández, T., Pérez-Vega, A. (2004) Assessing land use/cover changes: a nation wide multirate spatial database for México. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5, 249–261.
- Manzano, MG., Navar, J., Pando-Moreno, M., Martinez, A. (2000) Overgrazing and Desertification in Northern México: Highlights on Northeastern Region. *Annals of Arid Zone*, 39(3), 285-304.
- Mata-Gonzalez, R., Figueroa-Sandova, B., Clemente, F., Manzano, M. (2007) Vegetation Changes after Livestock Grazing Exclusion and Shrub Control in the Southern Chihuahuan Desert. *Western North American Naturalist*, 67(1), 63-70.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis* (Island Press, Washington, DC).
- Montoya-Gómez, G., Hernández-Ruiz, JF., Velasco-Pérez, A., Reygadas, L., Ramos-Maza, T. (2006) Organización comunitaria para la conservación forestal: estudio de caso en la Selva Lacandona de Chiapas, México. *Papeles de Población*, 12.
- NOAA (2012) Cold and warm episodes by season. National Weather Service National Centers for Environmental Prediction Climate Prediction Center. Retrieved from http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml, on February 18, 2012.
- Oñate, JJ., Peco, B. (2005) Policy impact on desertification: stakeholders' perceptions in southeast Spain. *Land Use Policy*, 22, 103–114.
- Ortiz, S. (1980) Forecasts, decisions, and the farmer's response to uncertain environments. In: PF Barlett (Ed) (1980) *Agricultural Decision Making: Anthropological Contributions to Rural Development*. New York: Academic Press, pp. 177-202.
- Ostrom E, Burger J, Field CB, Norgaard RB, Policansky D (1999) Revisiting the commons: Local lessons, global challenges. *Science*, 284:278–282.
- Pavia, EG., Graef, F., Reyes, J. (2006) PDO–ENSO Effects in the Climate of México. *Journal of Climate*, 19, 6433-6438.
- Peña, A., Neyra, L. (1998). Amenazas a la Biodiversidad. In: Conabio, 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 157-181.

- Peters, DPC., Pielke, RA. Bestelmeyer, BT., Allen, CD., Munson-McGee, S. Havstad, KM. (2004). Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events. *PNAS*, 101, 15130–15135.
- Pineda-Martínez, LF., Carbajal, N., Medina-Roldán., E. (2007) Regionalization and Classification of Bioclimatic Zones in the Central-Northeastern Region of México Using Principal Component Analysis (PCA). *Atmósfera*, 20(2) 133-145.
- Pouyat, RV., Weathers, KC., Haeuber, R., Lovett, GM., Bartuska, A., Christenson, L., Findlay, SEG., Gropp, R., Lymn, N., Menninger, H., Rosi-Marshall, E., Stine, P. (2010) The role of federal agencies in the application of scientific knowledge. *Front. Ecol. Environ*, 8(6):322-328.
- Procuraduría Agraria (2008) Glosario de términos jurídico-agrarios. México, D. F.
- Puigdefábregas, J. (1998) Ecological Impacts of Global Change on Drylands and their Implications for Desertification. *Land Degradation & Development*, 9, 393-406.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, AR., Kerr, YH., Sorooshian, S. (1994) A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sens. Environ.*, 48, 119-126.
- Reed, MS., Dougil, AJ., Taylor, MJ Integrating local and scientific knowledge for adaptation to land degradation: Kalahari rangeland management options. *Land Degradation & Development*, 18(3), 249–268.
- Reynolds, JF, Maestre, FT., Stafford Smith, DM., Lambin, EF. (2007a) *Natural and human dimensions of land degradation: causes and consequences*, in *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, edited by J Canadell, DE Pataki & L Pitelka (January, 2007), pp. 247-258, Springer, Berlin Heidelberg .
- Reynolds J, Stafford-Smith M, Lambin E, Turner B, Mortimore M, Batterbury S, Downing T, Dowlatabadi H, Fernández R, Herrick J, Huber-Sannwald E, Jiang H, Leemans R, Lynam T, Maestre F, Ayarza M, Walker B (2007b) Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316, 847–851.
- Rietkerk, M., Dekker, SC., Rutler, PC., Van De Koppel, J. (2004) Self-organized patchiness and catastrophic shifts in ecosystems. *Science* 305:1926–1929.
- Rietkerk, M., P. Ketner, L. Stroosnijder, And H. H. T. Prins. 1996. Sahelian rangeland development; a catastrophe? *Journal of Range Management* 49:512–519.
- SAGARPA (2002) Manual de Organización de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, COTECOCA. México, D. F.
- SAGARPA (2009) Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación, Martes 29 de diciembre de 2009.
- SAGARPA-AFPC-FAPRI (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Agriculture and Food Policy Center-Food and Agricultural Policy Research Institute). 2009. Proyecciones para el sector agropecuario de México; Escenario Base 09-18. SAGARPA. México, D. F. 60 pp.
- SAGARPA (2010) Claridades Agropecuarias. No. 207. Noviembre 2010.
- SAGARPA (2010b) Listado de beneficiarios PROCAMPO 1994-2010. Retrieved from: http://www.aseca.gob.mx/artman/publish/article_1424.asp, August 15, 2010.
- SAGARPA-FAO (2005) Evaluación Alianza para el Campo 2005. Informe de Evaluación Nacional. Programa de Fomento Ganadero.
- Scheffer, M., SC. Carpenter, J. Foley, C. Folke, and BH. Walker. (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591–596.
- Schlesinger, WH., Reynolds, JF., Cunningham, GL., Huenneke, LF., Jarrell, WM., Virginia, RA., Whitford, WG. (1990) Biological Feedbacks in Global Desertification. *Science*, 247(4946), 1043-1048.
- Seager R, Ting M, Davis M, Cane M, Naik N, Nakamura J, Li C, Cook ER, Stahle DW. (2009). Mexican drought: an observational modeling and tree ring study of variability and climate change. *Atmosfera*, 22:1–31.
- SEDESOL (2010) Indicadores de marginación (con datos de INEGI, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, y Consejo Nacional de Población, CONAPO) Retrieved from <http://cat.microrregiones.gob.mx>, March 1, 2012.

- Sellers, P. J. (1985) Canopy Reflectance, Photosynthesis and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* 6:1335–1372. SEMARNAT (2003) Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2002. México, D. F.
- SEMARNAT (2003) Informe de la situación del medio Ambiente en México. México, DF.
- Stafford Smith, M., McKeon, GM., Watson, IW., Henry, BK., Stone, GS., Hall, WB., Howden, SM. (2007) Learning from episodes of degradation and recovery in variable Australian rangelands. *Proceedings of the National Academy of Science* 104(52):20690–20695.
- Toledo, VM., Ortiz-Espejel, B., Cortés, L., Moguel, P., Ordoñez, MDJ., (2003). The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in México: a case of adaptive management. *Conservation Ecology*, 7(3), 9. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art9>
- UNCCD (1992) United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27, 33 I.L.M. 1328. United Nations, New York.
- Van Auken, OW. (2000) Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual Review of Ecology & Systematics* 31:197-215.
- Van Auken, OW. (2009) Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *Journal of Environmental Management*. 90:2931-2942.
- Verbist K., Santibañez F., Gabriels D, Soto, G. (2010). Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC.
- Vetter, S. (2009) Drought, change and resilience in South Africa's arid and semi-arid rangelands. *South African Journal of Science*, 105, 29-33.
- Villanueva-Díaz, J., Stahle, DW., Luckman, BH., Cerano-Paredes, J., Therrell, MD., Cleaveland, MK., Cornejo-Oviedo, E. (2007) Winter-spring precipitation reconstructions from tree rings for northeast México. *Climatic Change*, 83, 117–131.
- von Wehrden, H., Hanspach, J., Kaczensky, P., Fischer, J., Wesche, K. (2012) A global assessment of the non-equilibrium concept in rangelands. *Ecological Applications*, 22(2):393-399.
- Washington-Allen, RA., Ramsey, RD., West, NE., Efrogmson, RA. (2006) A remote sensing-based protocol for assessing rangeland condition and trend. *Rangeland Ecology and Management* 59, 19-29.
- Washington-Allen, RA, West, NE, Ramsey, RD, Phillips, DH, Shugart, HH, (2010) Retrospective assessment of dryland soil stability in relation to grazing and climate change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 101–121.
- Watson, DF., Philip, GM. (1985) A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing* 2, 315-327.
- Westoby, M., Walker, B. H., and Noy-Meir, I., 1989, Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42, 266± 274.
- Wu, X.B., Thurow, T.L., & Whisenant, S.G. (2000). Fragmentation and changes in hydrologic function of tiger bush landscapes, south-west Niger. *Journal of Ecology* 88, 790-800.
- Zhao, M., S. W. Running. (2010) Drought-induced reduction in global terrestrial net Primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329: 940-943.

CHAPTER III

SOCIO-ECOLOGICAL FEEDBACKS IN DRYLANDS OF SAN LUIS POTOSÍ (MÉXICO)

ABSTRACT

Assessment of sustainability in drylands is particularly important due to their complex feedbacks between ecological and social components. We hypothesized that social phenomena, like land tenure and participation in government programs, are linked to ecological features, like environmental services. The aim of this study was to assess the socio-ecological sustainability in four ejidos of the municipality of Santo Domingo (San Luis Potosi), a semiarid region in the Central plateau of México, in terms of the natural, social, human, financial and physical capitals. Eight plots under different grazing management systems, continuous (CG) and rotational (RG), were established. Natural capital was assessed through the analysis of biotic, functional, chemical and physical features of the soil. Social, human, financial and physical capitals were assessed through interviews to local users of governmental programs and consultation of government databases. The feedbacks among the capitals were identified through the Drylands Development Paradigm (DDP). Plots under RG had a higher Landscape Organization Index, higher percentage of grass cover and a lower percentage of bare soil. These results imply that RG is associated with better supporting services. The capacity of self-organization by ejidatarios is a key factor of social capital and has implications in natural capital due to the power to control access to resources. Government subsidies and remittances are important financial inputs for the families and can modify physical capital. Lack of education and job opportunities for teenagers is a driver for migration, especially to USA. Migration, in turn, has feedback mechanisms on social, human, physical, financial and natural capitals. Promoting socio-ecological sustainability in the participating ejidos requires working on the social capital to generate agreements among the ejidatarios that improve the health of the communal land. It is important to encourage structural changes that open opportunities for the new generations. Policy makers should be aware of the complex dynamics between socio-economical and biophysical factors.

1. INTRODUCTION

Sustainability is the capacity of socio-ecological systems (SES) to satisfy the needs of current and future populations depending on ecosystem goods and services in order to support life on planet Earth (Levin and Clark, 2010). In complex SES, socio-economic and biophysical processes dynamically interact at different temporal and spatial scales (Holling, 2001) and non-linearity (Folke, 2006),

unpredictability and surprise are fundamental features that describe these dynamics (Carpenter *et al.*, 2009). Promoting sustainability in a SES implies that all fundamental capitals be sustained long-term (Chapin *et al.*, 2009). The total capital is formed by natural capital (non-renewable resources and renewable ecosystem resources that support the production of goods and services), built capital (goods other than those produced by nature), human capital (capacity of people to accomplish their goals) (Chapin *et al.*, 2009) and social capital (people's capacity of organization in order to solve problems) (Hellin, 2006). Those ecosystem goods and services –like water, food or cultural identity– that cannot be substituted by others, are particularly important in the analysis of sustainability of SES due to their impact in the capacity of human communities to survive (Chapin *et al.*, 2009).

Drylands are landscapes where the aridity index (AI) (i.e., the ratio of mean annual precipitation and mean annual potential evapotranspiration) is < 0.65 (United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD, 1992; Millennium Ecosystem Assessment, MEA, 2005). Including hyper-arid regions, drylands cover some 47% of the land surface and provide ecosystem services valued at nearly \$1 trillion to 38% of the *in situ* global population (Constanza, 1996; MEA 2005). The 90% of drylands correspond to croplands and rangelands (MEA, 2005). During many decades sustainability was unsuccessfully promoted in rangelands due to the lack of awareness about its complexity (Behnke, 2000). Erroneously, rangelands have been considered marginal terrain (Neely *et al.*, 2009). Rangelands provide a wide variety of different ecosystem services such as carbon storage, biodiversity, forage and livestock (White *et al.*, 2000), and their dynamics is determined by the interaction of human and biophysical drivers (Walker, 1993). This interaction is a core element in communal rangelands because of the socio-political and cultural aspects involved (Vetter, 2009).

Communal property of land was considered an important driver for the depletion of natural resources (Hardin, 1968); however several studies have shown that at small scales, it is possible to design adaptive governance systems based on effective stewardship of natural resources (Berkes *et al.*, 1989; Ostrom *et al.* 1999; Folke *et al.*, 2002; Dietz *et al.*, 2003; Kenward *et al.*, 2011). In México, drylands

make up 65% of the territory, or 1,280,494 km² (Verbist *et al.*, 2010) and communal land (*ejidos*), corresponds to 65.4% of the territory (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2009).

The *ejido* system was introduced in the Mexican Constitution of 1917, as land subject to specific rules of communal property (Procuraduría Agraria, 2008). From 1949 to 1992, *ejido* land could not be sold to protect the collective property. In 1992, a Constitutional reform was passed to allow *ejidatarios* (people with rights to use the land of the *ejido*) to assume full domain of communal land meaning that land could be divided and sold (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003). One purpose of this reform was to provide a mechanism for people with high income to buy land, introduce technologies and enhance production to improve México's position in the global market (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003).

Communal drylands are highly vulnerable to desertification, referred to as land degradation in arid, semiarid and dry sub-humid areas, due to climatic and anthropogenic factors (UNCCD, 1992). In drylands, land degradation implies shifts in natural fire cycles, reduction of native perennial plants, soil erosion and sedimentation and disruption of biogeochemical cycling (Reynolds *et al.*, 2007a). Factors associated to land degradation in drylands are: increased aridity (drought), agricultural activities and conversion of desert vegetation into cropland, livestock production, wood extraction, demographic factors like migration, infrastructure extension, economic factors like market growth and industrialization, policy and institutional factors like subsidies, and cultural factors like the lack of concern about dryland ecosystems (Geist and Lambin, 2004). Even when the way as all or some of these factors varies from one given site to another, increased aridity, expansion of cropping and grazing activities and infrastructure extension have been identified as fundamental drivers of desertification (Geist and Lambin, 2004). In particular, grazing may substantially affect the natural capital of SES, as it affects key ecosystem structures, functions and services. Grazing may lead to a substantial decline in perennial grass cover (Bisigato and Bertiller, 1997) and increase in unpalatable herbs (Sparrow *et al.*, 2003), and shrub encroachment, or the

replacement of grasslands by shrublands (Asner *et al.*, 2004). These changes in land cover induce an increase in the spatial and temporal heterogeneity of water and nitrogen (N) content (Schlesinger *et al.*, 1990). Changes in grazing induced shifts in plant species composition may lead to a decrease in insect diversity (De Vries *et al.*, 2007) and also affect bird habitats (Maron and Lill, 2005; Posadas *et al.*, 2010). The effect of grazing on soil organic carbon (SOC) and N has inconsistent results (Bisigato *et al.*, 2008). Some studies have pointed out an increase in soil C, N and P through excrement deposition (Stumpff *et al.*, 2005), while others have related the exclusion of livestock to higher concentrations of soil C and N due to the increase in organic matter returned to the soil (Yong-Shong *et al.*, 2005). Pasture desertification and deforestation led by extensive systems of livestock production, as well as soil tillage derived from intensive systems, are associated with a loss of soil C (Steinfeld and Wassenaar, 2007). Grazing leads to a redistribution of resources due to the modification of microtopography and soil depth (Stavi *et al.*, 2009a) caused by trampling routes and soil erosion (Stavi *et al.*, 2009b).

Rangelands are overall rather resilient to livestock grazing (Milchunas *et al.*, 1988). It has been shown that once livestock is excluded for seven to 10 years after a prolonged period of heavy livestock grazing, perennial grass cover increased (Mata-Gonzalez *et al.*, 2007), litter accumulated, enzyme activity and basal soil respiration increased (Yong-Shong *et al.*, 2005) and overall small mammals (Hayward *et al.*, 1997) and herbaceous species (Yong-Shong *et al.*, 2005) became more abundant.

In arid and semiarid zones of North America, South America, sub-Saharan Africa, Australia and east of Asia more than 90% of dry matter fed to animals comes from rangelands and pastures (Steinfeld *et al.*, 2006) and less than 10% comes from stubbles and crop by-products (Seré and Steinfeld, 1996). Typical extensive grazing systems in drylands are continuous (CG) and rotational (RG) (Neely *et al.*, 2009). In CG systems, cattle have access year-round to the same rangeland or pasture area. In RG systems, cattle are rotated between several fenced paddocks, allowing grazed paddocks to recover after short-term intensive

grazing periods (Lemus, 2008). RG is considered of less impact than CG as it causes minor losses of resources, better protection of plant cover (Sanjari *et al.*, 2009) and decrease of area of bare soil due to a higher amount of litter (Jacobo *et al.*, 2006). Nonetheless, other studies suggest that there is no difference between CG and RG with respect to plant production (Briske *et al.*, 2008). In México, 58% of cattle production occurs in CG systems and 20% in RG systems (INEGI, 2009b). The remaining 22% occur in stabling (14%) and semi-stabling (8%) systems (INEGI, 2009b). In order to assess rangeland condition, recently the Rangeland Health Approach (Herrick *et al.*, 2009) and the Landscape Functional Analysis (LFA) (Tongway and Hindley, 2004) have been proposed to evaluate the landscape functional capacity to retain fundamental resources through the examination of soil stability, hydrological function and biotic integrity (Tongway and Hindley; 2004, Herrick *et al.*, 2009).

In order to take into account the socio-ecological complexity of drylands, this study uses the Drylands Development Paradigm (DDP) (Reynolds *et al.*, 2007b) as an analytical framework. The DDP points out the interdependence between bio-physical and socio-economical and cultural components in a SES and the need of identifying which ones of these components act as key variables and what are the thresholds beyond which those variables can change the structure and function of the SES (Reynolds *et al.*, 2007b). In this way, DDP allows the identification of key variables and processes linked to socio-ecological sustainability of SES. DDP has been used to understand the complex dynamics of specific SES in 10 case studies in the American Continent (Huber–Sannwald *et al.*, 2006; Reynolds *et al.*, 2007b, Herrick *et al.*, 2010, Ayarza *et al.*, 2010).

In this study, the DDP will be used to examine the relation among socio-economical, cultural and bio-physical components of the SES represented by four ejidos of Santo Domingo municipality. The study area is situated in the drylands of Central Mexican plateau, where matorral (xerophytic scrubs, desert scrub), grassland and rain fed agriculture are the main land-use types and extensive livestock production is an important economical activity (INEGI, 2009b). There is a relation between land tenure and grazing system (continuous, CG, and rotational,

RG) in this region: in general, CG occurs in communal land and RG occurs in private plots (Desmond and Montoya, 2006). Nonetheless, in some ejidos social organization has allowed launching RG system in communal lands. The area has a medium to high level of social exclusion (SEDESOL, 2010) and migration, especially to the United States of America (USA), is very common (Alanís, 2008). Population in the ejidos of Santo Domingo participates of diverse government programs addressed to reduce social exclusion (SEDESOL, 2010) and support agriculture and livestock production (SAGARPA, 2009, 2010).

The hypotheses of this study are: a) the social organization and land tenure regimen in Santo Domingo's ejidos are expressed in the biotic and physico-chemical characteristics of the soil due to their link with the capacity of launching a particular grazing system; b) plots under RG management have a better health condition than plots under CG, expressed in their pool of environmental services; c) migration in Santo Domingo's ejidos is a phenomena derived from their socio-economical and cultural characteristics and impacts financial, physical and human capitals in the region; d) remittances-derived inputs in financial and physical capitals of Santo Domingo's ejidos families promote changes in the natural capital in the zone. The aim of this study was to assess the socio-ecological sustainability in four ejidos of the municipality of Santo Domingo (San Luis Potosi, México) in terms of the natural, social, human, financial and physical capital. The results of this study will let livestock producers in Santo Domingo know the impact of their grazing management practices on the rangeland condition (biological and physico-chemical) and can be used by regional policy makers to propose alternatives that promote socio-ecological sustainability in the Altiplano Potosino.

2. METHOD

2.1. Study Area

The municipality Santo Domingo is situated in the southern extreme of the Chihuahua Desert, between 23°48'N and 23°01'N, and 101°13'W and 102°18'W, at an altitude ranging from 1,700 and 2,600 m a. s. l. (Instituto Nacional de

Estadística y Geografía, INEGI, 2009c). The current boundaries of Santo Domingo were established in 1937 with the purpose to avoid conflicts with the municipalities of Catorce and the state Zacatecas (INAFED, 2005).

The entire municipality has a surface area of 4,352.96 km² (INEGI, 2005) of which 2,428.16 km² correspond to 21 *ejidos* (Procuraduría Agraria, 2008) and 1,924.8 km² correspond to private land. The main settlement area of the municipality is located at 101°44'W and 23°19'N, at 1,970 m a. s. l. (INEGI, 2009c) (Figure 3.1). Four *ejidos* (two different plots by *ejido*, according to grazing system) participated in this study: La Victoria (LV), Morelos (MOR), San Antonio del Mezquite (SAM) and Santa Matilde (SM) (Table 3.1). These four *ejidos* were part of a group of eight that were willing to participate in the study, which was the main criteria to select them. Nonetheless, the events of violence related to the organized crime in the study area prevented us from continuing the field work in the remaining four *ejidos*, as it was initially planned.

Each of the *ejidos* participating in this study has grazing communal areas, called *agostaderos* or *potreros*, and private plots called *pastas*. A *pasta* is a fenced area where just cattle are allowed to graze, and grazing occurs during a determined period in the year. LV was the only *ejido* in this study where the *pasta* is situated within the communal land.

Table 3.1. Year of foundation, size, land tenure and inhabitants of the *ejidos* La Victoria (LV), Morelos (MOR), San Antonio del Mezquite (SAM) and Santa Matilde (SM) (Procuraduría Agraria, 2008; Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL, 2012).

Ejido	Year of foundation	Total area (ha)	Common land (ha)	Altitude (m a.s.l)	Number of inhabitants	Number of ejidatarios
LV	1925	16,876	14,748.3	2,144	272	138
MOR	1949	5,342	4,989.8	1,990	114	37
SAM	1925	12,985	9,384.4	2,083	385	129
SM	1925	13,109	12,617.6	1981	656	185

Santo Domingo is situated in the province *Mesa de Centro*, subprovince *Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande*, from the quaternary period. The

types of rock are intrusive igneous (basalt, 0.7%; rhyolite, 0.3% and acid rhyolite-tufa, 0.1%), sedimentary (limestone, 6.7%; conglomerate, 5.2% and sandy lutite, 0.6%), metamorphic (schist, 0.9%) rocks. The soil types are Calcisol (29.9%), Chernozem (29.8%), Kastañozem (19.5%), Phaeozem (9.3%), Leptosol (8.5%), Solonchak (2.2%) y Gypsisol (0.2%) (INEGI, 2009c).

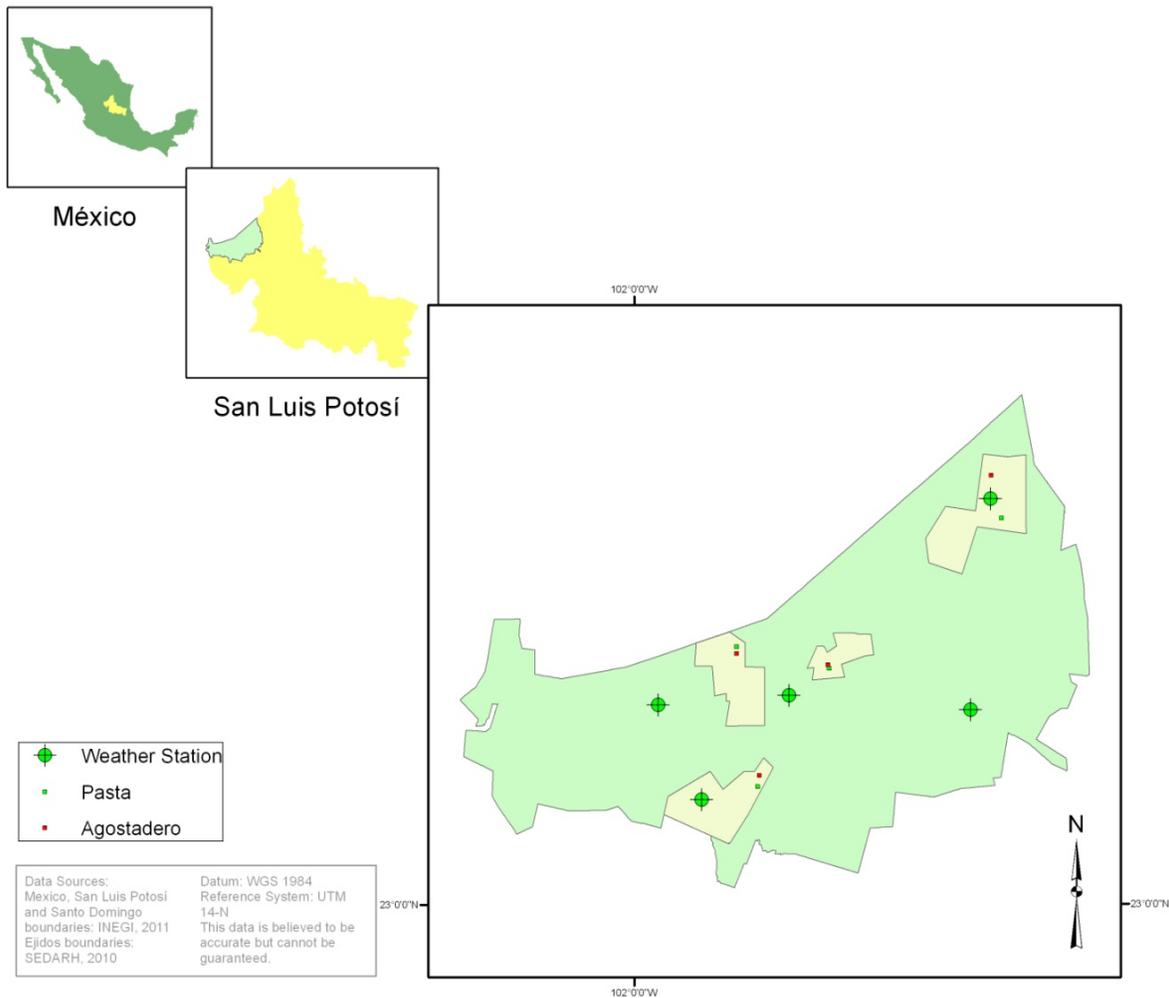


Figure 3.1. The four ejidos of Santo Domingo municipality participating in the Study (La Victoria, Morelos, San Antonio del Mezquite y Santa Matilde). “Pasta” plots correspond to Rotational grazing and “Agostadero” plots correspond to Continuous grazing.

During the period 1979-2010 the mean annual precipitation for Santo Domingo municipality was 366 mm (± 144) and the annual mean temperature was 16.3°C (± 0.58) (Figures 3.2 and 3.3) (CONAGUA, 2011). The main rain season occurs during the period June-August (INEGI, 2002). In Santo Domingo municipality the climates that occur are BS1kw, BS0kw and C(wo) (García and CONABIO, 1998) (Figure 3.4).

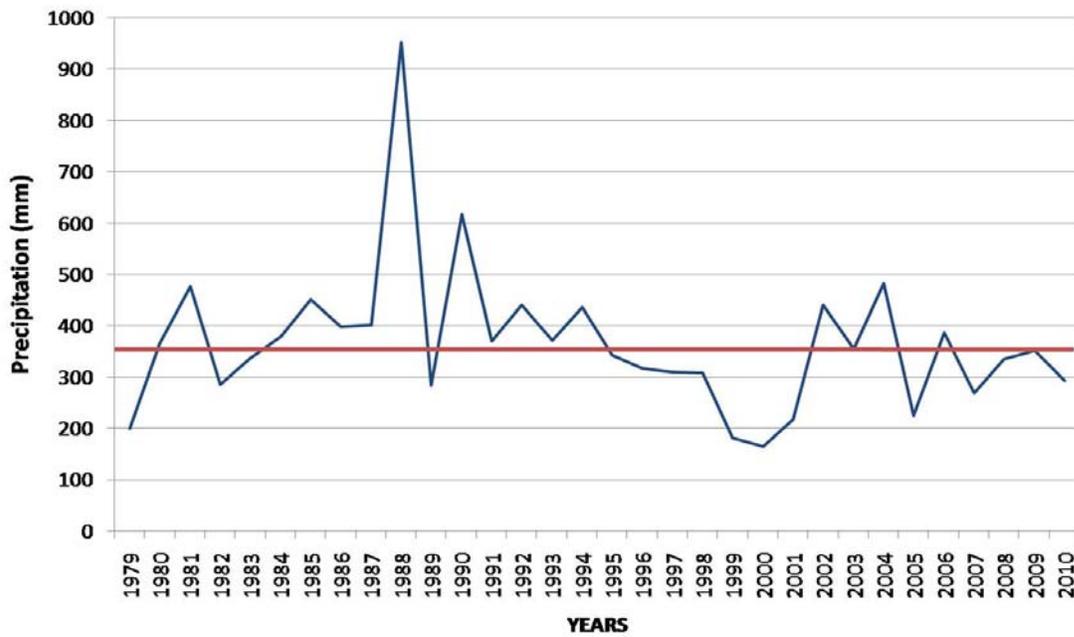


Figure 3.2. Total annual precipitation in Santo Domingo municipality between 1979 and 2010. Data obtained from 5 weather stations (CONAGUA, 2011). The red line represents the long term mean of 366 mm.

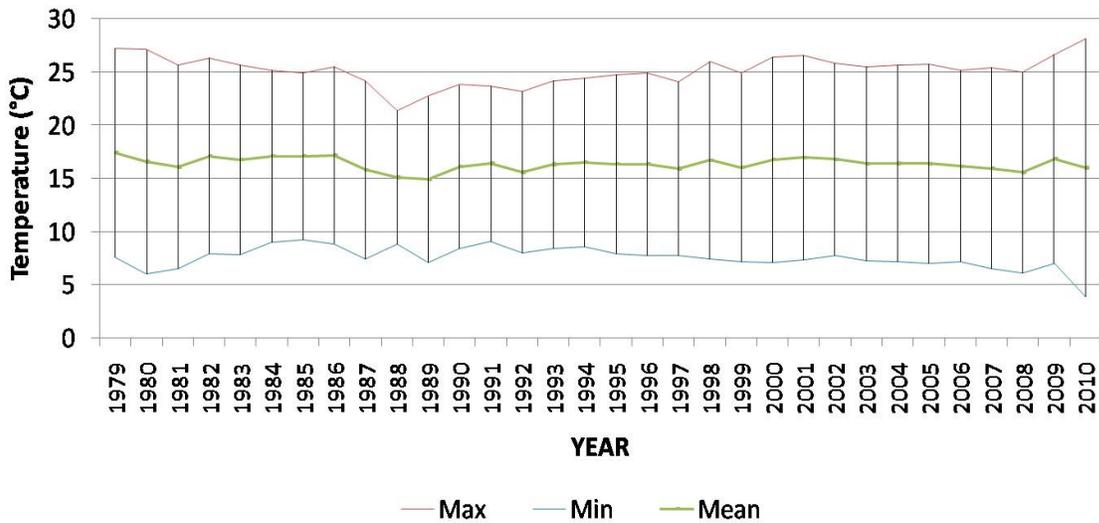


Figure 3.3. Annual mean, maximum and minimum temperature in Santo Domingo municipality. Data obtained from 5 weather stations (CONAGUA, 2011) of the study region.

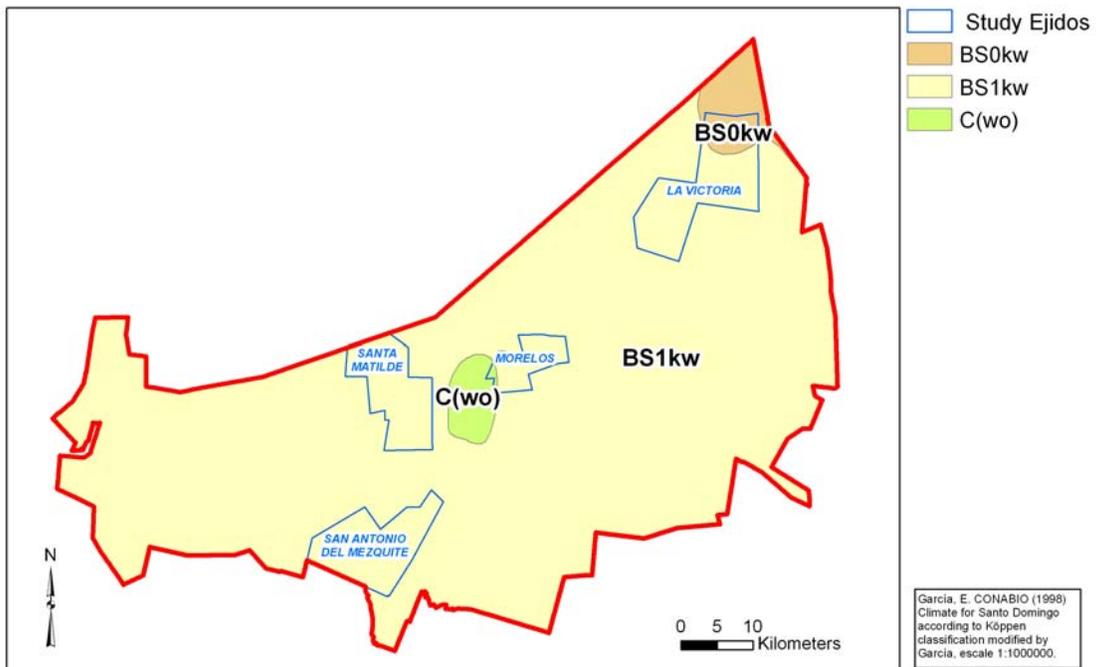


Figure 3.4. Climates in Santo Domingo municipality according to Köppen classification modified by García (García and CONABIO, 1998); with data from National Meteorological System (SMN), National Commission of Electricity (CFE) and National Commission of Water (CONAGUA).

The mean annual precipitation (MAP) and temperature (MAT) in the study sites during the year the research was performed (2010) are shown in Table. 3.2 and Figure 3.5. Data were obtained by interpolating the means of five weather stations (CONAGUA, 2011) using an inverse distance weighted (IDW) technique (Watson and Philip, 1985) in ArcGIS 10 (ESRI, 2010).

Table 3.2. Mean Annual Precipitation and Temperature in the participating ejidos, 2010. (CONAGUA, 2011).

Ejido–site	Precipitation (mm)	Temperature (°C)
LV– Agostadero	470.11	15.46
LV – Pasta	468.30	15.47
MOR – Agostadero	278.49	17.14
MOR – Pasta	278.17	17.15
SAM – Agostadero	314.84	16.10
SAM – Pasta	320.48	16.00
SM – Agostadero	290.49	16.20
SM – Pasta	290.43	16.17

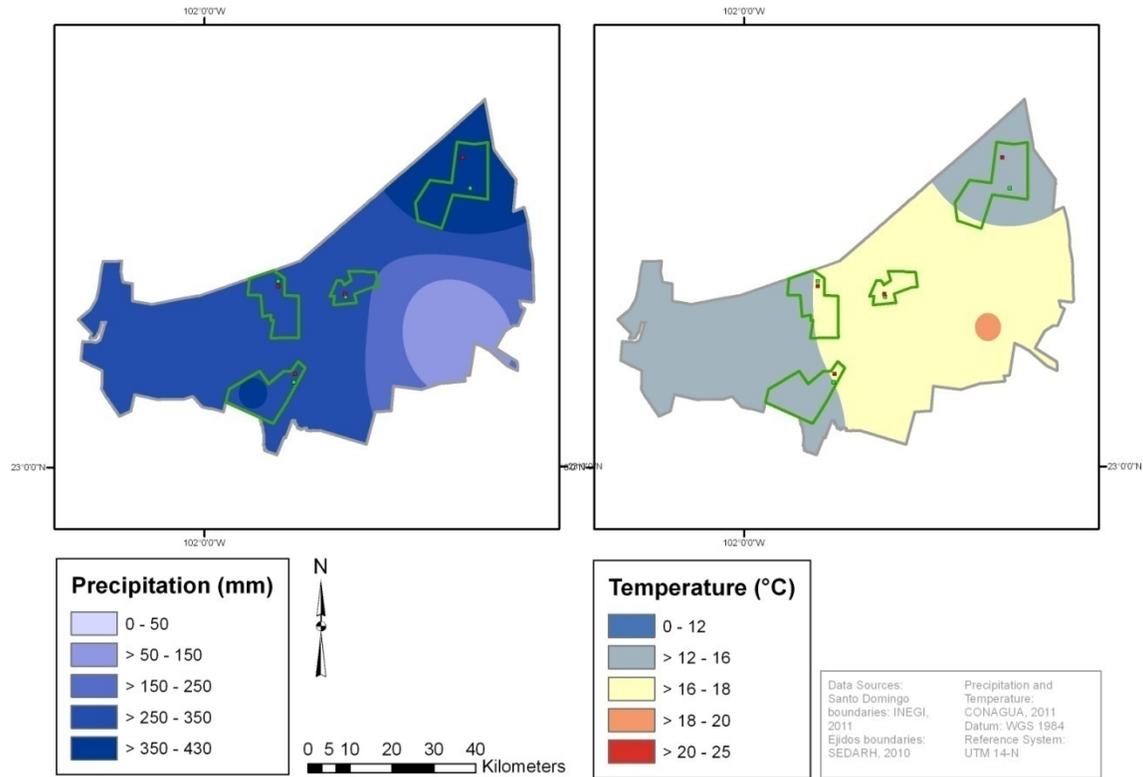


Figure 3.5. Mean annual precipitation (MAP) and temperature (MAT) in Santo Domingo municipality during 2010 (CONAGUA, 2011). Data were obtained by interpolating the means of five weather stations (CONAGUA, 2011) using an inverse distance weighted (IDW) technique in ArcGIS 10 (ESRI, 2010).

84.1% of the total area of the municipality is matorral (xerophytic scrubs, desert scrub), 3% grassland and 11.4% agricultural land (INEGI, 2009c). Common species in xerophytic matorral are: *Acacia* spp., *Agave lechuguilla*, *Condalia* spp., *Florensia cernua*, *Fouquieria* spp., *Jatropha* spp., *Koeberlinia* spp., *Larrea tridentata*, *Lycium* spp., *Mimosa* spp., *Myrtillocactus* spp., *Opuntia* spp., *Prosopis glandulosa*, *Rhus* spp., *Yucca carnerosana*, *Yucca filifera* and *Zinnia acerosa* (Rzedowski, 1978). Species in grasslands are: *Aristida* spp., *Andropogon* spp., *Bouteloua gracilis*, *B. scorpioides*, *Bromus* spp., *Hilaria* spp., *Muhlenbergia* spp. and *Stipa* spp. (Rzedowski, 1978).

Socio-economic characteristics of the study area

In the ejidos participating in the study (Table 3.1), livestock production and rain-fed agriculture are the main land-use types (INEGI, 2009c). In 2009, 37,099 ha corresponded to rain fed agriculture and 1,410 ha to irrigated agriculture (INEGI, 2011). In 2009, the entire municipality harvested 8,852 ha forage oat, 600 ha of beans and 300 ha of maize, and produced 626 tons of beef, 118 tons of sheep, 39 tons of goat and 36 tons of pork (INEGI, 2011). Grazing occurs in two management systems: continuous (CG) and rotational (RG). CG occurs in the agostadero, while RG occurs in the pasta (Table 3.3). In the pasta cattle graze between January-March. In the period November-December cattle are taken to the harvested crop plots to forage on stubble and other crop residuals. The animals graze in the agostadero during the rest of the year.

To determine the appropriate livestock stocking rate considering the resource availability, in 1978 the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA), established the Rangeland Coefficient (RC); this is an index referring to hectares required to support one animal unit (AU, 1 cow or 5 sheep or 6 goats) during an entire year (ha/AU/year) (SAGARPA, 2002). In the ejidos participating in this study area, the RC is 28.14 (COTECOCA, 2011).

Table 3.3. Year of creation of the pastas (P) and agostaderos (A) (sampling plots), their area, stock number in 2010 (C for cattle; G for goat and S for sheep), grazing system and land tenure (Procuraduría Agraria, 2008; COTECOCA, 2011). Except LV, all RG sampling plots occurred in private land.

Site	Year of creation	Area (ha)	Stock number 2010	Grazing system	Land tenure
LV-A	1925	14,748	2,765 C, G, S	Continuous	Communal
LV-P	2000	2,000	745 C	Rotational	Communal
MOR-A	1949	4,989	465 C, G, S	Continuous	Communal
MOR-P	2003	30	85 C	Rotational	Private
SAM-A	1925	9,384	971 C, G, S	Continuous	Communal
SAM-P	1990	6	8 C	Rotational	Private
SM-A	1925	12,617	> 436 C, G, S	Continuous	Communal
SM-P	1983	12	16 C	Rotational	Private

In the years 1993 and 2003, the Mexican Government created two production support programs, *Direct Support to Rural Areas Program* (PROCAMPO) and *Program of Incentives to Livestock Production* (PROGAN) to support agriculture and livestock production, respectively (SAGARPA, 2009). The annual subsidy of PROCAMPO per sown hectare is given to individual households or groups of farmers and ranges from USD \$75.58 to \$102.04 depending on the number of hectares and the seasonal feature of the crop (Spring–Summer or Fall–Winter) (SAGARPA, 2010; exchange rate: MXN \$12.74, February 22, 2012). Regardless of the number of hectares sown, the annual limit of the subsidy is USD \$7,849.29 or MXN \$100,000 (SAGARPA, 2010). In 2007, the ministry of Agriculture launched PROGAN (*Program of Sustainable Livestock Production and Livestock–Farming and Beekeeping Planning / Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola*) intended to support cattle, goat, sheep and honey production (SAGARPA, 2010). In its most recent version, PROGAN requests farmers to adopt activities to conserve and/or restore land and water resources as well as to tag and vaccinate livestock and provide supplemental forage in return for monetary support (SAGARPA, 2010) (Table 3.4). One of the conservation activities is to protect or to plant 30 plants per AU. SAGARPA takes into account the Rangeland Coefficient to determine the number of AU supported by PROGAN in each region, which does not exceed 300 per beneficiary (300 cattle, 1500 sheep or 1800 goat) (SAGARPA, 2009). Beneficiaries can be individual households or groups of farmers.

Table 3.4. Amount of the subsidy received by livestock farmers who participate in PROGAN in all México, based on the species, the products involved (meat or dairy) and the number of reproductive age females (SAGARPA, 2009). Amount in dollars (Exchange rate: MXN \$13 (October 18, 2011)).

Species/Systems	Number of reproductive age females (RAF)		Payment/RAF/year (USD)*	
	Category A From-to	Category B From-to	Category A	Category B
Dual-purpose cattle (milk and meat) and meat cattle	5–35	36–300	28.20	22.56
Sheep	25–175	176–1500	5.64	4.51
Goats	30–210	211–1800	4.70	3.76
Dairy Cattle	5–35	N/A	28.20	N/A

Based on data about illiteracy, basic sanitation, access to electricity, overcrowding and income under \$4.30 (US) per day, the National Population Council (CONAPO) has determined a high-level three of exclusion for Santo Domingo as an entire municipality (CONAPO, 2011). As is true for much of the country, the areas surrounding the town of Santo Domingo have been affected recently by the violence generated by armed groups (El Express, 02/01/2011; El Pulso de San Luis, 27/07/2011; La Jornada, 16/08/2011, 26/07/2011, 16/05/2011).

2.2. Sampling design to assess natural capital

2.2.1. Vegetation sampling and analysis

Four ejidos of the municipality of Santo Domingo were identified in September of 2010. In each ejido, two observation plots of 30 x 30 m were established, in the direction of the slope, in one of two grazing management system (rotational or pasta and continuous or agostadero). The criteria to establish each plot was that its vegetation composition was representative of the rangeland area and its accessibility was allowed by the *Comisario Ejidal*, who is the local authority. The plots in communal land were established in areas previously identified by key informants as those used by ejidatarios to graze their animals. Areas within 300 m of ponds boundaries were avoided due to damage from trampling. The plots in

private land in MOR, SAM and SM were established in the pastas of key informants in those ejidos, with their prior authorization. In each plot, four transects of 30 m were established. There was a distance of 8 m between transects (Figure 3.4). Along each transect, we determined the length, width and composition of each vegetation patch, and as the length and cover characteristics of vegetation-free spaces. From these data we obtained the following land cover characteristics: number of patches; total patch area; patch area index, which is the total patch area divided by the maximum area if all the transect was patch; landscape organization index, which is the length of patches divided by the length of transect; and average interpatch length (Tongway and Hindley, 2004). A “patch” was referred to a long-lived feature with a clear evidence of accumulating resources (obstruct or divert water flow and/or collect/filter out material from runoff) (Tongway and Hindley, 2004; Herrick *et al.*, 2009) (Figure 3.6).

To determine vegetation composition of the plots, along each transect 20 quadrats of 1.5 x 1.5 m were aligned and the percentage of basal cover associated with each species present was estimated (Herrick *et al.*, 2009). All species identified in each quadrat were recorded. Samples of these species were collected within 10 m of the plot boundary and their common names recorded. The samples were press-dried and transported to the Herbarium of the Arid Zones Institute (Autonomous University of San Luis Potosi) to be identified (Appendix A). A total of 80 quadrats of 1.5 x 1.5 m were surveyed per grazing system and ejido.

To evaluate soil surface characteristics, ten microsites void of vegetation (50 x 50 cm) were randomly chosen and indicators of rainsplash protection, perennial vegetation cover, litter, cryptogam cover, crust brokenness, soil erosion type and severity, deposited material, soil surface roughness, surface nature (resistance to disturbance), soil stability and texture were determined considering pre-defined categories (see Appendix B) (Tongway and Hindley, 2004). These data were used to determine the plot condition for soil stability, water infiltration and nutrient cycling. A total of 10 quadrats of 50 x 50 cm were surveyed per grazing treatment and ejido.

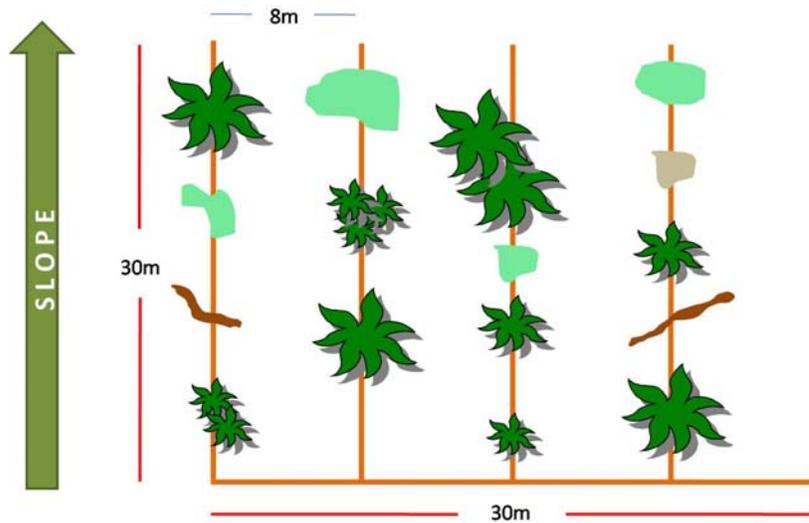


Figure 3.6.
Plot design

2.2.2. Soil sampling and physico-chemical analysis

In each plot, 10 composite soil samples (0-15 cm) consisting of three subsamples were excavated in ten interspaces. For each of three dominant grass species within each plot, ten soil samples were extracted (0-15 cm) from beneath these species. A cylindrical soil auger 1 m long and 5 cm in diameter was used to extract the samples. Soil samples associated with grasses were extracted within 10 m of plot boundary. All soil samples were put in labeled plastic bags and stored in coolers before and during their transportation to the laboratory. In the laboratory the samples were put in the refrigerator before further processing.

Soil samples from the interspaces were dried in a drying oven (Binder, FRD400) for 72 hours at a temperature of 70° C. The dry weight of each sample was determined with a digital balance (Sartorius, TE3102S). All soil samples (interspace and grasses) were passed through a 1 mm sieve to remove gravel, stones and roots. To determine soil bulk density of soil samples from the interspaces, the volume of water displaced by stones was measured.

For each soil sample, pH-value, soil texture, soil bulk density, soil organic matter content, root biomass, organic C, total N, P, macronutrients (Ca, mg, Na and K) and micronutrients (Fe, Mn, Cu and Zn) were determined. Root biomass,

organic C and total N were determined for soil samples associated with the dominant grass species: *Aristida sp.*, *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) J.T. Columbus, *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Dasyochloa pulchella* (Kunth) Willd. ex Rydb., *Digitaria cognata* (Schult.) Pilg., *Enneapogon desvauxii* Desv. ex P. Beauv., and *Scleropogon brevifolius* Phil.

To determine root biomass, the roots obtained in the microsites samples and underneath predominant grasses species were washed, dried in a drying oven (Binder, FRD400) for 48 hours at a temperature of 60°C, and weighed on a balance (Sartorius, TE3102S). To determine pH was used the Potentiometric Method (Bates, 1973). Soil texture was determined through the Hydrometer Method (Bouyoucos, 1962). The Core method (Elliot *et al.*, 1999) was used to determine soil bulk density. Determination of soil organic matter was performed by the Loss on Ignition Method (adapted from Storer, 1984). To determine organic C and total N the Dry Combustion Method was used (Sollins *et at.*, 1999). Prior the combustion, HCl-fumigation method was used to remove inorganic C from soil (Midwood and Boutton, 1998). Determination of soil P was performed by the Sodium Bicarbonate Method (Olsen *et al.*, 1954). Soil macronutrients (Ca, Mg, Na and K) were determined by the Acetate Extraction Method (Chapman, 1965), and micronutrients (Fe, Mn, Cu and Zn) by the DTPA Method (Lindsay and Norvell, 1978) (see details of the Method in Appendix C).

2.3. Design to identify and analyse feedbacks among social, human, physical, financial and natural capitals

To identify feedbacks among social, human, physical, financial and natural capital, semi-structured interviews were carried out with 26 people in the four participating ejidos (five in LV, 9 in MOR, six in SAM and six in SM), and documentary sources and government data bases were retrieved, analyzed and synthesized. The interviews were performed in the houses of the people. The use of an audio recorder only was authorized by four of them. When the use of an audio recorder was not allowed, notes were taken. The information obtained through the interviews and the consultation of documentary sources was synthesized

according to the categories of analysis (social, human, physical, financial and natural capital).

2.3.1. Social capital

Membership to any kind of groups, benefits of being part of those groups, participation in government programs and migration pattern in the family were the central themes addressed. This section of the interview was driven by the following general questions: What are the advantages of being part of the ejido? To what other groups/associations do you belong? What are the objectives of those groups? How did you learn about those groups? How long have you been part of them? When you have a problem, whom do you ask for help? Have any relatives migrated? To where? Do you get any support from the relatives who have migrated? In which government programs are you participating? How long have you participated? What benefits have you received from those programs?

Additional information about migration patterns in San Luis Potosí (SLP) state was retrieved in the Institute for the Attention of the SLP State Migrants (Instituto de Atención a Migrantes del Estado, INAMES) and documentary sources. Information about the number of beneficiaries by government program in each ejido was retrieved in the websites of the Ministry of Social Development (SEDESOL) and SAGARPA.

2.3.2. Human capital

Access to education and health services as well as future scenarios were the specific topics addressed. This section of the interview was driven by the following general questions: How many years did you attend school? Did your daughters/sons go to school? How many years did your daughters/sons attend school? Aside from school, have you had some other training? What health service do you have? Where do you go if you have a health emergency? If things continue in the same way, what is the future of the ejido? How do you imagine the future of your family? What kind of life do you wish/foresee for your children/grandchildren?

Human development indicators for the four ejidos participating were retrieved from the websites of the Ministry of Health and SEDESOL.

2.3.3. Physical capital

Properties, household utilities and farming equipment and facilities were the central topics addressed. This section of the interview was driven by the following general questions: How many properties do you have? What utilities do you have in your house? How long have you had those utilities? What farming equipment and facilities do you use/have/own?

Additional information about physical capital for the participating ejidos and Santo Domingo municipality was retrieved from the websites of SEDESOL and INAFED, respectively.

2.3.4. Financial capital

Source of income and agriculture and livestock production activities were the specific topics addressed. This section of the interview was driven by the following general questions: What are your sources of income? How do you distribute that income? What activities do you perform? Have you ever thought about doing something else? What? What products are for home consumption and which to sell? What marketing channels do you use for your products? How much money do you get for the sold products?

The following additional questions regarding environmental services (linked to agriculture and livestock production activities) were addressed: How are your animals fed? Do you have alternative feeding sources for the animals? How do you get water for the animals? What products do you get from the rangeland (agostadero)? Can you identify any change in the climate, the vegetation or the water in the ejido?

2.4. Biophysical and socio-economical data integration

To elaborate a synthetic conceptual model that allows identifying the feedbacks mechanisms between biophysical and socio-economic and cultural

components of the ejidos participating in this study, Drylands Development Paradigm (DDP) (Reynolds *et al.*, 2007b) was used. DDP consists of five principles: a) there is a strong interdependence between bio–physical and socio–economical variables and processes which change over time; b) slow variables determine system dynamics; c) crossing thresholds of critical slow variables causes changes in system structure and function; d) key variables and processes are linked across different temporal and spatial scales; e) functional co–adaptation in systems depends on the integration of local and scientific knowledge (Reynolds *et al.*, 2007b).

2.5. Statistical analysis for variables related to natural capital

We conducted this study in four ejidos but the ejido was not a main factor for comparison. Prior to analysis data were tested for normality using Skewness/Kurtosis, Shapiro–Wilk and Shapiro–Francia’s tests. Non-parametric tests Kruskal Wallis and Wilcoxon–Mann–Whitney were performed when normality was not achieved.

Comparisons of supporting and regulating ecosystems services variables between grazing system (continuous and rotational) as main factor were analyzed with one-way ANOVA. Supporting services variables considered were: percentage of grass in transect, percentage of shrubs in transect and log-transformed percentage of non-grass/shrub plants, number of patches/10 m, total patch area, patch area index, Landscape Organization Index, average interpatch length, percentage of bare soil in transect, log-transformed stability, water infiltration, nutrient cycling, log-transformed roots biomass in plots soil, grasses roots weight, bulk density, total N in soil associated with grasses roots, soil organic matter, soil P, soil total N, soil macronutrients (Ca, Mg, Na, K) and soil micronutrients (Fe, Mn, Cu, Zn). Regulating services variables considered were: soil organic C (SOC) in sampling plots and SOC associated with grasses roots (description of variables for comparison in Appendix D).

Comparisons of grasses roots weight, SOC and soil total nitrogen (N) associated with grasses roots between grazing system (continuous and rotational)

as main factor were analyzed with Wilcoxon–Mann–Whitney test. Comparisons of grasses roots weight, SOC and soil total nitrogen (N) associated with grasses roots among grasses species (*Aristida sp.*, *B. dactyloides*, *B. gracilis*, *C. dactylon*, *D. pulchella*, *D. cognata*, *E. desvauxii* and *S. brevifolius*) as main factor were analyzed with Kruskal Wallis test.

For each sampling plot a total of 10 composite soil samples (n=80) and 30 soil samples associated with the predominant grasses species (n=240) were collected. All statistical analyses were performed using Stata/IC 10.0 (StataCorp LP).

3. RESULTS

3.1. Natural capital

LV and SAM soil had a loam texture, while MOR and SM soils had sandy-loam and clay-loam textures, respectively. The percentages of clay, silt and sand by sampling plot are shown in Figure 3.7. The soil pH in all sampling plots was moderately alkaline (7.9 – 8.2) (USDA, 1998). Regarding supporting services, the transect surface covered by vegetation was not higher than 25% in any case and grass was the predominant cover (Figure 3.8). RG plots had a higher percentage of grass cover than CG plots ($P < 0.01$) (Figure 3.8) (Appendix E.5). Seven grass species were identified in CG plots and five in RG plots. There was no difference in the percentages of shrubs and non-grass/shrub plants in transect (Appendix E.5). Characteristics of duration, drought and fire tolerance, palatability and protein potential of the grasses species identified in the sampling plots are listed in the Appendix E.2.

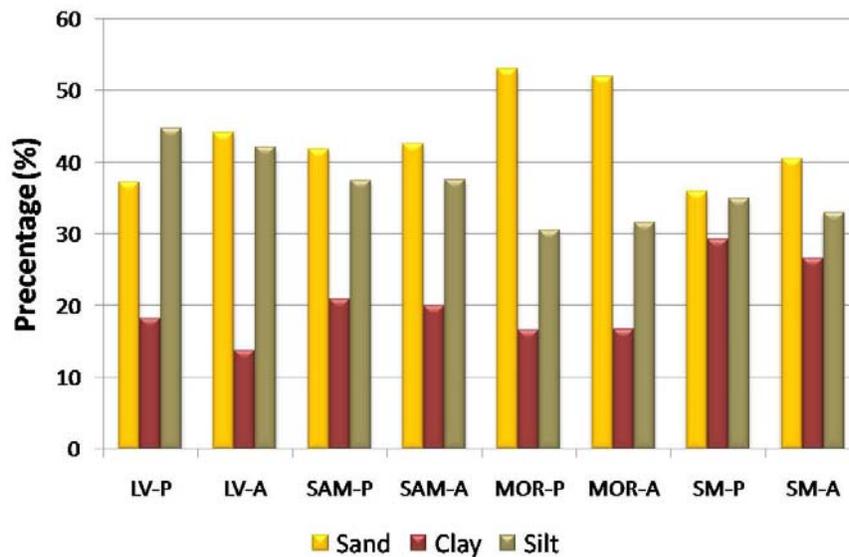


Figure 3.7. Percentage of sand, clay and silt by sampling plot.

RG plots had a lower percentage of bare soil ($P < 0.05$) and a higher Landscape Organization Index (length of patches/length of transect) ($P < 0.05$) (Figure 3.9) (Appendix E.5). Percentage of bare soil in transect ranged from 78% (LV-RG) and 97% (SM-CG). There was no difference in the bulk density, number of patches, total patch area, patch area index, average interpatch length, stability, water Infiltration and nutrient cycling (Appendices E.3 and E.5). No differences linked to grazing system were found in: grasses roots weight (Table 3.5), roots biomass, plot soil total N, SOM and soil P (Appendices E.4 and E.5). SOM content ranged from $80.74 \text{ ton ha}^{-1}$ (MOR-CG) to 104 ton ha^{-1} (SM-CG) and soil total N content ranged from 1.2 ton ha^{-1} (SAM-RG) to 2.9 ton ha^{-1} (MOR-CG). Content of P ranged from 5.7 kg ha^{-1} (SM-RG) to 13.3 kg ha^{-1} (LV-CG) (Appendix E.4). Soil macronutrients (Ca, Mg, Na, K) and soil micronutrients (Fe, Mn, Cu, Zn) were not different depending on grazing system (Figure 3.10) (Appendix E.5). Total N in soil associated with grasses roots had a difference depending on grazing system ($P < 0.001$). Table 3.5 shows grasses roots weight and content of total N and soil organic C (SOC) in the soil associated with those roots, grouped by sampling plot. Regardless the grazing system, total N was different depending on the grass

species ($P < 0.001$). *E. desvauxii* was the grass species with the highest total N content while *B. dactyloides* had the lowest content.

Regarding regulating services, no differences were found in SOC associated with grasses roots (Table 3.5) and SOC in sampling plots (Figure 3.11). SOC ranged from 13.7 ton ha⁻¹ (SAM-RG) to 75.5 ton ha⁻¹ (LV-CG) (Figure 3.11).

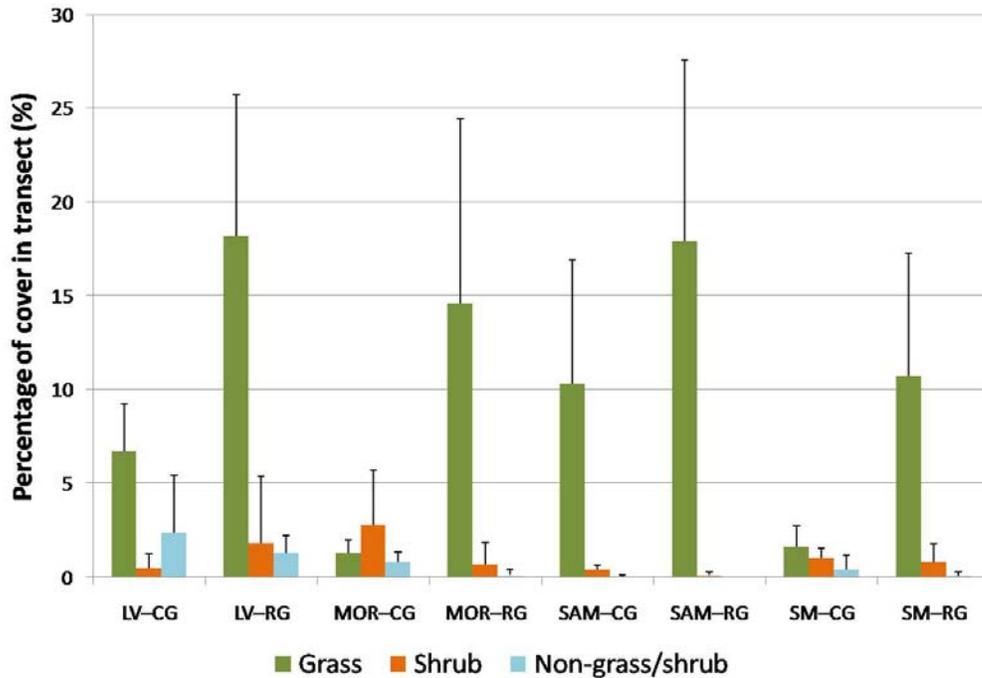


Figure 3.8. Percentages of grass, shrubs and non-grass/shrub plants in the sampling plot. Sum is not 100% due to percentages of other cover (bare soil and objects like stick and feces) are not included.

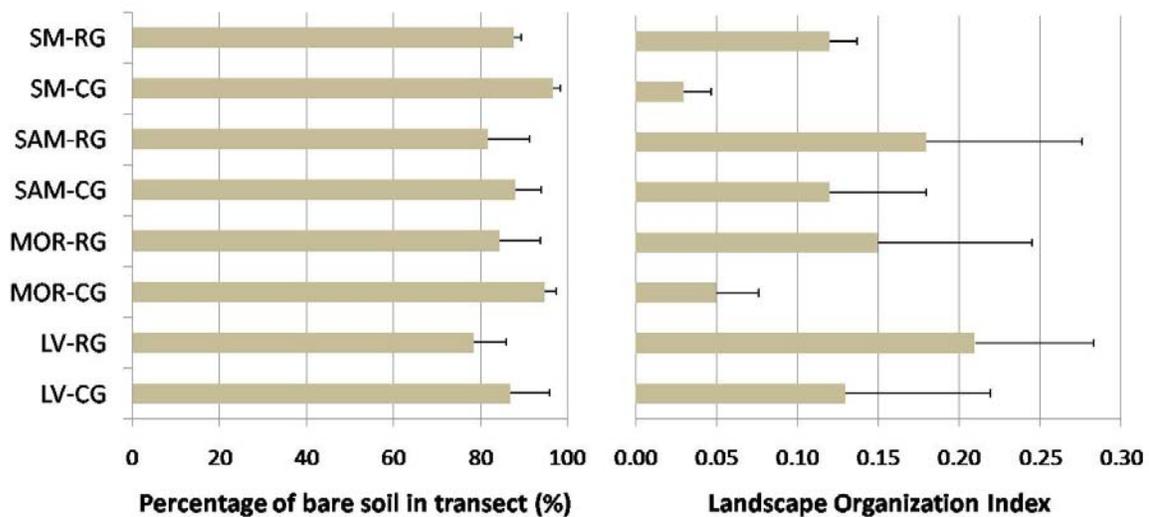


Figure 3.9. Percentage of bare soil in transect (left) and Landscape Organization Index (right) by sampling plot.

Table 3.5. Roots weight in the predominant grasses species and content of total N and organic C in the soil associated with those roots, by sampling plot.

Site-System	Grasses Species	Weight (mg)	N (%)	SOC (%)
LV-CG	<i>D. pulchella</i>	26.94 (± 1.13)	0.25 (± 0.02)	6.80 (± 0.80)
	<i>B. gracilis</i>	26.65 (± 1.38)	0.31 (± 0.03)	7.30 (± 0.54)
	<i>E. desvauxii</i>	26.26 (± 0.85)	0.30 (± 0.05)	7.33 (± 0.43)
LV-RG	<i>D. pulchella</i>	26.68 (± 1.31)	0.19 (± 0.02)	4.67 (± 0.19)
	<i>B. dactyloides</i>	26.25 (± 0.99)	0.19 (± 0.01)	3.38 (± 0.74)
	<i>B. gracilis</i>	26.22 (± 0.86)	0.20 (± 0.01)	5.04 (± 0.58)
MOR-CG	<i>D. pulchella</i>	27.14 (± 1.49)	0.17 (± 0.02)	2.81 (± 0.26)
	<i>B. gracilis</i>	26.42 (± 1.15)	0.23 (± 0.03)	3.76 (± 0.39)
	<i>D. cognata</i>	26.55 (± 0.97)	0.20 (± 0.03)	2.98 (± 0.61)
MOR-RG	<i>D. pulchella</i>	26.50 (± 1.16)	0.13 (± 0.00)	2.09 (± 0.21)
	<i>B. gracilis</i>	27.43 (± 1.29)	0.13 (± 0.00)	2.32 (± 0.17)
	<i>D. cognata</i>	27.58 (± 1.49)	0.15 (± 0.03)	2.25 (± 0.33)
SAM-CG	<i>C. dactylon</i>	27.16 (± 1.08)	0.14 (± 0.01)	2.12 (± 0.19)
	<i>B. dactyloides</i>	26.92 (± 1.22)	0.13 (± 0.00)	1.65 (± 0.30)
	<i>D. cognata</i>	27.04 (± 1.25)	0.13 (± 0.00)	1.91 (± 0.36)
SAM-RG	<i>B. gracilis</i>	27.52 (± 1.61)	0.12 (± 0.01)	1.35 (± 0.19)
	<i>B. dactyloides</i>	27.23 (± 1.41)	0.10 (± 0.01)	1.11 (± 0.20)
	<i>D. cognata</i>	27.00 (± 1.38)	0.13 (± 0.00)	1.48 (± 0.10)
SM-CG	<i>S. brevifolius</i>	27.30 (± 1.23)	0.14 (± 0.02)	1.72 (± 0.25)
	<i>B. dactyloides</i>	26.83 (± 1.34)	0.10 (± 0.01)	1.23 (± 0.18)

Site-System	Grasses Species	Weight (mg)	N (%)	SOC (%)
	<i>D. cognata</i>	26.80 (± 0.80)	0.15 (± 0.05)	1.94 (± 0.64)
	<i>Aristida sp.</i>	27.03 (± 1.41)	0.15 (± 0.01)	1.62 (± 0.24)
SM-RG	<i>B. dactyloides</i>	27.16 (± 1.65)	0.17 (± 0.02)	1.82 (± 0.35)
	<i>D. cognata</i>	27.27 (± 1.27)	0.15 (± 0.03)	1.85 (± 0.39)

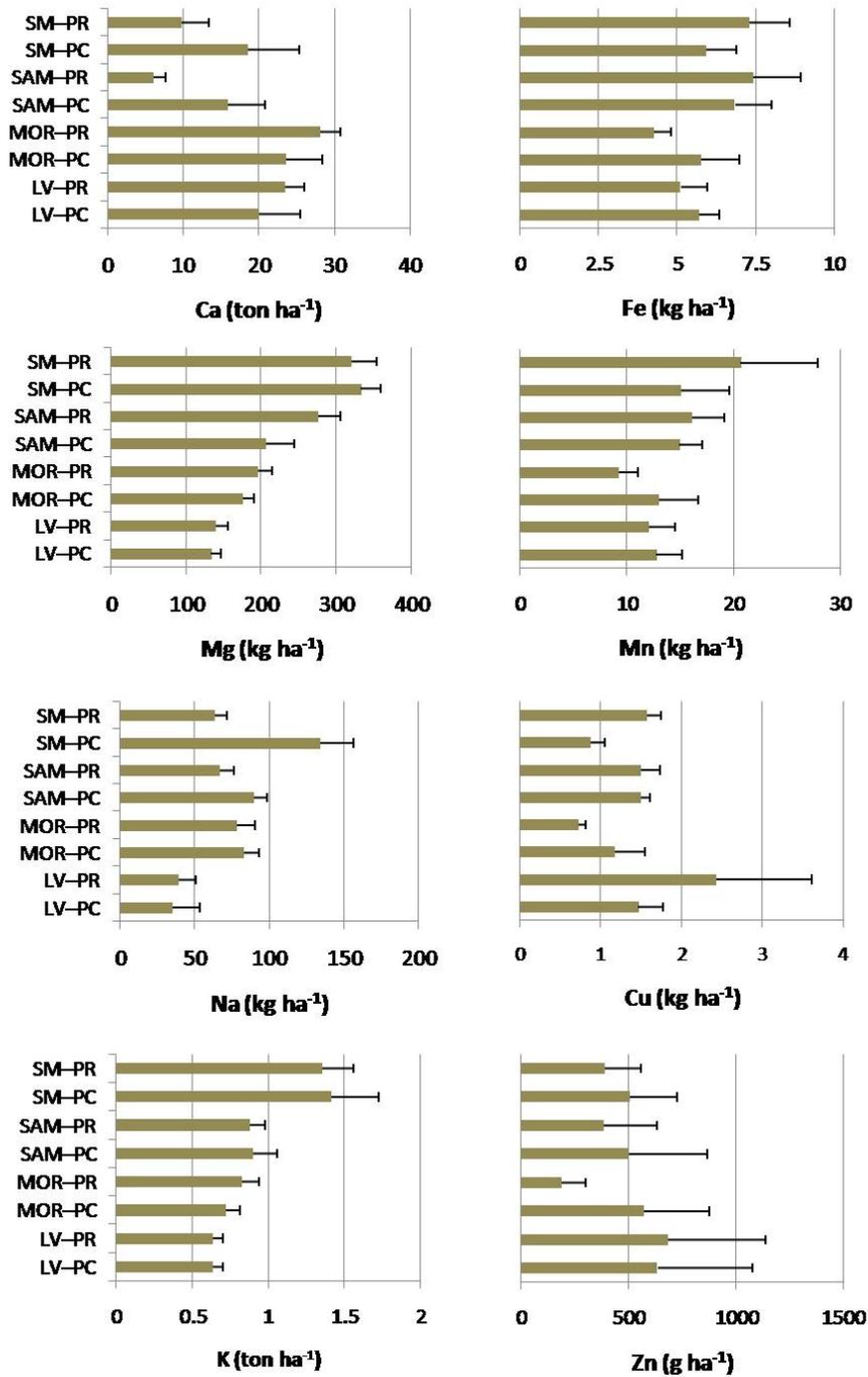


Figure 3.10. Content of macronutrients (left) and micronutrients (right) by sampling plot.

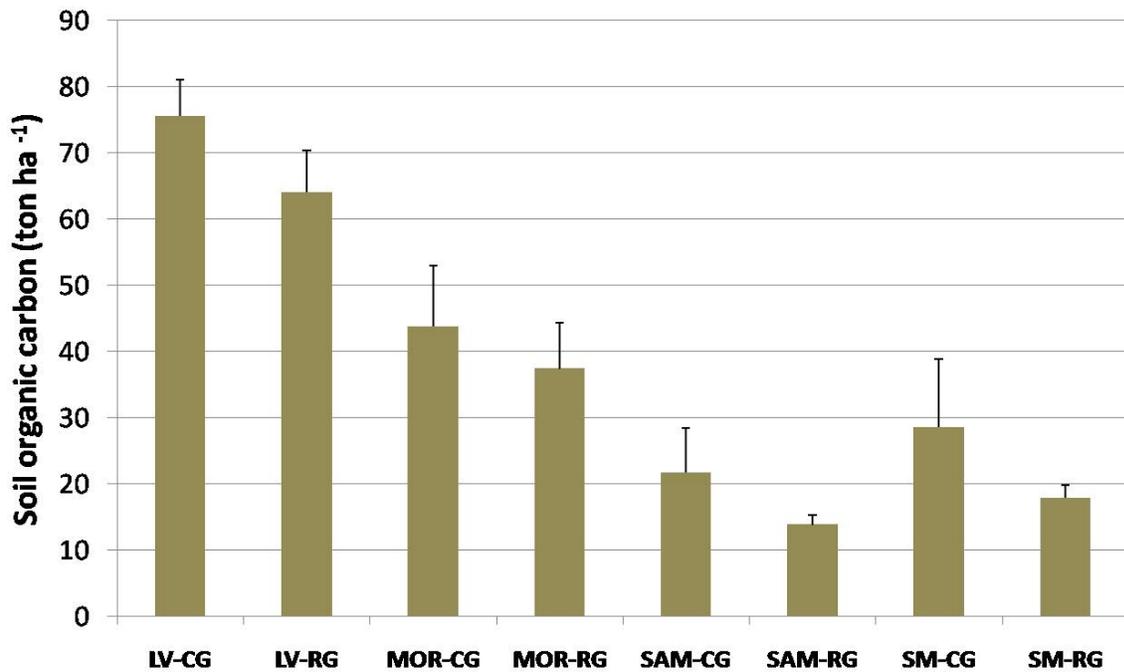


Figure 3.11. Soil organic carbon (SOC) (ton ha⁻¹) by sampling plot.

3.2. Social capital

Besides the ejidal organization itself, there were identified four mechanisms related to social capital:

a) Migration networks. They provide the means to migrate to USA and find a job, commonly in a restaurant. Especially when the migrants are known young people, the payment to *coyotes* is done by the owner of the restaurant and paid back by the migrant through his/her work during the first months. Food and shelter are usually provided by the owner. Migration to the United States of America (USA) dates back to at least the 1970s (Boehm, 2008), however it is likely that people migrated since the beginning of the twentieth century and then between 1942 and 1964 encouraged by the Bracero Program (Alanís, 2008). The Bracero Program was a bi-national program between México and USA that promoted legal and temporary jobs for men in the agricultural sector (Durand, 2007). Starting in the 90's, the economic liberalization triggered the loss of many jobs in México and

pushed thousands of people to look for opportunities in USA (Canales, 2002). Currently, besides the economical motivation to migrate to the USA, illegal migration is seen as a rite of passage (or an event which is indicative of a transition from one personal or cultural stage to another), a token of courage and manliness, especially for young men (Boehm, 2008). According to the INAMES, about 20% of San Luis Potosí population is living out of the country (Juan Manuel Martín del Campo Esparza, director of INAMES, *personal communication*, June 2010).

b) *Compadrazgo*. This relationship, created by the catholic baptism through the appointment of godmothers/fathers, is a very important support mechanism during any kind of family crisis or celebration (e.g.: the Quinceañera parties).

c) Networks associated with the Farmer National Confederation (Confederación Nacional Campesina, CNC). This organization, linked to the Institutional Revolutionary Party (Partido Revolucionario Institucional, PRI), facilitates access to government programs for its members.

d) *Ad hoc* groups. These are groups specifically organized to access particular government programs.

3.3. Human capital

Primary and secondary education institutions are present in the participating ejidos. To attend high school, students have to travel to the town of Santo Domingo. The long distance between the town and the ejidos (52 km from LV; 12 km from SAM; 10 km from SM and 8 km from MOR) as well as the price of the transportation are important obstacles to attend high school. Education is identified as an important resource that implies an improvement in the quality of life for the new generations. However, the expenses associated with it, especially in high school and university, discourage families from pursuing it. Specific training is obtained by participating in government programs.

Emergency health services do not exist. In those cases, people have to travel to the municipalities of Charcas, Salinas or San Luis Potosí. Depending on the circumstances, some people prefer to pay for private service in those

municipalities rather than using the Popular Health Insurance provided by the government.

Migration to USA represents access to health services and education institutions for the third generation of local people (ejidatarios' granddaughters and grandsons who are born in USA).

Social Development Secretary (SEDESOL), National Population Council (CONAPO) and National Council of Evaluation for the Social Development Policy (CONEVAL) have designed indicators related to human and physical capitals. Based on those indicators, the ejidos participating in this study have medium to high exclusion level (Table 3.6).

Table 3.6. Indicators related to human capital (education and health) in the participating ejidos (SEDESOL, 2010).

INDICADOR (%)	LV	MOR	SAM	SM
Illiterate population aged ≥ 15 years	22.7	9.2	10.7	17.5
Population 6 to 14 who do not attend school	1.6	0	5.5	7.4
Population ≥ 15 years with incomplete basic education	69.9	59	75.5	82.8
Population without health insurance	84.1	53.1	66.6	80.7
Exclusion level	High	High	High	Medium

Mexican government has launched different programs to combat the exclusion in rural and urban communities. Table 3.7 shows the number of people included in the programs launched in the participating ejidos.

Table 3.7. People participating in 2010 in government programs Popular Health Insurance, Program of Human Development “Opportunities”, “70 and more” and Program of Attention to Priority Zones, by ejido (Secretaría de Salud, 2012; SEDESOL, 2012b).

Ejido	Popular Health Insurance (number of families)	Program of Human Development, Opportunities	70 and more	Program of Attention to Priority Zones
LV	91	260	45	0
MOR	44	42	7	0
SAM	140	328	41	0
SM	244	346	71	41

3.4. Financial capital

The main sources of financial capital identified in the participating ejidos are:

a) Remittances. Money sent by migrants in USA is a significant income for many people. “We are poor now, but before [the migration to USA] we were really bad.”

b) Income from selling bean and livestock products. These products are usually sold to middlemen coming from the capital of the state and municipalities of Salinas and Charcas, and other states as Zacatecas and Aguascalientes. Figure 3.10 shows the prices during the period 1979-2010 of the main products sold in the Altiplano potosino.

c) Government subsidies through PROGAN, PROCAMPO, Opportunities and PROARBOL programs. Even though these subsidies are allocated to perform specific activities within the programs, in some cases are used to satisfy family needs or interests. Table 3.8 shows the people participating in the government programs to support livestock production and agriculture. Besides PROGAN and PROCAMPO, a group of ejidatarios in MOR had access to the reforestation/revegetation program, Proarbol, during 2010 (Proarbol coordinator in MOR, *personal communication*, November 2010). Table 3.9 shows number of animals supported by PROGAN in each ejido participating in this Study since the program was launched. Morelos is the only ejido that has participated in PROGAN since it started.

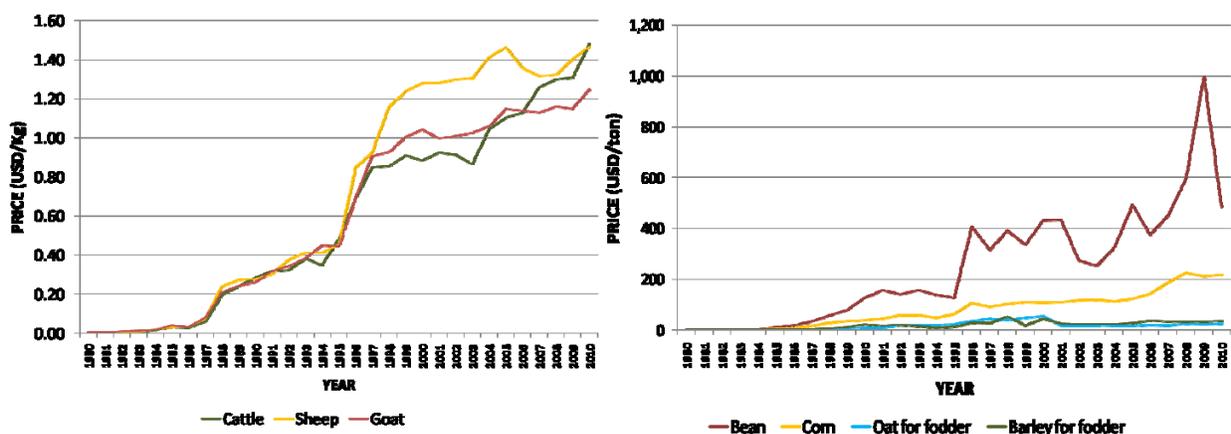


Figure 3.12. Price of cattle, sheep and goat (USD/kg) (left), and price of bean, corn, oat for fodder and barley for fodder (USD/ton) (right) in San Luis Potosi state, during the period 1979-2010 (Livestock and Agriculture Information System, SIAP, 2011).

Table 3.8. Number of ejidatarios participating in PROGAN and PROCAMPO in 2010, by ejido (SAGARPA, 2010b, COTECOCA, 2011).

Ejido	PROGAN	PROCAMPO
LV	32	157
MOR	23	25
SAM	24	111
SM	20	161

Table 3.9. Livestock supported by PROGAN in the participating ejidos, 2003-2010 (COTECOCA, 2011).

Ejido	2003-2006 Only cattle	2008			2009			2010		
		Cattle	Goat	Sheep	Cattle	Goat	Sheep	Cattle	Goat	Sheep
LV					745	1,425	595	745	1,425	595
MOR	176	254	74	137	254	74	137	254	74	137
SAM	–	663	160	218	479	160	218	663	160	148
SM	–	303	–	–	303	–	–	303	–	–

3.5. Physical capital

There are asphalted roads from Santo Domingo municipality to the ejidos of MOR and SM. That is not the case for LV and SAM. Improvements in household infrastructure and acquisition of pick-up (trucks) and farming equipment are common ways to invest remittances. In some cases, PROGAN subsidy is used by the ejidatarios to build ponds for livestock. Table 3.10 shows indicators related to physical capital in the participating ejidos. LV households accessed electricity the first time in 2005. MOR is the only ejido (among those that participated in this study) with access to water from public network. According to people interviewed in MOR the closeness to Santo Domingo municipality was an important factor to get this utility as well as electricity.

Santo Domingo municipality is one of the nine municipalities in San Luis Potosí with the largest area granted by the government for mining (Servicio Geológico Mexicano, 2011). In 2010 there were at least five firms present in Santo Domingo municipality (Huajicori, Halcón de México, Agua Tierra, Azteca and Piero Sutti) working on projects associated with the exploration and exploitation of onyx, marble, salt, gold, silver, lithium, potassium, calcium, magnesium and boron oxide powder (Servicio Geológico Mexicano, 2011). Nonetheless, except people in MOR, none of the interviewed people linked the presence of those or any other mining firm in the past with the development of useful infrastructure for the ejidos. According to some people interviewed in MOR, a short section of the road that communicates this ejido with Santo Domingo municipality has been repaired with waste material from a close mine.

Table 3.10. Indicators related to physical capital (household characteristics and utilities) in the participating ejidos (SEDESOL, 2010).

INDICADOR (%)	LV	MOR	SAM	SM
Houses with earthen floor	30.3	26.0	21.1	16.0
Houses without indoor toilets	3.0	17.3	31.7	15.4
Houses without running water from public network	94.4	0	88.2	4.7
Houses without drainage	1.5	4.3	36.4	7.7
Houses without electricity	4.5	8.7	10.5	9.5

3.6. Biophysical and socio-economical data integration

This section synthesizes the interaction between climatic, socio-economical, cultural and biophysical variables using the Drylands Development Paradigm (DDP) (Reynolds et al., 2007b) as an analytical framework. External drivers identified were: climatic variables, lack of job and education opportunities (especially for young people), subsidies from government programs, land tenure and migration routes. Socio-economical drivers have an impact in the decision making process of the ejidatarios and their families about the kind of livestock production and agricultural activities to perform (Figure 3.11). Also, those drivers push the new generations to look for alternatives to life in the ejido. Illegal migration to USA becomes a valuable option despite of the risks that it implies.

Government subsidies as well as the remittances from people who migrated are important financial inputs not only to address the daily needs of food but to purchase animals, farm equipment and land, if available. Therefore, these financial factors act as rapid variables since they allow the ejidatarios to acquire some goods that, in turn, can modify biophysical variables. Biotic and physical-chemical features of the soil are slow variables affected by climate and grazing system. In some way, migration to USA also is a slow variable due to the historical and socio-cultural processes that explain this bi-national phenomenon. It is hard to identify a threshold in this socio-ecological system (SES). Nonetheless, it is clear that for some members of the younger generation life as ejidatarios looks like the least

attractive option to follow. Abandoned land is a result of this situation. Even when local environmental knowledge is still alive in the study area, migration is a serious threat to it.

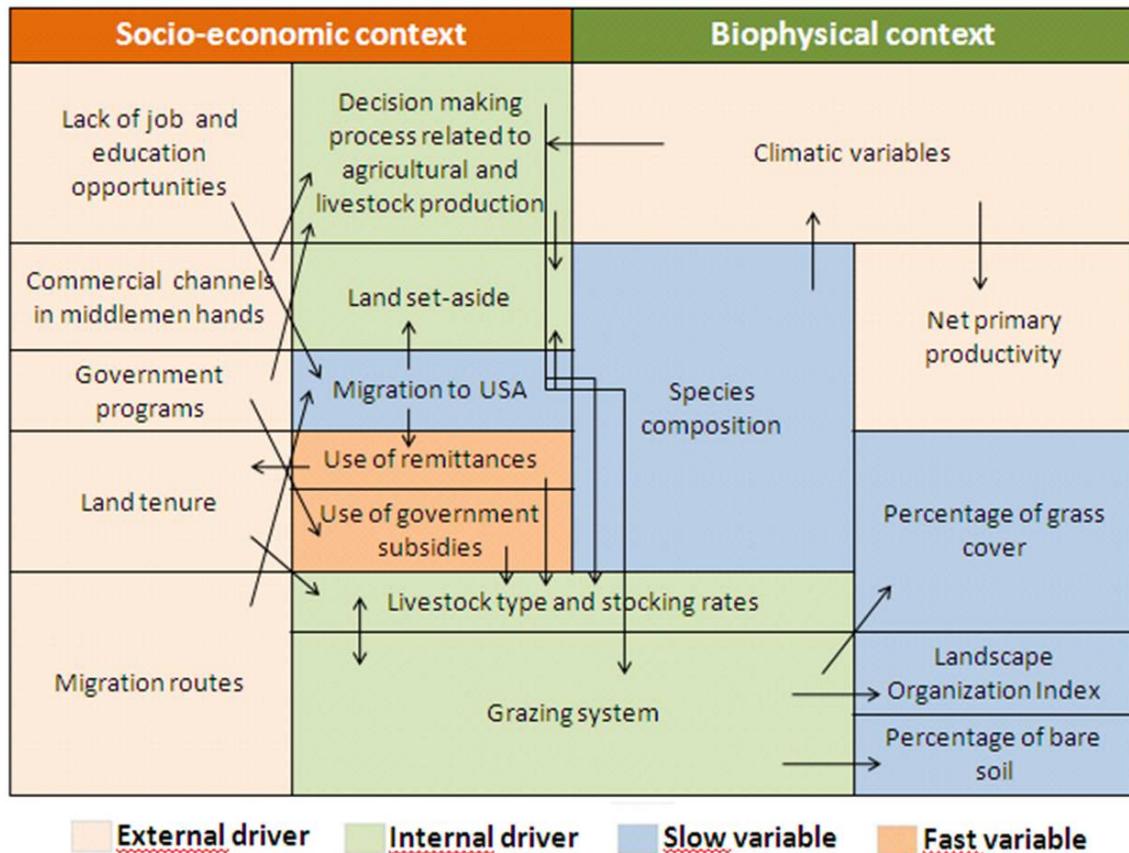


Figure 3.13. Conceptual model on the interaction between socio-economic and biophysical variables in the study area.

4. DISCUSSION

We hypothesized that the social organization and land tenure regimen in Santo Domingo's ejidos were expressed in the biotic and physico-chemical characteristics of the soil due to their link with the capacity of launching a particular grazing system. Derived from this hypothesis, we pointed out that plots under rotational grazing (RG) management would have a better health condition than plots under continuous grazing (CG), expressed in their pool of environmental

services. We found that in La Victoria (LV) the social organization was the factor that made possible to define an area within the communal land to control grazing. In Morelos (MOR), San Antonio del Mezquite (SAM) and Santa Matilde (SM) was the fact to own the land what allowed launching a rotational grazing (RG) system.

Regarding our second hypothesis, we found that plots under RG system had a higher percentage of grass cover (Figure 3.8), a lower percentage of bare soil and a higher Landscape Organization Index (LOI) (Figure 3.9). A higher LOI means longer patches which, in turn, represent a better capacity to keep the resources. Less intense grazing has been associated to higher grasses cover in Mongolian grassland (Barger *et al.*, 2004) and smaller areas of bare soil in plots in Rolling Plains ecoregion of north-central Texas (Teague *et al.*, 2010). The main implication of these results is the role of management on plant cover, in general, and especially in grass cover. Although plots under CG showed a higher grass species diversity (7 species) (Table 3.5), RS plots had a higher abundance of grasses with better drought and fire tolerance, palatability and protein potential (Appendix E-2). In terms of natural capital and environmental services, the forage provision associated to RS is not only higher but better. There was no difference in grazing systems with respect to stability, water infiltration and nutrient cycling.

Respect to regulating and supporting services, contrary to the expectation derived from previous studies (Manzano and Navart, 2000; Gebremeskel and Pieterse, 2007; du Toit *et al.*, 2009) there were no significant differences between RG and CG with respect to chemical or physical features of the soil (Appendix E.3 and Figure 3.10). However, there was a higher content of soil C, N and P in the CG plots than in the RG, which is consistent with the contribution of these elements through the excreta input (Stump *et al.*, 2005). The lack of differences between grazing systems respect to soil bulk density (Aksakal *et al.*, 2011; Hiernaux *et al.*, 1999), soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (N) (Berg *et al.*, 1999; Raiesi and Asadi, 2006) and soluble ions (Li *et al.*, 2008) was identified before.

Ejido La Victoria (LV), which is the zone with highest precipitation (Table 3.2), showed a high SOC content (Figure 3.11). This situation could be an example of a threshold where, above 440 mm, an increase in precipitation leads to an

increase in SOC. This threshold was identified in native rangelands of the North American Great Plain (Derner and Schuman, 2007). LV is also the ejido with the lowest temperature (Table 3.2). Even though in global modeled data SOC is not very sensitive to changes in temperature (Ise and Moorcroft, 2006), as a general trend is expected that an increase in temperature will reduce soil carbon content by increasing heterotrophic respiration (Chapin, 2002).

The general contrast between the physical-chemical characteristics of the soil in LV sampling plots (both RG and CG) and the soil features of the sampling plots in the other ejidos might be related to the different physiographic sub-provinces which they belong to. LV is in *Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande*, where fluvisols are present, while MOR, SAM and SM are in *Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas*, where xerosol is the predominant soil class (INEGI, 2002). Fluvisols are soils in early stage of formation whose parent material is recent alluvium (INEGI, 2002), which gives them a high productivity (Brady and Weil, 2002). On the contrary, the parent material of xerosol is limestone rock, and it has a low content of organic matter (INEGI, 2002). Jointly, the loamy texture in LV soil and the higher precipitation and lower temperature in that zone contribute to a better soil development process (Brady and Weil, 2002).

With respect to carbon storage, the SOC in all the sampling sites is about 3 to 17 times higher than the estimated for dryland environments (Batjes, 1999). This is an opportunity to consider, for instance, the participation of ejidos of Santo Domingo in payment for environmental services programs. In that case, any improvement in grazing management would mean an increase in carbon storage (FAO, 2004).

In the Study Zone, however, changes in grazing management system to promote rotational instead of continuous grazing require either developing special agreements among ejidatarios about the way to use the communal land, or making the needed arrangements to own a piece of land and set their own rules. The *pasta* in LV (the rotational grazing system in communal land) is a remarkable example of the capacity of ejidatarios to set aside their differences and get agreements to protect natural resources and, through this, promote resilience in the ejido. In LV,

the organization of the ejidatarios to design and maintain the pasta was not induced by the government but by their own concern and interest in finding a way to guarantee food sources for their animals. Successful experiences of stewardship in the Mexican ejidos have been described, especially in forestry resources (Klooster, 2000; Barton–Bray *et al.*, 2003; Toledo *et al.*, 2003; Antinori and Raussen, 2007). Ejidos are considered a very important element of social capital due to their role in supporting rural communities' organization (Barton–Bray *et al.*, 2003). The pasta in LV might not be the only example of stewardship in semiarid zone of México. Nonetheless, it has been pointed out that developing local stewardship mechanisms in rangelands is a challenge (Manzano *et al.*, 2000).

Social capital in the ejidos participating in this study was a key factor to have access to PROGAN and PROARBOL and make decisions about the way to distribute and use the monetary subsidies. In the four ejidos considered in this research, ejidatarios organized themselves in groups and appointed a coordinator to do the paperwork and access the subsidies. In some cases, that paperwork implied using both computers and an internet connection, which are not available in the ejidos and for which the ejidatarios did not have previous training to use. In each ejido those groups (so called *proganeros*) have made decisions about, for instance, renting farming machinery to build small ponds or acquiring a scale to weigh the animals in order to guarantee a fairer negotiation with the middlemen who buy their livestock. Some activities performed with the subsidies by the ejidatarios enrolled in PROGAN are not part of the commitments listed in the guidebook provided by SAGARPA. Nevertheless, it is clear that those activities contribute in different levels to strengthen social, human and financial capitals. In the LV, as well as in the private pastas in MOR, SAM and SM, ejidatarios' decisions also impact natural capital by reducing the area of bare soil and protecting grass cover. Both of these outcomes promote provisioning, supporting and regulating services. Government agencies could take advantage of this kind of experience to nurture new stewardship mechanisms. The obstacle to overcome, however, is the focus on near-term objectives rather than on long-range goals. In some cases, participation in government programs represents a short term income

or learning process that does not encourage structural changes that could make a difference in the level of exclusion of the rural communities.

Families in the study area face a lack of education and job opportunities for young people. In this context, migration to other Mexican regions but especially to USA is a valid option for many people, particularly men. Migration has multiple outcomes regarding social, human, financial and physical capitals. Remittances can improve the standard of living of the farmers but in some cases do not imply community development in the long term (Taylor *et al.*, 2006). For some families, the improvement derived from remittances means the acquisition of farming machinery, trucks, pumps systems to have access to underground water and livestock. These new goods, in turn, have an impact in the way natural capital is managed.

Migration is also a means by which the ejidatarios' granddaughters and grandsons (who are born in USA) become USA citizens and have access to health services and education. This pattern was found in all four participating ejidos and it is a general trend in the region (Boehm, 2008). This opportunity to increase human capital for the youngest generation, whose members do not live in the ejido, is at the same time a threat to the local environmental knowledge due to the absence of new repositories for it. Migration networks are a key factor of social capital (Aguilera and Massey, 2003). Migration implies less labour for agricultural activities (SAGARPA-AFPC-FAPRI, 2009), but increased monetary resources to purchase livestock and land (Taylor *et al.*, 2006). This dynamic (less labour and more livestock), which is linked to migration, leads to land use changes. In Central México, migration has been associated with the abandonment of agricultural land which, in turn, leads to vegetation succession and the increase of scrubland (Lopez *et al.*, 2006).

Considering the overall results of this Study, the promotion of socio-ecological sustainability in the participating ejidos requires fostering social capital to generate agreements among the ejidatarios to improve the health of the communal land. On the other hand, it is important to encourage structural changes that open opportunities for the new generations. The migration pattern, with its

feedback mechanisms on social, human, physical, financial and natural capitals, will be perpetuated if such opportunities are not found in the local context.

5. CONCLUSIONS

As Drylands Development Paradigm points out, this study looked for the relation between socio-economical and biophysical factors to explain the state of different capitals in four ejidos of the Altiplano Potosino, a semiarid region in Central México. The dynamic interdependence between environmental and socio-economical and cultural factors is clear in the study area. The drivers of the socio-ecological system are climatic variables and socio-economical elements, such as land tenure, lack of job and education opportunities, government programs and migration routes. The financial capital, mostly coming from remittances and government subsidies, is a rapid variable acting in the short term. However, the choices made about how to invest that income, like purchasing livestock or land, have implications in slow variables such as species composition and social development. The capacity of ejidatarios to organize themselves to control access to communal resources is a particularly important finding due to its positive impact on natural capital, expressed as environmental goods and services.

The complex mechanisms of feedback between socio-ecological and biophysical variables cannot be ignored by policy makers. More studies that take into account the dynamic of environmental variables and the socio-cultural and economic drivers, like migration, should be undertaken to serve as input for government interventions. The use of information derived from this kind of research could make a difference in the promotion of socio-ecological sustainability in the rural communities of México.

REFERENCES

- Aguilera, M., Massey, D. (2003) Social Capital and the Wages of Mexican Migrants: New Hypotheses and Tests. *Social Forces*, 82(2):671-701
- Alanís F (2008) *¡Yo soy de San Luis Potosí! Con un pie en Estados Unidos*. México: El Colegio de San Luis–Miguel Ángel Porrúa–Secretaría de Gobernación–Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología. 218 pp.
- Aksakal, EL., Oztas, T., Ozgul, M. (2011). Time-dependent changes in distribution patterns of soil bulk density and penetration resistance in a rangeland under overgrazing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35(2): 195-204.

- Antinori, C., Rausser, G. (2007) Collective Choice and Community Forestry Management in México: An Empirical Analysis. *Journal of Development Studies*, 43(3), 512–536.
- Asner, GP, Elmore, AJ, Olander, LP, Martin, RE, Harris, AT (2004) Grazing Systems, Ecosystem Responses, and Global Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 29:261–99
- Ayarza M, Huber–Sannwald E, Herrick JE, Reynolds JM, García–Barrios L, Welchez LA, Lentés P, Pavón J, Morales J, Alvarado A, Pinedo M, Baquera N, Zelaya S, Pineda R, Amézquita E, Trejo M (2010) Changing human–ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1–9.
- Barger, NN., Ojima, DS., Belnap, J. Wang, SP., Wang, YF., Chen, Z Z. (2004) Changes in plant functional groups, litter quality, and soil carbon and nitrogen mineralization with sheep grazing in an Inner Mongolian Grassland. *Journal of Range Management* 57(6): 613-619.
- Barton-Bray, D., Merino-Pérez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, G., Torres-Rojo, JM., Vester, HFM (2003) México's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology*, 17(3), 672–677.
- Bates RG. (1973) Determination of pH, Wiley, New York.
- Batjes, NH. (1999) Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Wageningen, the Netherlands, International Soil Reference and Information Centre.
- Behnke, RH. (2000) Equilibrium and non-equilibrium models of livestock population dynamics in pastoral Africa: their relevance to Arctic grazing systems. *Rangifer*, 20 (2-3): 141-152
- Berg, WA., Bradford, JA., Sims, PL. (1997). Long-term soil nitrogen and vegetation change on sandhill rangeland. *Journal of Range Management* 50(5): 482-486.
- Berkes F, Feeny D, McCay BJ, Acheson JM (1989) The benefits of the commons. *Nature*. 340:91–93.
- Bisigato, A., Bertiller B. (1997) Grazing effects on patchy dryland vegetation in northern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 36: 639–653.
- Bisigato, AJ., Laphitz, ML., Carrera, AL. (2008). Non-linear relationships between grazing pressure and conservation of soil resources in Patagonian Monte shrublands. *Journal of Arid Environments* 72(8): 1464-1475.
- Bestelmeyer, B.T. (2006) Threshold Concepts and Their Use in Rangeland Management and Restoration: The Good, the Bad, and the Insidious. *Restoration Ecology* Vol. 14, No. 3, pp. 325–329. 2006
- Boehm, DA. (2008) 'For my children': Constructing Family and Navigating the State in the U.S.-México Transnation. *Anthropological Quarterly*, 81(4), 765-790.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis. *J. Agron.*, 53: 464-465.
- Brady, NC., Weil, RR. (2002) *The Nature and Properties of Soils* 13th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Briske, DD., Fuhlendorf, SD., Smeins, FE. (2003) Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *Journal of Applied Ecology* 40:601-614.
- Briske, DD., Derner, JD., Brown, JR., Fuhlendorf, SD., Teague, WR., Havstad, KM., Gillen, RL., Ash, AJ., Willms, WD. (2008) Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecology & Management*, 61(1) 3-17.
- Canales, A. (2002) Migración y trabajo en la era de la globalización: el caso de la migración México-Estados Unidos en la década de 1990. *Papeles de Población*, 33, 48-81.
- Carpenter SR, Folke C, Scheffer M, Westley FR (2009) Resilience: accounting for the noncomputable. *Ecology and Society* 14 (1) 13.
- Chapin, F.S., III, P.A. Matson, and H.A. Mooney (2002) *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer-Verlag, New York ISBN 0-387-95439-2.
- Chapman, H.D. (1965) Cation-exchange capacity. In: C.A. Black (ed.). *Methods of soil analysis - Chemical and microbiological properties*. *Agronomy* 9:891-901.
- CONAGUA (2011) Bases de datos climatológicos. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. México, D. F.
- CONAPO (2011) Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. México, D.F. Available in http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/marginacion2011/CapitulosPDF/1_4.pdf.

- Constanza, R. (1996) Ecological economics: Reintegrating the study of humans and nature. *Ecological Applications* 6(4), 978-990.
- COTECOCA (2011) Bases de datos PROGAN, 2003-2010.
- De Vries, M., Parkinson, AE., Dulphy, JP., Sayer, M., Diana, E. (2007) Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 4. Effects on animal diversity. *Grass and Forage Science*, 62, 185–197.
- Derner, JD., Schuman, GE. (2007). Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. *Journal of Soil and Water Conservation* 62(2): 77-85.
- Desmond, M., Montoya, JA., (2006) Status and distribution of Chihuahuan Desert Grasslands in the United States and México (Evaluación del estado y distribución de los pastizales del Desierto Chihuahuense en los Estados Unidos y México). In: Basurto, Xavier; Hadley, Diana, eds. 2006. Grasslands ecosystems, endangered species, and sustainable ranching in the México-U.S. borderlands: Conference proceedings. RMRS-P-40. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 17-25.
- Dietz, T., Ostrom, E., Stern, PC. (2003) The Struggle to Govern the Commons. *Science*, 302(5652), 1907-1912.
- Dirección General Del Archivo Histórico Y Memoria Legislativa (2003). La Tenencia de la Tierra En México. Boletín Informativo del Senado de la República. Año III No. 24 Marzo Abril 2003.
- du Toit, GV., Snyman, HA., Malan, PJ. (2009). Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub/grass rangeland of South Africa. *Journal of Arid Environments* 73(9): 804-810.
- Durand, Jorge (2007) El programa Bracero (1942-1964). Un Balance crítico. Migración y desarrollo, 009, 27-43.
- Elliot, ET., Heil, JW., Kelly, EF., Monger, HC. (1999), Soil structural and other physical properties, in Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research, edited by G. P. Robertson et al., pp. 74 – 85, Oxford Univ. Press, New York.
- El Express. Edición del 02/01/2012. <http://www.expres.com.mx/noticias/>
- El Pulso de San Luis. Edición del 27/7/2011.
- FAO 2004. Carbon Sequestration in Dryland Soils, World Soils Resources Reports 102. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.
- Folke C (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16, 253–267.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, CS., Walker, B. (2002) Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio*, 31(5), 437–440.
- García, E., CONABIO (1998) 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. Available in http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html_xsl&_indent=no
- Gebreemeskel, K. Pieterse, PJ. (2007). Impact of grazing around a watering point on soil status of a semi-arid rangeland in Ethiopia. *African Journal of Ecology* 45(1): 72-79.
- Geist, HJ., Lambin, EF. (2004) Dynamic causal patterns of desertification. *Bioscience*, 54:817–829.
- Hardin, G. (1968) The tragedy of the commons. *Science*, 162, 1243-1248.
- Hayward, B., Heske, EJ., Painter, CW. (1997). Effects of livestock grazing on small mammals at a desert cienega. *Journal of Wildlife Management* 61(1): 123-129
- Herrera-Arrieta, Y., Pámanes-García, D (2010) Guía de pastos de Zacatecas. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. 178 p.
- Herrick, JE., Van Zee, JW., Havstad, KM., Whitford, WG. (2009) Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. USDA-ARS Jornada Experimental Range, Las Cruces, New México. University of Arizona Press, Tucson.
- Herrick JE., Lessard VC., Spaeth KE., Shaver PL., Dayton RS., Pyke DA., Jolley L., Goebel JJ. (2010) National ecosystem assessments supported by scientific and local knowledge. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(8), 403–408.

- Hiernaux, P., Biolders, CL., Valentin, C., Bationo, A., Fernandez-Rivera, S. (1999) Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. *Journal of Arid Environments* 41(3): 231-245.
- Holling C (2001) Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4, 390–405.
- Huber–Sannwald E, Maestre F, Herrick J, Reynolds J (2006) Ecohydrological feedbacks and linkages associated with land degradation: a case study from México. *Hydrological Processes* 20, 3395–3411.
- INAFED (2005). Santo Domingo, San Luis Potosí. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Retrieved in: <http://www.e-local.gob.mx>, December 12, 2012.
- INEGI (2002) Síntesis de Información Geográfica del Estado de San Luis Potosí. Aguascalientes, México.
- INEGI (2005a) Uso de suelo y vegetación. Retrieved Sep. 1/2011, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/Méxicocifras/MéxicoCifras.aspx?e=0&m=0&sec=M&ind=1001000006&ent=0&enn=Estados%20Unidos%20Mexicanos&ani=2005&src=0>.
- INEGI (2009a) Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, IX Censo Ejidal. Aguascalientes, Ags.
- INEGI (2009b) Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.
- INEGI (2009c) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santo Domingo, San Luis Potosí. Clave geoestadística 24033.
- Ise, T., Moorcroft, PR. (2006). The global-scale temperature and moisture dependencies of soil organic carbon decomposition: an analysis using a mechanistic decomposition model. *Biogeochemistry* 80(3): 217-231.
- Jacobo, EJ., Rodriguez, AM., Bartoloni, N., Deregibus, VA. (2006). Rotational grazing effects on rangeland vegetation at a farm scale. *Rangeland Ecology & Management* 59(3): 249-257.
- Kenward, RE., Whittingham, MJ., Arampatzis, S., Manos, BD., Hahn, T., Terry, A., Simoncini, R., Alcorn, J., Bastian, O., Donlan, M., Elowe, K., Franzén, F., Karacsonyi, Z., Larsson, M., Manou, D., Navodaru, I., Papadopoulou, O., Papatthanasiou, J., von Raggamby, A., Sharp, RJA., Söderqvist, T., Soutukorva, A., Vavrova, L., Aebischer, NJ., Leader-Williams, N., Rutz, C. (2001). Identifying governance strategies that effectively support ecosystem services, resource sustainability, and biodiversity. *PNAS*, 108, 5308-5312.
- Klooster, D. (2000) Institutional choice, community, and struggle: a case study of forest co-management in México. *World Development*, 28, 1–20.
- La Jornada. Ediciones de: 16/08/2011, 26/07/2011, 16/05/2011.
- Lemus, R. (2008) Developing a grazing system. *Forage News*, June 2008, 1-5. Cooperative Extension Service. Mississippi State University. Available at <http://msucares.com/crops/forages/newsletters/08/6.pdf>. Accessed May 23, 2012.
- Levin SA, Clark WC (2010) Toward a Science of Sustainability. Center for BioComplexity. Princeton Environmental Institute. Center for International Development. Harvard University.
- Li, CL., Hao, XY., Zhao, ML., Han, GD., Willms, WD. (2008). Influence of historic sheep grazing on vegetation and soil properties of a Desert Steppe in Inner Mongolia. *Agriculture Ecosystems & Environment* 128(1-2): 109-116.
- Lindsay, WL., Norvell, WA. (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42:421-428.
- López-Granados, EM., Bocco, G., Mendoza, ME., Velázquez, A., Aguirre-Rivera, JR. (2006) Peasant emigration and land-use change at the watershed level: a GIS-based approach in Central México, *Agricultural Systems* 90, 62–78.
- Manzano, M. Návar, J. (2000) Processes of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscrub (matorral) in north-eastern México. *Journal of Arid Environments*, 44: 1-17.
- Manzano, MG., Navar, J., Pando-Moreno, M., Martinez, A. (2000) Overgrazing and Desertification in Northern México: Highlights on Northeastern Region. *Annals of Arid Zone*, 39(3), 285-304.
- Maron, M. Lill, A. (2005). The influence of livestock grazing and weed invasion on habitat use by birds in grassy woodland remnants. *Biological Conservation* 124(4): 439-450.

- Mata-González, R., Figueroa-Sandoval, B., Clemente, F., Manzano, M. (2007) Vegetation Changes after Livestock Grazing Exclusion and Shrub Control in the Southern Chihuahuan Desert. *Western North American Naturalist* 67(1), 63–70.
- Midwood, A.J., Boutton, T.W. (1998) Soil carbonate decomposition by acid has little effect on $\delta^{13}C$ of organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10–11): 1301-1307.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E., Lauenroth, W.K. (1988) A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, 132:87-106.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Current State & Trends Assessment. Dryland Systems. Island Press: Washington, DC.
- Neely, C., Bunning, S., Wilkes, A. (eds). (2009). Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change. Implications and opportunities for mitigation and adaptation. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A. (1954) Estimation of available phosphorus by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D.C.
- Ostrom E., Burger J., Field C.B., Norgaard R.B., Policansky D. (1999) Revisiting the commons: Local lessons, global challenges. *Science*, 284:278–282.
- Procuraduría Agraria (2008) Glosario de términos jurídico-agrarios. México, D. F.
- Raiesi, F., Asadi, E. (2006). Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils* 43(1): 76-82.
- Rzedowski, J., (1978) (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Reynolds, J.F., Maestre, F.T., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F. (2007) *Natural and human dimensions of land degradation: causes and consequences*, in *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, edited by J Canadell, D.E. Pataki & L Pitelka (January, 2007a), pp. 247-258, Springer, Berlin Heidelberg .
- Reynolds J., Stafford-Smith M., Lambin E., Turner B., Mortimore M., Batterbury S., Downing T., Dowlatabadi H., Fernández R., Herrick J., Huber-Sannwald E., Jiang H., Leemans R., Lynam T., Maestre F., Ayarza M., Walker B. (2007b) Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316, 847–851.
- SAGARPA (2002) Manual de Organización de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, COTECOCA. México, D. F.
- SAGARPA (2009) Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación, Martes 29 de diciembre de 2009.
- SAGARPA (2010) Guía PROGAN para cumplir los compromisos de los beneficiarios. San Luis Potosí.
- SAGARPA (2010b) Patrón de beneficiarios. Retrieved from <http://www.aserca.gob.mx>, March 1, 2012
- SAGARPA-AFPC-FAPRI (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Agriculture and Food Policy Center-Food and Agricultural Policy Research Institute) (2009) Proyecciones para el sector agropecuario de México; Escenario Base 09-18. SAGARPA. México, D. F. 60 pp.
- Sanjari A.G., Bofu Y.B., Ghadiri, H., Ciesiolka C.C., Rose, C. (2009) Effects of time-controlled grazing on runoff and sediment loss. *Australian Journal of Soil Research*, 47, 796–808.
- Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huenneke, L.F., Jarrell, W.M., Virginia, R.A., Whitford, W.G. (1990) Biological Feedbacks in Global Desertification. *Science*, 247(4946), 1043-1048.
- Secretaría de Salud (2012) Beneficiarios del Seguro Popular de Salud. Retrieved from <http://sistemas.cnpss.gob.mx>, March 1, 2012.
- SEDESOL (2010) Indicadores de marginación (con datos de INEGI, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, y Consejo Nacional de Población, CONAPO) Retrieved from <http://cat.microrregiones.gob.mx>, March 1, 2012.
- SEDESOL (2012) Population 2010. Retrieved from <http://cat.microrregiones.gob.mx>, March 4, 2012.

- SEDESOL (2012b) Beneficiarios de programas. Retrieved from <http://sistemas.cnpss.gob.mx>, March 1, 2012.
- SEMARNAT (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-021 - SEMARNAT-2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación 31 de diciembre del 2002. México, D. F.
- Seré, C., Steinfeld, H. (1996) World livestock production systems: current status, issues and trends. FAO Animal Production and Health Paper 127, Rome.
- Servicio Geológico Mexicano (2011) Panorama Minero del estado de San Luis Potosí. Retrieved from http://www.sgm.gob.mx/pdfs/SAN_LUIS_POTOSI.pdf, June 19 2012.
- SIAP (2011) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved from www.siap.gob.mx, August 23 2011.
- Sollins, P., Glassman, C., Paul, EA., Swanston, C., Lajtha, K., Heil, W., Elliott, ET. (1999) Soil carbon and nitrogen pools and fractions. Pages 89-105 in G. P Robertson, D. C., Coleman, C. S. Bledsoe, and P. Sollins, eds. Standard soil methods for long-term ecological research. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Sparrow, AD., Friedel, MH., Tongway, DJ. (2003) Degradation and recovery processes in arid grazing lands of central Australia Part 3: Implications at landscape scale. *Journal of Arid Environments* 55, 349–360
- Stavi, I., Lavee, H., Ungar, ED., Sarah, P. (2009a) Ecogeomorphic Feedbacks in Semiarid Rangelands: A Review. *Pedosphere* 19(2): 217–229.
- Stavi, I., Ungar, E., Lavee, H., Pariente, S. (2009b) Livestock Modify Ground Surface Microtopography and Penetration Resistance in a Semi-Arid Shrubland. *Arid Land Research and Management*, 23:3, 237-247.
- Steinfeld, H., Wassenaar, T., Jutzi, S. (2006) Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 25 (2), 505-516
- Steinfeld, H., Wassenaar, T. (2007) The Role of Livestock Production in Carbon and Nitrogen Cycles. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32:271–94.
- Storer, D. (1984) A simple high sample volume ashing procedure for determination of soil organic matter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(7), 759 – 772.
- Stumpp, M., Wesche, K., Retzer, V., Miede, G. (2005) Impact of Grazing Livestock and Distance from Water Source on Soil Fertility in Southern Mongolia. *Mountain Research and Development*, 25(3), 244–251.
- Yong-Zhong, L., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C., Wen-Zhi., Z. (2005) Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena* 59(3): 267-278.
- Taylor, M., Moran-Taylor, MJ., Ruiz, DR. (2006). Land, ethnic, and gender change: Transnational migration and its effects on Guatemalan lives and landscapes. *Geoforum* 37 (2006) 41–61.
- Teague, WR., Dowhower, SL., Baker, SA., Ansley, RJ., Kreuter, UP., Conover, DM., Waggoner, JA. (2010) Soil and herbaceous plant responses to summer patch burns under continuous and rotational grazing. *Agriculture Ecosystems & Environment* 137(1-2): 113-123.
- Toledo, VM., Ortiz-Espejel, B., Cortés, L., Moguel, P., Ordoñez, MDJ., (2003). The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in México: a case of adaptive management. *Conservation Ecology*, 7(3), 9. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art9>
- Tongway, DJ., Hindley, NL. (2004) Landscape function analysis manual: procedures for monitoring and assessing landscapes with special reference to minesites and rangelands. Version 3.1. CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia.
- UNCCD (1992) United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.24/1/27, 33 I.L.M. 1328. United Nations, New York.
- USDA (1998) Soil Quality Information Sheet. Soil Quality Indicators: pH. Natural Resources Conservation Service. Retrieved June 14, 2012, from <http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/indicate.pdf>
- USDA, NRCS. (2012) The PLANTS Database (<http://plants.usda.gov>, 21 March 2012). National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA.

- Velázquez, PM (2004) Historia de San Luis Potosí. V-3. El Colegio de San Luis-Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 575 pp.
- Verbist K., Santibañez F., Gabriels D, Soto, G. (2010) Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC.
- Vetter, S. (2009) Drought, change and resilience in South Africa's arid and semi-arid rangelands. *South African Journal of Science*, 105, 29-33.
- Walker, B.H., 1993. Rangeland ecology: understanding and managing change. *Ambio* 22, 80–87.
- Watson, DF., Philip, GM. (1985) A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing* 2, 315-327.
- Westoby M., Walker B., Noy–Meir I. (1989) Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42(4), 266–274.
- White, R., Murray, S., Rohweder, M. (2000) Pilot analysis of global ecosystems: Grassland ecosystems. Washington, D.C., World Resources Institute. 112 pp.

CAPÍTULO IV

LA CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO

RESUMEN

Hace dos décadas México inició un proceso de transformación institucional para responder a las exigencias de su incursión en los mercados económicos globales. La llegada del discurso de la sostenibilidad al país coincidió con dicho proceso de transformación. El país asumió este discurso en la forma, y prueba de ello es el uso del concepto de sostenibilidad en varios marcos normativos, pero no es clara su aplicación en el quehacer institucional. Este trabajo tuvo como objetivo analizar el proceso de construcción de Capacidad Institucional (CI) para el Desarrollo Sostenible (DS) en México, a partir de las narrativas de servidores públicos federales y estatales en instituciones ligadas al DS, y de usuarios locales de programas gubernamentales asociados con el DS. Se entrevistaron 50 personas durante el período Junio-Diciembre de 2010. Las entrevistas a usuarios locales se realizaron en cuatro ejidos del municipio de Santo Domingo, San Luis Potosí. A partir del análisis de las narrativas obtenidas se puede sostener que a pesar del ingreso del concepto de sostenibilidad en la legislación mexicana, el país se muestra más preocupado por consolidar variables económicas, como la productividad y la competitividad. Esta tensión es reconocida por los servidores públicos y se expresa en acciones contradictorias entre sí, implementadas por diversas instituciones. Son limitadas las ocasiones en las cuales, no obstante dicha contradicción, las instituciones logran coincidir en un propósito coherente con el DS. La participación de los usuarios en la toma de decisiones en el ámbito local es uno de los elementos importantes que introdujeron las reformas legislativas de la última década. Sin embargo, para algunos actores locales esta participación no se da en condiciones de equidad por su acceso limitado a la información y por estar fuera de estructuras de poder. En conclusión, no se puede afirmar que el balance de México en CI para el DS sea positivo. México está aún en proceso de construir capacidades que le permitan responder consistentemente al desafío de la sostenibilidad. Si bien en esta tarea es vital la participación de distintos sectores de la sociedad, una responsabilidad especial recae en el sector académico. Para asumirla, este sector debe, a su vez, conciliar sus propias metas de productividad con las de pertinencia y sensibilidad al contexto.

1. INTRODUCCIÓN

El reporte de la Organización de las Naciones Unidas, *Nuestro Futuro Común*, mejor conocido como Informe Brundtland, definió el desarrollo sostenible (DS) como aquel tipo de desarrollo que permite la satisfacción de las necesidades –sociales, económicas y ambientales– de la humanidad en el presente, sin

comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Organización de las Naciones Unidas, ONU, 1987). Estos tres ámbitos de acción –social, económico y ambiental– parecen insoslayables a juzgar por las metas trazadas por la ONU dentro de uno de los Objetivos del Milenio, el cual es “garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, (ONU, 2009). Tales metas son: incorporar los principios de DS en las políticas y los programas nacionales y revertir la pérdida de recursos ambientales; reducir significativamente la tasa de pérdida de biodiversidad en el 2010; para el 2015 disminuir en la mitad el porcentaje de personas sin acceso sostenible a agua potable y a servicios básicos de saneamiento; y, para el 2020, haber mejorado de forma considerable la vida de, por lo menos, 100 millones de habitantes de zonas urbanas deprimidas (ONU, 2009). El tamaño del reto se evidencia en la cantidad de dinero invertida en proyectos relacionados con el DS. Entre 1990 y 2007 el Banco Mundial destinó 59 billones de dólares en 2.401 proyectos de este tipo (Banco Mundial, 2008).

De las metas trazadas por la ONU, la incorporación de los principios de DS en las políticas y los programas nacionales es quizás el mayor desafío. Para que las políticas públicas sean consistentes con el DS deben: a) fortalecer la idea de la interdependencia entre la humanidad y la naturaleza, teniendo en cuenta los umbrales ecológicos, la incertidumbre y la sorpresa asociadas a los sistemas socio-ecológicos (SSE); b) crear espacios flexibles de colaboración interinstitucional que permitan el aprendizaje y el desarrollo de capacidades adaptativas y, c) implementar indicadores de cambio gradual y sistemas de alerta temprana de la pérdida de resiliencia de los SES (Folke *et al.*, 2002). La resiliencia es la capacidad de un SES de absorber las perturbaciones y reorganizarse de modo que mantenga la estructura, función y los mecanismos para retroalimentarse y desarrollarse (Folke, 2006). Las políticas públicas son los propósitos que define el gobierno, las decisiones que toma y las acciones que implementa para dar respuesta a una situación cuya solución o transformación es considerada prioritaria por el gobierno mismo o por la sociedad (Tamayo, 1997; Akindele y Omaopa, 2004). Idealmente, las etapas en el desarrollo de una política pública

son: origen o planteamiento inicial de la idea, diseño, gestión y evaluación (Lahera, 2004).

La tarea de generar e implementar políticas consistentes con el DS se conoce como *construcción de capacidad institucional* (Wubneh, 2003). Una institución es un sistema establecido de normas sociales que estructura las interacciones sociales (Hodgson, 2006). Las instituciones proveen las reglas de juego bajo las cuales los actores pueden perseguir sus metas individuales (Young, 1999). Existen varios tipos de instituciones, dependiendo de su nivel de formalidad (rigidez/flexibilidad de sus normas), jerarquía (escala local/global en la que actúan) y área de análisis (económico, político, legal y social) (Jutting, 2003). Por ejemplo, la familia puede ser una institución con normas flexibles mientras que el ejército es una institución con reglas rígidas. Una corte internacional actúa a nivel global mientras que una asamblea de propietarios de bienes raíces actúa a nivel local. Un banco es una institución de carácter económico mientras que una iglesia es una institución de carácter social. Las instituciones no sólo son importantes en razón de que reflejan las ideas prevalentes en el contexto del cual emergen, sino debido a su poder para definir agendas para la acción, privilegiar cierto tipo de conocimiento y guiar la aplicación de éste en la generación de políticas públicas (Young, 2004). Un tipo de institución en el cual es posible observar este proceso de retroalimentación entre las ideas que provienen del entorno y la aplicación del conocimiento en la construcción de políticas públicas son las organizaciones (por ejemplo, las secretarías de gobierno). Las organizaciones son instituciones en las cuales se establecen normas para definir quiénes hacen parte de éstas, quiénes están a cargo, y cuáles son las cadenas de comando que definen las responsabilidades y funciones dentro de la organización (Hodgson, 2006).

La dificultad para ajustar el quehacer de las instituciones de modo que responda a la complejidad de los sistemas socio-ecológicos (SSE) fue reconocida a nivel global en la década de los noventa (Folke *et al.*, 2007) y dio pie a la creación de iniciativas como el Programa Internacional de las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Global (IHDP, por sus siglas en inglés) y el programa de Dimensiones Institucionales del Cambio Ambiental Global (IDGEC,

por sus siglas en inglés) (Young, 2009). Desde entonces, en el contexto internacional se ha llamado la atención sobre la necesidad de identificar las brechas que separan a las instituciones de una efectiva administración de los SSE (Young, 2002). Tales brechas se originan en factores de distinto origen: a) fluctuaciones biofísicas (por ejemplo, un SSE está expuesto a sequías periódicas y los planes institucionales se basan en su potencial durante la época de lluvias); b) cambios biofísicos o sociales abruptos (por ejemplo, un SSE se expone a un evento climático o social impredecible y las instituciones no cuentan con capacidad de adaptación); c) intereses particulares (por ejemplo, las actividades institucionales están guiadas exclusivamente por los intereses de un sector del SSE e ignoran las necesidades de los demás actores) y; d) cambio socio-económico (por ejemplo, las instituciones planean sus intervenciones con base en condiciones económicas que no son permanentes y cuando dichas condiciones cambian la instituciones no cuentan con alternativas) (Young, 2002).

En respuesta al reconocimiento de la distancia que puede existir entre las instituciones y los SSE, se ha planteado que el proceso de construcción de capacidad institucional debe contemplar los siguientes aspectos en aras de responder a las exigencias del DS: a) reestructuración del sistema de valores: disposición para hacer uso de información científica y técnica en el diseño de políticas públicas; b) desarrollo de capacidades humanas: mejoramiento de las destrezas profesionales y técnicas de los tomadores de decisiones y, en general, del personal de la institución; c) transformación del aparato institucional: creación de nuevas instituciones y mejoramiento de las existentes; y d) modificación de la estructura organizacional: mejoramiento de las prácticas de selección y mantenimiento del personal, y descentralización del proceso de toma de decisiones (Wubneh, 2003). La capacidad institucional (CI) es una propiedad emergente de las instituciones que tiene que ver con sus características de estabilidad (i.e. uso de procedimientos estandarizados, adherencia a regulaciones y políticas, transparencia en el uso de los recursos, y rendición de cuentas), desempeño (i.e. mejora en la calidad de los servicios que presta a la sociedad) y adaptabilidad (i.e. inversión en investigación y desarrollo, y revisión y mejora

sistemática de los procedimientos y mecanismos emplea para implementar sus funciones) (UNDP, 2011). La adaptabilidad de una institución implica manejo adaptativo, capacidad de renegociación y monitoreo permanente (Young, 2002). Ligada a la noción de CI está la de *gobernanza*, que es el proceso por el cual se establecen normas, se toman decisiones y se fomenta la participación de diversos actores en distintos ámbitos –local, regional, nacional y global– con el propósito de generar acciones que promuevan la sostenibilidad de los SSE (Young, 2009; Biermann *et al.*, 2010).

En términos de políticas públicas, CI y gobernanza son ejes de lo que se conoce como reformas de segunda generación (Ramírez, 2009). Por el contrario, las reformas de primera generación, promovidas por instituciones financieras internacionales, tuvieron como ejes la descentralización, privatización, desregulación y reducción del personal de la administración pública (Rittich, 2006). Durante las últimas ocho décadas, México ha implementado reformas de diversa índole. En el período 1930-1970, el país aumentó el gasto público y desarrollo políticas proteccionistas cuyo propósito era integrar a los sectores medios y populares (Escalante *et al.*, 2008). En los 80 la crisis del petróleo motivó una serie de reformas (de primera generación) que buscaron disminuir el tamaño de las instituciones del estado y dar al mercado un papel protagónico (Rentería, 2011). A partir de los 90, el énfasis de las reformas mexicanas al estado fue aumentar la eficiencia, eficacia y equidad de los servicios al tiempo, y propiciar un entorno favorable a la inversión privada (Ramírez, 2009) (Apéndice A). A este último grupo de reformas corresponde el conjunto de leyes que abordan la sostenibilidad en México.

El concepto de sostenibilidad ingresó a la legislación mexicana en 1996 con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), expedida en 1988, y el de DS en 2001 con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). La LDRS está dirigida a las comunidades rurales y tiene como objetivo “la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, y de los demás bienes y servicios, y todas aquellas acciones tendientes a la elevación de la calidad de vida de la población rural” (Art. 1). Buena

parte de aquellos a quienes está dirigida la LDRS son ejidatarios y comuneros. El ejido y la comunidad poseen un régimen especial de propiedad social en la tenencia de la tierra (Procuraduría Agraria, 2008) cuyo origen es la Reforma Agraria de 1915 que ofreció la dotación y restitución de las tierras a quienes no poseían o habían sido despojados de ellas (Escalante *et al.*, 2008). Mientras la conformación del ejido se origina en la dotación de tierras, en el caso de la comunidad se trata de la restitución de tierras expoliadas durante el período conocido como Porfiriato (1877-1911) (Rentería, 2011). En las tierras ejidales y comunales se dan tres tipos de usos: asentamientos humanos, parcelas agrícolas de uso individual y tierras de uso común (Procuraduría Agraria, 2008) cuya explotación más frecuente es de carácter forestal o ganadero. Durante más de 70 años las tierras ejidales no fueron objeto de compra-venta pero en 1992 una reforma constitucional levantó esta prohibición (Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa, 2003).

La propiedad comunal ha sido vista como una de las causas de la degradación de los recursos (Hardin, 1968). Esta idea de la tragedia de los comunes ha encontrado eco en México (Manzano *et al.*, 2000) y la disminución de sus efectos fue una de las expectativas del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares, PROCEDE (Escalante, 2001), lanzado en 1993 bajo la coordinación de la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA), la Procuraduría Agraria (PA), el Registro Agrario Nacional (RAN) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). A pesar de los señalamientos negativos acerca de la propiedad comunal, varios estudios han mostrado como, en la escala local, es posible diseñar sistemas adaptativos de gobernanza que logren administrar efectivamente los recursos comunes (Berkes *et al.*, 1989; Ostrom *et al.* 1999; Folke *et al.*, 2002; Dietz *et al.*, 2003; Kenward *et al.*, 2011).

Posteriormente a la expedición de la LDRS, fueron expedidas cuatro leyes más que hacen un especial énfasis en el manejo sustentable de los recursos: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2003), Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA, 2005), Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE, 2008) y Ley General de Pesca y Acuicultura

Sustentables (LGPAS, 2007). Además, el concepto de sostenibilidad fue agregado en leyes expedidas con anterioridad, e incluido en nuevos marcos normativos que abordan directa o indirectamente el uso de los recursos. La importancia dada al tema también se evidencia en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), cuyo “eje rector” es el “Desarrollo Humano Sustentable” que tiene por objetivo “crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras” (Presidencia de la República, 2007, p. 23). Así mismo, el PND contiene el eje de Sustentabilidad Ambiental, entendida ésta como “administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras” (p. 234).

Los discursos o regímenes de conocimiento (Adger *et al.*, 2001) que subyacen a la implementación de políticas que afectan los SES han sido objeto reciente de investigación (Molle, 2007; Floysand *et al.*, 2010; Scales, 2012). Así mismo, se han analizado los discursos que dominan las narrativas (o historias con un orden cronológico y un conjunto de actores) acerca de fenómenos como la deforestación, la desertificación y el cambio climático (Adger *et al.*, 2001). El análisis de los discursos ha sido señalado como una herramienta importante para entender la lógica institucional y los mecanismos de gobernanza (Peet y Watts, 1996). En México son pocos los trabajos que han usado el análisis de discurso en el ámbito de la sostenibilidad (Barrera-Bassols y Zinck, 2003; Martínez-Peña *et al.*, 2012).

Este trabajo tiene como objetivo analizar el proceso de construcción de CI para el DS en México, a partir tanto de las narrativas de servidores públicos federales y estatales en instituciones ligadas al DS, y de usuarios locales de programas gubernamentales asociados con el DS, como del análisis de fuentes documentales asociadas con el quehacer institucional. Se espera que los resultados sirvan para retroalimentar la labor de las instancias encargadas de responder al desafío que supone el DS.

2. MÉTODO

Se elaboró un listado de instituciones gubernamentales estatales y federales cuyos propósitos estuviesen relacionados con la ejecución de acciones asociadas con el desarrollo sostenible (DS) o la promoción de la sostenibilidad socio-ecológica (Tabla 4.1). Se incluyeron además cuatro ejidos del municipio de Santo Domingo, San Luis Potosí, en los cuales se han implementado programas gubernamentales vinculados con el DS y la sostenibilidad socio-ecológica. En cada una de las instituciones se identificó a los servidores públicos que tuviesen a cargo la coordinación de tales programas o participaran en alguna fase de los mismos. Se hizo entrega a cada uno de ellos de una carta de presentación en la cual se explicó el objetivo de la investigación, se solicitó una entrevista y se asumió el compromiso de poner a disposición los resultados de la misma (Apéndice B). En la carta de presentación se adjuntó la guía de entrevista pertinente de acuerdo con los propósitos institucionales y las funciones del servidor público (Apéndice C). En las instituciones estatales con sede en la ciudad de San Luis Potosí, las cartas de presentación fueron entregadas personalmente en las oficinas de cada funcionario público. En las instituciones de carácter federal con sede en Ciudad de México, las cartas fueron enviadas vía correo electrónico.

Durante la semana posterior a la entrega o envío de las cartas de presentación, todos los servidores públicos fueron contactados vía telefónica y/o electrónica para acordar las fechas y horas en las cuales se podrían llevar a cabo las entrevistas. Se entregaron cartas de presentación a los comisarios ejidales de cada uno de los ejidos participantes, y las entrevistas con los usuarios locales de programas gubernamentales fueron acordadas durante el primer día de la visita a cada ejido. El criterio para seleccionar a las personas entrevistadas en los ejidos fue que participaran directamente en la implementación de algún programa gubernamental en los ejidos. Al menos una de las personas entrevistadas en cada ejido fue el “representante de PROGAN” (Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola, de la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SAGARPA) cuya función era la coordinación de las actividades relacionadas con dicho programa en cada ejido.

De 32 cartas de presentación enviadas a servidores públicos se obtuvo la confirmación para realizar una entrevista en 24 casos. Además de estas 24 personas, fueron entrevistados 13 funcionarios públicos que no estaban en la lista elaborada inicialmente pero cuyos nombres fueron sugeridos en el transcurso de la investigación por parte de personas ya entrevistadas, en virtud de la pertinencia de sus funciones con el propósito del estudio. Las ocho personas que no confirmaron su participación hacían parte de las siguientes instituciones: Partido Verde Ecologista de México (PVEM), Secretaría de Medio Ambiente de Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Desarrollo Social y Regional de San Luis Potosí (SEDESORE) y Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

Como parte del proceso de preparación para entrevistar a cada uno de los servidores públicos, previamente a cada entrevista se revisaron las fuentes documentales (leyes, reglas de operación, normas oficiales, folletos, sitios web institucionales y fuentes periodísticas) relacionadas con el quehacer de la institución a la cual estaba adscrita la persona entrevistada y pertinentes al propósito de la investigación. Las guías de entrevista se diseñaron con base en las categorías amplias que se consideran en el proceso de construcción de capacidad institucional (CI) de acuerdo con Wubneh (2003) (Apéndice C). Además de las preguntas contenidas en dicha guía, se formularon preguntas específicas *in situ* para cada servidor público y usuario local según las funciones particulares de cada uno de ellos y el tiempo concedido a la entrevistadora. Cuando el tiempo estipulado por la persona entrevistada no fue suficiente para abarcar todas las preguntas previstas en la guía, se privilegiaron aquellas que, por las características del servidor público y sus funciones, se consideraron más adecuadas. Las entrevistas correspondientes a los niveles de gestión estatal y federal se realizaron durante los meses de junio y julio de 2010 en las oficinas de los servidores públicos. Las entrevistas a usuarios locales se realizaron durante

los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2010 en sus domicilios particulares, ubicados en los ejidos de La Victoria, San Antonio del Mezquite, Morelos y Santa Matilde, municipio de Santa Domingo, San Luis Potosí.

Se realizaron 39 entrevistas semi-estructuradas. 35 entrevistas fueron individuales y cuatro grupales. Los cuatro grupos entrevistados constaron de seis, tres, dos y cuatro personas, respectivamente. En total fueron entrevistadas 50 personas (en entrevistas individuales y grupales): 37 servidores públicos y 13 usuarios locales de programas (Tabla 4.1). En promedio, cada entrevista tuvo una duración de 67 min. Se registraron en audio 31 entrevistas con previa autorización de las personas entrevistadas (Apéndice D). Se tomaron notas en cada una de las entrevistas realizadas, independientemente de su registro en audio. En todo momento se procuró que dichas notas reprodujeran textualmente la narrativa de las personas entrevistadas.

Tabla 4.1. Nombre y nivel de gestión o participación de las instituciones participantes en el estudio, su propósito en el contexto de la capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS) y número de personas entrevistadas en cada una.

Institución y nivel de gestión o participación	Propósito de la institución en el contexto de la capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS)	Personas entrevistadas
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. Federal	Administrar las Áreas Naturales Protegidas (ANP).	3
Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. Federal	Administrar y preservar las aguas nacionales para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general.	2
Comisión Nacional de las Zonas Áridas, CONAZA. Federal	Apoyar en la planeación, operación y dirección de las políticas y programas orientados a promover el desarrollo de las zonas áridas del país mediante el uso, manejo y conservación del suelo, el agua y la cubierta vegetal, con un enfoque preventivo y productivo.	1
Fideicomiso de Riesgo Compartido, FIRCO. Federal	Fomentar los agronegocios y la articulación de la producción primaria con los mercados, dando valor agregado a los productos para mejorar el ingreso de los productores.	1
Instituto Nacional de Ecología, INE. Federal	Generar, integrar y difundir conocimiento e información a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la formulación de política ambiental y la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable.	2
Instituto Nacional de	Generar conocimientos e innovaciones tecnológicas que	2

Institución y nivel de gestión o participación	Propósito de la institución en el contexto de la capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS)	Personas entrevistadas
Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. Federal	contribuyan al desarrollo sustentable de las cadenas agroindustriales forestales, agrícolas y pecuarias del país.	
Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SAGARPA. Federal	Promover el desarrollo integral del campo y de los mares del país que permita el aprovechamiento sustentable de sus recursos, el crecimiento sostenido y equilibrado de las regiones, la generación de empleos atractivos que propicien el arraigo en el medio rural y el fortalecimiento de la productividad y competitividad de los productos para consolidar el posicionamiento y la conquista de nuevos mercados, atendiendo a los requerimientos y exigencias de los consumidores.	9
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. Federal	Incorporar en los diferentes ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país, conformando así una política ambiental integral e incluyente que permita alcanzar el desarrollo sustentable.	4
Consejo Estatal de Población. Estatal	Analizar la condición demográfica del país, con objeto de incluir a la población en los programas de desarrollo económico y social que se formulen dentro del sector gubernamental y vincular los objetivos de éstos con las necesidades que plantean los fenómenos demográficos. Proteger los derechos humanos, impulsar la ejecución de proyectos sociales y productivos, contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los migrantes potosinos, sus familias y comunidades de origen, incorporándolos al desarrollo económico, social, cultural y político del Estado, manteniendo y fortaleciendo los vínculos con la comunidades en el Extranjero, a través de la formulación, ejecución y evaluación de programas y acciones.	1
Instituto de Atención a Migrantes del Estado. Estatal	Proteger los derechos humanos, impulsar la ejecución de proyectos sociales y productivos, contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los migrantes potosinos, sus familias y comunidades de origen, incorporándolos al desarrollo económico, social, cultural y político del Estado, manteniendo y fortaleciendo los vínculos con la comunidades en el Extranjero, a través de la formulación, ejecución y evaluación de programas y acciones.	1
Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, IIZD, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Estatal	Realizar investigación para el conocimiento, aprovechamiento racional y conservación de los recursos naturales renovables del estado de San Luis Potosí.	1
Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos, SEDARH, Estatal	Promover la sustentabilidad, el carácter integral de los procesos productivos y de servicios en el campo, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del medio rural y combatir la pobreza, en completa armonía con los recursos naturales, incorporando estrategias claras que impulsen la eficacia de la inversión pública en el sector.	9
Secretaría de Salud. Estatal	Otorgar servicios de salud a la población del Estado de San Luis Potosí con accesibilidad, equidad, y calidad para contribuir a preservar y mejorar su bienestar integral.	1
Ejido La Victoria. Local	Administrar recursos de uso común. Participación en programas gubernamentales.	3

Institución y nivel de gestión o participación	Propósito de la institución en el contexto de la capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS)	Personas entrevistadas
Ejido Morelos. Local	Administrar recursos de uso común. Participación en programas gubernamentales.	7
Ejido San Antonio del Mezquite. Local	Administrar recursos de uso común. Participación en programas gubernamentales.	2
Ejido Santa Matilde. Local	Administrar recursos de uso común. Participación en programas gubernamentales.	1

Los audios de las entrevistas (35 horas) se transcribieron (636 cuartillas) usando Express Dictate Help 5.53 (NCH Software, 2010) y se almacenaron en Atlas.ti 5.0 (Muhr y Friese, 2004), un programa de computador que permite codificar material documental de carácter cualitativo, para el posterior análisis de discurso (Adger *et al.*, 2001; Alba-Juez, 2009). Las notas tomadas durante las entrevistas que no fueron registradas en audio también hicieron parte de dicho análisis.

Para identificar la escala correspondiente a cada entrevista se utilizaron los siguientes códigos: Institución Federal con labor académica, "FedAc"; Institución Federal, "Ifed"; Institución Estatal, "Iest"; Representación Federal en el Estado, "FedEst"; Usuarios locales, "LOC". Para su análisis, las entrevistas se agruparon por escalas federales (FedAc; Ifed); estatales (IEst; FedEst) y locales (LOC). Posteriormente, cada transcripción fue leída para extraer fragmentos que correspondieran con los ejes del proceso de construcción de CI: reestructuración del sistema de valores; desarrollo de capacidades humanas; transformación del aparato institucional; y modificación de la estructura organizacional (Wubneh, 2003). Estos ejes constituyeron las categorías iniciales de análisis (Tabla 4.2). Al final de cada fragmento se agregó entre paréntesis el código de la entrevista de la cual fue extraído.

Tabla 4.2. Esquema utilizado para agrupar las narrativas de las personas entrevistadas (Wubneh, 2003).

Ejes de la construcción de la capacidad institucional	FedAc	IFed	IEst	FedEst	LOC
Reestructuración del sistema de valores	A	B	C	D	E
Desarrollo de capacidades humanas	F	G	H	I	J
Transformación del aparato institucional	K	L	M	N	O
Modificación de la estructura organizacional	P	Q	R	S	T

Una vez los fragmentos de las entrevistas fueron extraídos y agrupados por categorías y escalas de análisis (Tabla 4.2) (169 cuartillas), se hizo una segunda lectura del material y se establecieron nuevas de categorías de análisis que respondieran a los contenidos específicos identificados en las narrativas (Apéndice E). Posteriormente, los fragmentos extraídos fueron editados (23 cuartillas): a) las muletillas y redundancias fueron reemplazadas por tres puntos suspensivos entre paréntesis, (...); b) se agregaron palabras y frases entre corchetes, [], que no estaban explícitas en la narrativa original pero que eran necesarias para que el lector no familiarizado con la transcripción completa de la entrevista pudiera entender el sentido del fragmento; c) se pasaron a fuente número 10 e interlineado sencillo.

La información obtenida por medio de las entrevistas fue triangulada (Olsen, 2004) (i.e. validada, complementada y contextualizada) por medio de la lectura y análisis de fuentes documentales (leyes, reglas de operación, informes de ejecución, planes de gobierno, normas oficiales, folletos, sitios web institucionales y fuentes periodísticas, entre otros). Adicionalmente, cuando se consideró oportuno y necesario, algunas entrevistas sirvieron como medio de triangulación de otras. Tal fue el caso, por ejemplo, de algunas de las entrevistas realizadas en SAGARPA, SEMARNAT y SEDARH.

Si bien el propósito inicial era presentar los resultados del análisis agrupados según las categorías de construcción de CI (Wubneh, 2003), dada la riqueza discursiva de las narrativas se optó presentar una sección inicial (Reestructura de las instituciones y sus sistemas de valores) que abordara

diversos aspectos del proceso de construcción de CI, incluyendo la transformación del aparato institucional y la modificación de la estructura organizacional, y tres secciones subsecuentes que hicieran énfasis particulares de dicho proceso. Así, la segunda sección (El nuevo lenguaje: sostenibilidad, participación ciudadana y coordinación institucional) hace énfasis en la manera como se ha transformado el quehacer de las instituciones a partir de la inclusión de estos tres conceptos (sostenibilidad, participación ciudadana y coordinación institucional). La tercera sección (Los programas de apoyo para el sector agropecuario en el marco del desarrollo sostenible) enfatiza la manera como se han implementado cuatro programas relacionados con el DS (Transferencia de tecnología, PROCAMPO, PROGAN, y Programa de Adquisición de Activos Productivos, PAAP). En la cuarta y última sección (Los desafíos en la escala local) se hace énfasis en lo que sucede en los ejidos en relación con la aplicación de los programas y políticas públicas.

Para que el lector pueda establecer una diferencia entre los extractos de las narrativas y la discusión del investigador, los fragmentos de las entrevistas se presentan en un tamaño de letra más pequeño y con una mayor justificación a la derecha. También corresponden a las narrativas las frases entre comillas con el código de identificación al final. Cuando en una misma sección hay varios fragmentos provenientes de distintas entrevistas, los fragmentos están separados por dos espacios sencillos. Al final de cada fragmento se conserva el código que identifica la escala de la cual proviene la entrevista. Cada fragmento corresponde a lo que dijo una sola persona respecto del tema en cuestión. Ningún fragmento constituye un resumen de varias entrevistas.

Cada una de las secciones incluidas en el apartado de Resultados y Discusión contiene el producto de la validación de la información obtenida en las narrativas con las citas respectivas que permiten identificar la fuente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incursión a los mercados globales, la cercanía a los mandatos de instancias financieras internacionales –como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional–, y la llegada al poder del Partido Acción Nacional (PAN)

luego de 70 años liderados por el Partido Revolucionario Institucional (PRI), significaron cambios importantes en la dinámica institucional de México durante las últimas dos décadas (Escalante *et al.*, 2008). La implementación de políticas y el diseño de programas asociados con la sostenibilidad coinciden con este período de transformaciones. Como se verá más adelante en esta sección, las personas entrevistadas reconocen los esfuerzos asumidos por las instituciones de las cuales hacen parte, al tiempo que señalan las tareas pendientes y los obstáculos que persisten.

3.1. Reestructura de las instituciones y sus sistemas de valores

La promulgación de la Ley de Planeación, en 1983, marcó el comienzo del Plan Nacional de Desarrollo (PND) como el instrumento para la “ordenación racional y sistemática de acciones que, en base al ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, tiene como propósito la transformación de la realidad del país” (Art. 3). El primer PND correspondió al período 1995-2000, bajo la presidencia de Ernesto Zedillo. En dicho documento se hizo un llamado reiterado al “cuidado del medio ambiente” y se describió la Política Ambiental para un Crecimiento Sustentable (numeral 5.8) (Presidencia de la República, 1995). Bajo la presidencia de Vicente Fox (2000-2006), el PND incluyó dos elementos novedosos: la asociación entre el deterioro de los recursos naturales y la transición demográfica, y la “visión del México al que aspiramos en el año 2025” con un “desarrollo incluyente y en equilibrio con el medio ambiente (numeral 4.1) (Presidencia de la República, 2001). La presidencia de Felipe Calderón (2006-2012) continuó la labor de planear a largo plazo, es decir, más allá del sexenio, y, además del PND, elaboró el documento “Visión 2030. El México que queremos”, en el cual la sustentabilidad ambiental figura como una de las prioridades (numeral 4.4) (Presidencia de la República, 2008).

Este ejercicio de planeación en el cual la sostenibilidad es uno de los ejes se reconoce como una fortaleza:

...al menos hay un programa directriz que es edición dos mil treinta... que es precisamente un proyecto de visión de crecimiento de país, dentro de la... sostenibilidad... la política ambiental es eje rector de todas las demás secretarías... los aspectos ambientales deben y tienen que ser considerados en sus programas de desarrollo sectorial. (IFed)

...la actual administración del presidente Calderón estableció dentro de los cinco objetivos del propio plan, uno relacionado con la sustentabilidad. Y le da prácticamente la misma categoría a la sustentabilidad que le da a otros temas de relevante importancia a nivel nacional. Y eso, para quienes estamos... relacionados con el tema, significa una gran ventaja. Una gran ventaja que no existía en planes de desarrollo anteriores. (IFed)

Al tiempo que se admite el logro que supone tener la sostenibilidad como uno de los ejes del PND, se señala la corta trayectoria del país en esta dirección:

...el proceso de internalización y de apropiación... de la problemática de lo ambiental en términos reales, en los tomadores de decisión, los generadores de políticas públicas, está muy en pañales. (IFed)

En este mismo sentido, se pone en duda el avance del país e, incluso, el carácter unívoco del discurso oficial en ciertas instancias de planeación:

...agricultura, ganadería, energía, comunicaciones ahora, tienen muchísimo más peso, y [a la] Secretaría de Medio Ambiente la tienen que mantener por muchas de estas razones políticas y discursivas... claramente en todos los ámbitos se están tomando por importancia económica. Estamos muy, muy lejos de la sostenibilidad, y quizás, nos estemos cada vez alejando más... porque ahora...es el impulso a todo lo que es infraestructura, a todo lo que es proyectos de carretera y de presas. La lógica que pesa es la parte económica a corto plazo. (FedAc)

Hay... un discurso abierto y uno cerrado. El discurso abierto: “sí, planeemos, organicemos”. El [otro] discurso...: “metan estos proyectos, estas son inversiones importantes.” (IFed)

La llegada del PAN a la presidencia significó una serie de cambios para la administración pública, buena parte de ellos derivados de la Ley del Servicio Profesional de Carrera en la Administración Pública Federal (LSPC), promulgada en 2003, y la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (LFPRH), promulgada en 2006. La LSPC tiene por objetivo “garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso a la función pública con base en el mérito y con el fin de impulsar el desarrollo de la función pública para beneficio de la sociedad” (Art. 2). El propósito de la LFPRH es garantizar “que la administración de los recursos públicos federales se realice con base en criterios de legalidad, honestidad, eficiencia, eficacia, economía, racionalidad, austeridad, transparencia, control, rendición de cuentas y equidad de género.” (Art. 1). Estos objetivos

coinciden con la lógica subyacente a las reformas de segunda generación (Ramírez, 2009) que buscan, en términos generales, aumentar la equidad, eficacia y eficiencia de la administración pública.

De estas reformas se reconoce, por ejemplo, que el cambio de administración sólo implique cambios en “los mandos superiores” mientras que “la estructura que le da fortaleza a las políticas públicas del gobierno se mantiene” (FedEst). Así mismo, se señala como fortaleza que en la nueva forma de operar trate de superarse la lógica del “voto verde” (FedEst) que dictaba que si “tú tenías tu clientela... te ibas con ellos” (FedEst), y en la cual el campo era una “masa política” (IFed) que se usaba con fines electorales. Esto significa ampliar la cobertura de los programas gubernamentales sin considerar cotos de poder. A pesar de contar con una mejor formación académica, la falta de experiencia política de los nuevos cuadros de gobierno, tiene implicaciones en la cotidianidad de las instituciones y su relación con los ciudadanos:

...revise la estructura de edad de los nuevos funcionarios y ha habido un rejuvenecimiento por parte de los tomadores de decisiones... Está bien que los que estamos tomando decisiones hayamos estudiado maestrías y doctorados en el extranjero pero dicen que más sabe el diablo por viejo que por diablo. De repente se encuentra uno... funcionarios nuevos en altos puestos, con una experiencia de gobierno muy baja... Sí están formados en el área técnica pero hay que formarse en el gobierno también y eso pues se va aprendiendo a punta de calentar la silla y andar en el campo, andar allá afuera, andar a los golpes, conocer, hablar con gobernadores, hablar con presidentes [municipales]..., con la sociedad, que le hagan plantones a uno, que le cuestionen el trabajo, o sea no escondidos en la oficina. (IFed)

...recuerdo mucho una política de Fox cuando dijo “no, puros doctorados, maestrías y vamos a llamar allá y acá.” ¿Y de qué le sirvieron? De nada sirvieron al Secretario... empezó a meter a gente que ya tiene experiencia pero en el ramo. No era tanto que tuviera sus doctorados sino que tuvieran la experiencia para poder estar ahí. (IFed)

Cuando yo entré aquí... las manifestaciones no eran de un día, ni de medio día, eran de semanas... porque a lo mejor el dinero no se soltaba así como que... [Antes] se estudiaba un poquito más a fondo... Y ahora como que es el factor más de “¿Cuánto necesitas? Ah, bueno, sí dales... que se vayan tranquilos”... [Antes] se hacía un análisis... antes de que ellos tomaran una decisión, a ver quiénes son, tienen vacas, no tienen vacas, tienen esto, tienen aquello. Les hacían un estudio, un análisis, a lo mejor muy rápido... muy austero... pero algo se hacía. Y ahora ya no se hace nada de eso...(IFed)

...nunca se debe dejar de hacer política porque al final de cuentas son puestos políticos, pero puestos políticos que hay que aterrizarlo en realidades. Hay una serie de personas... con un conocimiento a lo mejor no tan amplio de la política, pero con un conocimiento del sector absolutamente pleno y práctico... Aquí vienes no a que me digas qué problemas hay [sino] a que me pongas soluciones sobre la mesa. (IFed)

En este nuevo contexto, además del PND se señalan otros mecanismos que intervienen en la generación de políticas asociadas con la sostenibilidad:

...la vía promesas de campaña que recopilan [los candidatos electos] de los mismos ciudadanos o ya traen por convicción propia... [Otro factor es] ser representante de algún grupo de interés o un grupo de presión. Los [casos] menos [frecuentes] ...vienen de la coyuntura...[o de la] presión internacional...También están esos diputados que están pendientes de la agenda del presidente para impulsar la legislación de su interés. (FedAc)

...las grandes líneas de política pública se establecen en un programa de gobierno que es como el 80% y el otro 20% se construye... de arriba a abajo, de abajo a arriba, horizontal, desde las ONGs... o [si] a uno se le ocurre que el tema es... relevante. (IFed)

Como fuentes de información para la generación de las políticas se identifica, en general, a la academia, y en particular al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, para el sector agropecuario. Aunque se resalta la importancia que juegan ambas instancias como soporte del quehacer gubernamental, el balance de su actuación no es positivo. El INIFAP se señala, por ejemplo, como “impulsor de la Revolución Verde” (IFed) en México durante los 60 y 70. Actualmente se atribuye la falta de impacto de su labor tanto a una serie de medidas que desembocaron en el adelgazamiento de su nómina de investigadores, técnicos y personal administrativo, como a la ausencia de financiamiento para proyectos de investigación y monitoreo a mediano y largo plazo.

el INIFAP sin duda...es el brazo científico de la secretaría, es el brazo técnico de la secretaría [SAGARPA]. En varios programas se condiciona la aplicación de recursos a la autoridad, a la validación del INIFAP. El INIFAP... desarrolla una actividad invaluable. (IFed)

...tuvimos [en el INIFAP] una serie de directores generales comandado casi directamente por el Presidente de la República, tipos que no sabían absolutamente nada de investigación... cada director... traía sus ideas... entonces cada seis años era reinventar al instituto y eso trastornó mucho la idea de investigación... No se generó una política de investigación en el interior del instituto que permaneciera más allá de cuatro o seis años: entre que empezaban a entender lo que era el instituto y que se iban, se trabajaba muy poco y eso generó mucho malestar al interior. (FedEst)

...entre que [el INIFAP] se hizo viejo, que se fueron los buenos o buena parte de los buenos investigadores, que no hubo una política de investigación, etc, el instituto realmente...se obsoletizó (sic). Ahora estamos más involucrados en la burocracia que en la investigación... Hoy, para hacer investigación, ¡uy! Es una serie de trámites burocráticos... primero tiene uno que vender el proyecto, tiene que hacerla uno de vendedor, después tiene uno que administrar el proyecto, tiene uno que ejecutar el proyecto, tiene uno que analizar el proyecto, reunir toda la información... generar el artículo científico, editar el artículo científico y por si fuera poco traducirlo y pelearse con la revista... (FedEst)

los proyectos que convocan las fuentes financieras, incluyendo a CONACYT, son de dos años... Con proyectitos...de dos años no se va a resolver nada y esto aunado a que si algo se genera no se va a transferir, yo no le veo mucho sentido a esto. O sea alguien dijo que algún día el INIFAP podía desaparecer y no pasaba nada, ciertamente, pero no porque el Instituto no haga cosas interesantes. Creo que el Instituto ha hecho cosas extraordinarias y en muchos ámbitos, pero desgraciadamente muchas cosas se quedan ahí. (FedEst)

el INIFAP se ha hecho viejo, no hay gente de empuje, mantener el statu quo es muy cómodo...Veinte o veinticinco años sin contratar a nadie de investigadores. ¿A quién se le ocurre no contratar... aunque sea uno cada año para darle continuidad a la institución? (FedEst)

La reducción en el tamaño del INIFAP no fue un hecho aislado sino el producto del “nuevo escenario de apertura económica, de mercado global, de tratados comerciales y de... políticas de Banco Mundial... [que promovieron] un esquema de privatización de los servicios de extensión agrícola y de asistencia técnica.” (IFed). En efecto, una de las estrategias implementadas para paliar la crisis de la deuda de 1982 fue disminuir el gasto y las inversiones públicas, y abrirse paulatinamente al mercado mundial (Escalante *et al.*, 2008).

Por su parte, el papel que la academia ha jugado se presenta como una historia de encuentros y desencuentros, donde en algunas ocasiones los aportes académicos se ignoran por factores políticos y, en otras, tales aportes no llegan de la manera acordada con los tomadores de decisiones:

Yo puedo ir y decir: “oiga, he hecho estudios y me están mostrando esto, este programa tendría que cambiar en función de esto”... si te encuentras con una persona dispuesta a aceptar que las políticas tienen que ser adaptativas... entonces te va a decir “...a ver enfócame un poco más, vamos a hacer el cambio”. Y te encuentras con personas que dicen “esa es mi zona de confort, y yo no voy a cambiar, aunque tú vengas a decirme, no importa.” Entonces decimos “ok, te damos cierta información para la toma de decisiones”, la cuestión es que la información no se utiliza...Muchos académicos están haciendo mucho esfuerzo para poder permear. Y definitivamente juegan un papel importantísimo, porque son los primeros generadores de conocimiento...Porque pueden vincularse a nivel regional, y generar ciertos cambios. (FedAc)

La mayoría de los investigadores cuando entran a una academia... se preocupan por estar en el sistema nacional de investigadores y hacer publicaciones... Pero de todas las investigaciones ¿cuántas has aplicado, no? La academia debe de dirigirse a... lo que realmente... está necesitando el campo o... el tomador de decisiones. No hacer investigación por hacer investigación... sino lo que realmente...necesita el productor primario... ese apoyo hacia la competitividad, a la rentabilidad. (IFed)

[La academia ha jugado]...un papel reactivo... a veces [existe una] inquietud personal, de algunas gentes en la academia por ciertos temas, pero no necesariamente con una compenetración del entorno nacional y de los problemas nacionales o de los problemas globales, muy en la línea de lo que me conviene como investigador; lo que me dé puntos

para el SNI, que se traduce finalmente en un recurso que voy a ganar, independientemente de lo que pueda aportar a la sociedad. Y si escribir papers me va a dar más puntos pues los escribo, aunque no los difunda y los guardo en el escritorio. Y si asistir a más cursos me da más puntos voy a asistir a más cursos. También hay que reconocer que nada es químicamente puro, y no todo es exactamente así. Por supuesto, a veces derivado de intereses personales, a veces derivado de intereses institucionales o a veces derivado de convenios de colaboración pues hay ahí cosas muy interesantes, aportaciones muy importantes, muy interesantes, pero también hay todavía partes oscuras. (IFed)

...mucho depende de lo que uno pida como funcionario público. Tú tienes que tener claro qué [es] lo que quieres, si pides basura, basura te van a dar y al revés... en la parte académica hay gente que puede jugar su papel pero también hay oportunistas. (FedEst)

...hay un matrimonio [entre el gobierno y el sector académico] que en el 90% se lleva mal, no están divorciados. El 90% no estamos a gusto ni ellos ni nosotros, en un 10% sí nos entendemos. Entonces la idea es que ese matrimonio se entienda más, que haya un diálogo que permita aprovechar. (IFed)

Hay... dirigentes de centros de investigación... públicos descentralizados, que son sensibles al hecho de que tienen que estar vinculados a la política pública, buscan ellos estar vinculados, sin embargo batallan mucho adentro todavía, mucho más los que no están y... los que no les interesa el tema, que dicen "yo soy científico puro y a mí me vale gorro y estoy en el SNI 3 y en la Academia y en la investigación"... y como hay un gran estímulo para apoyar a las universidades porque los recursos que tiene uno para estudios no los licita sino los asigna directamente, entonces hay universidades que dicen "yo te puedo hacer esto, lo otro" y al final del año fiscal pues resulta que no le están entregando a uno lo que le prometieron y yo he tenido que hablar con rectores de universidades para decirles "oye maestro esto no está bien, debieron haber entregado en diciembre y dijeron que era en enero, dimos prorroga y ya estamos en junio, o sea el año fiscal se acabo hace rato y esto, el día que me caiga una auditoria el que pone la cabeza soy yo. Con el afán de ayudarles, pasó esto pero me están dando gato por liebre, o sea me están dando un producto que no es el que ustedes me prometieron." No tenemos en el país mucho desarrollo de investigación, porque no se trata que nos hagan los estudios a destajo, se trata de que hagan investigación que evolucione el conocimiento, que nos ayuden a desarrollar nuevos modelos. (IFed)

Nuestra aproximación [a la academia] siempre... ha sido "somos un equipo, tú tienes una parte en el proceso y nosotros tenemos otra y tenemos que ir de la mano. Tú tienes que aprender de esta parte que yo necesito y yo te voy a echar la mano en la parte técnica", porque... no es un proceso netamente técnico, en que tú doctor me vengas a decir a mí y a dorar la píldora. Porque... sí pasaba... muchas autoridades locales sobre todo, pues no tienen ni idea del tema, entonces los académicos los pueden marear... Hemos tenido casos en que... no les gusta que... le cuestiones, que le pidas más, que le pidas alguna modificación. Es muy fácil criticar al gobierno...pero cuando vas y les preguntas "oye, tú dime ¿cuál es lo prioritario? Dentro de este territorio, dime ¿cuáles... [son] los elementos prioritarios de conservación?" les cuesta trabajo...No, y aparte, tomar la decisión, no lo hacen... Tienen ese temor de equivocarse, y de hacer las cosas mal: ¿cómo un señor doctor va a tener un juicio equivocado? (IFed)

Afortunadamente [los académicos] van cada vez más teniendo esa participación, y prueba de ellos es que varias de las universidades más renombradas... están... desarrollando licenciaturas que tienen que ver con cuestiones de la sostenibilidad, con cuestiones de política ambiental. Algo que creo que sería necesario mejorar es la capacidad de los académicos de transmitir información. Me parece que ese aporte se está quedando muy en las revistas internacionales... ¿Cómo lo podemos aterrizar? Eso es lo que está faltando mucho de la contribución del sector académico hacia acá, no nada más el conocimiento

per se que está publicado en tal journal. (IFed)

La promulgación de leyes que reestructuraron el quehacer de diversas instituciones, así como la llegada de actores, portadores de nueva información, son elementos visibles en el México de la última década. En sí mismos, dichos elementos hacen parte del proceso de construcción de capacidad institucional, CI, (Wubneh, 2003). Sin embargo, para el caso de México, aún no es claro el grado en el cual uno y otro han contribuido –o están contribuyendo– a preparar al país para asumir los retos que impone la sostenibilidad. Es cierto que se está considerando un escenario a largo plazo (esto es, el documento “Visión 2030. El México que queremos”), se introdujo la noción de sostenibilidad en el marco normativo, y hay un mayor número de servidores públicos con más años de formación académica en su haber. No obstante, el proceso paralelo de inserción en la economía global y sus dictados de productividad y competitividad, hacen dudar acerca de la profundidad de las reformas en materia de sostenibilidad.

Por otra parte, dada la coincidencia entre el arribo del PAN a Los Pinos en el año 2000 –luego de siete décadas de hegemonía priísta– y la mayoría de tales reformas, vale la pena preguntarse por las implicaciones que tendría para el proceso de construcción de CI un eventual regreso del PRI a la presidencia de México. Esta pregunta, que en democracias con mayor trayectoria sería superflua, en México resulta relevante dada no sólo la juventud misma de su democracia sino los desafíos que ésta enfrenta como la debilidad del Estado de derecho, la influencia de la empresa privada en las políticas públicas, la insuficiente rendición de cuentas y la corrupción (Emmerich, 2009).

En cuanto al papel que ha jugado la academia en la construcción de nuevos marcos normativos y, en general, como fuente de información para los tomadores de decisiones, es clara la necesidad de fortalecer la relación entre ambos actores. El sector académico ha sido señalado como un elemento clave para promover la capacidad adaptativa de los sistemas socio-ecológicos (Serrat-Capdevila *et al.*, 2009; Pouyat *et al.*, 2010). En esta medida, si bien el INIFAP no es la única institución que podría participar de un modo cercano en el desarrollo de políticas públicas asociadas con la sostenibilidad, preocupa su desmantelamiento

progresivo teniendo en cuenta que su primer objetivo es “generar conocimientos e innovaciones tecnológicas que contribuyan al desarrollo sustentable de las cadenas agroindustriales forestales, agrícolas y pecuarias del país” (INIFAP, 2010).

3.2. El nuevo lenguaje: sostenibilidad, participación ciudadana y coordinación institucional

Las reformas implementadas en México durante las últimas dos décadas han tenido repercusiones en la estructura y el funcionamiento de varias instituciones. La sostenibilidad es uno de los temas que llegaron por primera vez con dichas reformas, al igual que los mecanismos de participación ciudadana y de coordinación institucional. Si bien no se trata de temas independientes, es claro que cada uno de ellos tiene retos propios.

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS) constituye el primer marco normativo en el cual la sostenibilidad se presenta como eje de las acciones. La LDRS se reconoce como una “de las leyes más avanzadas de este país. Y a nivel mundial” (FedEst):

...es lo mejor que ha hecho este país en los últimos años, sin que esto demerite los marcos anteriores... pero si tu revisas lo que [de] ahí se ha aplicado, pues todavía le falta... Creo que hay que darle madurez, es muy joven, tiene diez años, no es mucho para un marco normativo y menos para un sector tan difícil. (FedEst)

...la ley [LDRS] marca un andamiaje diferente y novedoso, participación, concurrencia, que no existía en este país y que permite ir ubicando cada una de las dependencias en su propio contexto con los elementos para poder hacer concurrencia. No quiere decir que se haya hecho. (IFed)

La ley [LDRS] lo que preveía era la necesidad de que hubiera un enfoque que permitiera ir... como van caminando los escenarios internacionales y las necesidades globales además. O sea, no solamente es la parte de mercado, sino también la parte de conciencia interna, de que debemos... hacer una producción cada vez más sustentable. (IFed)

El carácter novedoso del concepto en la institucionalidad mexicana podría explicar tanto la diversidad de narrativas asociadas con éste como el carácter contradictorio que parecen tener algunas actividades desarrolladas por diferentes instituciones. Esta situación no escapa a la visión de los servidores públicos:

[Sostenibilidad es] lo que yo tengo que hacer para mantenerme en el estándar en el que estoy e ir mejorando a la vez. Reduciendo costos, con mayores ingresos, o sea ir haciendo

un programa que me permita con lo poco que tengo crecer más e ir a la vez reduciendo lo que voy gastando. (IFed)

La sustentabilidad se refiere a que aquí técnicamente nos demuestren con su proyecto que va a ser aprovechado, que tienen los recursos suficientes para que la unidad productiva tenga condiciones para crecer. (IEst)

[La sostenibilidad se ve en los traspatios, donde]... incluso hasta un 70% de lo que consume lo van a sacar de ahí y con sus cabras, con sus conejos, sus aves, sus porcinos, de alguna manera ahí compostean, lo reciclan, lo incorporan y sacan provecho. A veces no sé si de forma indirecta o sin conocimiento pero si hay cierta sustentabilidad en los traspatios. (IEst)

[La noción de sostenibilidad] depende mucho de la persona que te lo está comentando... Habrá gente que... le... dé más peso a la parte social... gente que esté más ligada a los aspectos de conservación... Y obviamente el del billete ve su sostenibilidad en términos de rendimiento que pueda tener. (IFed)

...en la lógica nuestra [SEMARNAT] es preservar una especie, preservar un ambiente, preservar un ecosistema. La de ellos [SAGARPA] es "bueno, vamos a hacer esto porque si no tenemos repercusiones y tenemos pérdidas por tanto"... SAGARPA... es quien tiene más dinero y los programas que maneja son totalmente contrarios... a los asuntos del cuidado del ambiente y la conservación. (IFed)

...en todas las ramas del quehacer de la secretaría [hay actividades] que están relacionadas con el manejo sustentable. Hacia afuera eso es lo que tenemos. Hacia adentro... hay mucha gente que está dentro de ciertas áreas que desarrolla actividades de manera rutinaria, y a lo mejor sin pensar en su contribución. Aún cuando no se es plenamente consciente de la contribución por ejemplo, del apoyo que se da en un equipo para cosecha en verde de caña de azúcar en cuanto a la disminución de las emisiones de gas de efecto invernadero a la atmósfera, el responsable del programa pues está tratando de que los recursos que ese programa tiene asignado se utilicen de forma apropiada. Yo no quisiera decirle que aquí todo mundo tenemos (sic) la etiqueta verde... Hace falta mucho por avanzar en eso. (IFed)

...a veces parece que cada área de la SEMARNAT es un mundo diferente. Hay algunas áreas que incluso, tienen posiciones... radicales en cuanto a la sustentabilidad en el manejo de los recursos. Nos hemos encontrado con gente de SEMARNAT que piensa que las selvas deben de ser áreas inmaculadas donde nadie tiene derecho a entrar más que los animales salvajes... y todo fuera un cuento de hadas en materia de sustentabilidad de los bosques y las selvas. (IFed)

En una misma institución, a la par que se asume la sostenibilidad como directriz, se enfatiza que "el otro enfoque fundamental de la Secretaría es productividad, productividad, productividad, productividad. O sea, cómo un paquete tecnológico puede incidir con las tecnologías que hay en bajar costos de producción y mejorar la productividad" (IFed). No en vano, desde la mirada académica se sostiene que "la lógica que pesa es la parte económica a corto plazo." (FedAc).

Además de las dificultades que surgen debido a la inconsistencia entre el llamado a la sostenibilidad y la preocupación por la productividad, están aquellas originadas en la falta de preparación e interés de los profesionales a cargo de ejecutar la misión institucional:

La ecología es una ciencia dura de la biología, para eso está el Instituto de Ecología, para eso está la CONABIO. La SEMARNAT se encarga de... mediar la relación entre la sociedad y la naturaleza... Entonces se meten los biólogos a tratar asuntos sociales sin que sea su culpa, pero no están formados para eso... en la CONANP o en la SEMARNAT lo menos que hacen es biología, todo es gestión social, y tienen que improvisarse un campo para hacer proyectos productivos, para hacer resolución de conflictos, para decretar un área protegida, y se topan con algo que no se imaginaban. (IFed)

Un burócrata no es capaz de escribir más de dos cuartillas, las dos cuartillas corresponden a una nota ejecutiva que le pasa a su jefe... [Escribir es] un reto tanto por las formas de trabajo que le exigen a uno andar en 20 temas a la vez como...por la propia formación de los funcionarios. (IFed)

...se preocupan por otro tipo de cosas, los propios funcionarios tanto estatales como federales, que pensar en una verdadera planeación, llevar a cabo los programas como deben de ser...Entonces es cuestión de voluntad...de actitudes... lo ves con tus propios compañeros: ...quieres hacer mejoras en los procesos y resulta que si yo tengo la idea y yo la saco... el otro [que no tuvo la idea]... te bloquea todo. Eso ocurre. (FedEst)

En este contexto, sería preciso pensar en las instituciones como entes adaptativos en los cuales es posible generar alternativas cuando no se obtienen los resultados esperados o cuando estos traen consigo consecuencias negativas. Sin embargo, "...no existe [esto de] 'hagamos un alto en el camino, y vamos a evaluar y vamos a dar otro paso'. Eso no existe" (FedAc):

Estas instituciones que ya tienen toda una... dinámica... un engranaje muy pesado... es muy complicado cambiarlas. A veces uno piensa que si uno trabaja más a nivel de municipio o de estado... puedan ser un poquito más fáciles de cambiar. No, no es fácil, también tiene su engranaje ahí, complicado. (FedAc)

No obstante, se reconoce que "la gestión tiene que ser local, y muchas veces localmente sí se pueden lograr ciertos compromisos, ciertos acuerdos, ciertos cambios que generalmente son complicadísimos" (FedAc). La gestión a nivel estatal y municipal, sin embargo, adolece de "crecimientos asimétricos" (IFed) en los cuales se fortalecen las entidades que cuentan con mayores recursos. A las limitaciones impuestas por este hecho, se suman factores de carácter político que en algunos casos convierten "el recurso en dádivas" (FedEst):

Desgraciadamente lo vemos en los municipios que sabes que ahora es de un color [o partido político distinto]: “ahora ya no le doy seguimiento a eso”, así nos dicen... El gran riesgo aquí son los colores. Desgraciadamente, a nivel municipal se diferencian más esos colores porque los proyectos que yo quiera asignar a mis municipios van a ser para mi compadre que es del color de mi partido, entonces viene la contra: “¿Y nosotros por qué no?” Cuando ese municipio cambia de color entonces viene el revanchismo: “Tú estabas abajo, ahora estás arriba.” (IEst)

De repente hay programas que jalan padrísimo, pero cambia el gobernador y hasta ahí... Cambia inclusive hasta un presidente municipal y todo lo que hizo el anterior no sirve... A nivel nacional debería haber directrices que no cambiaran. (FedEst)

...en los estados muchas veces no están cumpliendo [con los lineamientos federales], y en los municipios no se diga. De repente ahí son unos desórdenes... Y entra un presidente municipal nuevo y lo primero que se le ocurre es arreglar la plaza del pueblo, y se gasta un millón y medio. Y rodeado de puros ganaderos: “a ver, espérame cabrón, no la friegues, inviértele al campo”... Son las incongruencias todavía que se dan... La fortaleza de la institución tiene que estar aislada de los partidos políticos. O sea, si un gobierno federal es panista y el otro es quién sabe qué, pues muchas veces hay choques y piques. (FedEst)

Otro de los elementos que trajeron consigo las leyes promulgadas en los últimos años es la coordinación interinstitucional. “La inclusión de la transversalidad en las políticas, y en particular la política ambiental, ha sido como que la columna vertebral, o se está tratando de que se considere así en todo el ámbito federal” (IFed). Aunque las experiencias en este sentido son diversas, tienen en común el hecho de atribuir buena parte de las dificultades, nuevamente, a la inconsistencia en las misiones de las instituciones relacionadas con el manejo de los recursos, así como a los rasgos personales de algunos servidores públicos:

Todo mundo piensa que el trabajo dentro de gobierno, por definición, es un trabajo armónico, coordinado, coherente... O sea porque trabajamos aquí, somos hermanos, somos la misma casa, estamos bajo la misma Presidencia de la República. Nada más difícil, nada más complejo! Desde... las agendas de trabajo hasta los caracteres... los divos y las divas... Las Comisiones Intersecretariales en este gobierno no son bien vistas por todos...por la gran cantidad de trabajo que tienen... y porque algunos altos oficiales de este país consideran que es mucho... Desde el sexenio pasado hemos estado impulsando la agenda de transversalidad ambiental que... sabíamos que iba a costar trabajo impulsarla. Empezar con una agenda de bajo perfil era importante, primero poniendo lo que ellos consideraran eran sus compromisos, después compromisos negociados y al final los compromisos que tiene que existir. Sin embargo, coordinar a diez Secretarías es complejo.... Porque creen que es uno, “¿quién te crees?” te dicen, “¿el Presidente o qué para juntarnos a nosotros?” (IFed)

...a nivel nacional los indicadores para evaluar el ejercicio de los recursos son distintos de uno a otro lado, y entonces todas las dependencias tenemos que comprobar el recurso con indicadores y con metas distintas que no nos permiten en muchos de los casos complementarnos sino al contrario. (IEst)

El año pasado hubo cambios en Hacienda. Ya cuando los convenciste te los cambian, entonces sí, otra vez, volver a remar. Cuando dices, [ya está superada] esa discusión de si

es sustentable el aprovechamiento o si es un programa integral o si la conservación va más allá de todos estos intereses, [sucede que]... ¡No puede ser! ¡Tengo que volver a explicarle! “No me importa el rendimiento, no me importa!” Es otro lenguaje, es otra lógica. (IFed)

...con SAGARPA particularmente hay serios conflictos...chocan estas dos visiones: por una parte el sector ambiental...la conservación a ultranza y [por otra] el desarrollismo rural a ultranza. (IFed)

...la [línea de trabajo] más tortuosa es la de Sinergia y Transversalidad porque dependes de voluntades. (IFed)

...hemos tratado de que nuestros compañeros [de SEMARNAT] entiendan un poquito más de la realidad de este México en el que vivimos, y que nos quitemos un poquito de la cabeza el que, como decía un ex jefe mío, “si tenemos un martillo a todo le veamos cara de clavo”. Aquí lo que tenemos que buscar es, qué es lo que realmente está sucediendo afuera y cómo, con los diferentes instrumentos que tenemos, podemos buscar llegar a conseguir los objetivos de país. (IFed)

...las políticas públicas propuestas por la SAGARPA están... encontradas casi en su totalidad con las políticas públicas propuestas por la SEMARNAT: un asunto es la conservación y otro es la producción. Y a pesar de que se les ha explicado muchas veces que podría haber producción con conservación pues no están muy alineados, su política es productivista. En donde unos se benefician, claro. Algunos tipos de productores comerciales ligados a procesos agroindustriales se benefician pero... [pero] el setenta por ciento de los productores en México son de autoconsumo. [Es] una pelea medio dispareja, porque la SAGARPA tiene un presupuesto enorme, tiene... la prioridad sobre el diseño de las políticas públicas en lo que se refiere a producción. Y tienen pequeños proyectos aquí y allá que intentan... hacer esa otra labor [cercana a la conservación]. (IFed)

... mucha gente de otras dependencias los ve como los consejos de la SAGARPA [a los Consejos para el Desarrollo Rural Sustentable], y eso genera cierto nivel... hasta de aversión porque finalmente no ha sido bien comprendido el espíritu... de esos consejos. ¿Qué caso tiene que exista un Programa Especial Concurrente para el sector rural si en un momento dado, a nivel de donde se detectan las necesidades más directas de la población que es en los consejos municipales, no hay un esquema de respuesta? Insisto, el andamiaje está dado, y está puesto, es ideal. Pero falta mucho por hacerlo efectivo... Esos instrumentos pueden funcionar mejor de manera sinérgica, y tenemos que tratar de hacer sinergia con otros servidores públicos. Pero como nos ponemos la camiseta tan fuertemente, pues entonces de repente [decimos]: “es mi programa, y son mis normas, y son mis formas de bajar los apoyos a la población, y tengo mis esquemas y mis reglas y mis particularidades, entonces no puedo entrar en un esquema que sea diferente al mío”. Y desafortunadamente eso sucede todavía, y sucede mucho. (IFed)

En la vida real es que no hay una coordinación institucional... Hay una falta de rectoría que el propio Estado, a pesar de que el marco normativo está, no... cumple. Cada quien responde a la autoridad de la cual depende... Si bien el Programa Especial Concurrente lo conceptualiza y a nivel de cúpula existe una comisión intersecretarial conformada por los secretarios, a nivel estatal obviamente se va diluyendo... Los consejos estatales [y] municipales [de Desarrollo Rural Sustentable]... deberían de jugar ese papel como entes de consulta... En algunos Estados se está dando, en otros no. No es un desarrollo que haya premiado todas las capas que debería estar premiando, es problema de coordinación y bueno, a lo mejor de autoridad misma, que en eso de la coordinación mucho depende de la voluntad, no del marco normativo. (FedEst)

Es claro el reto que supone sentar en la misma mesa a representantes de instituciones con lógicas distintas para negociar procesos comunes. A pesar de esta dificultad hay algunas experiencias exitosas:

[El éxito de la coordinación institucional depende] de que el producto o el acuerdo sea común. ¿Por qué nos ha funcionado con FONART? Porque a FONART le interesa promover las artesanías... [y] a nosotros nos interesa promover que nuestros proyectos que estamos apoyando sean sustentables pero además que a la gente le reditúe económicamente. [El objetivo] es común... Yo le apuesto, yo le invierto y ellos también... Para nosotros que digan que es artesanía y que está certificada por FONART, excelente. Y para FONART que digan que su artesanía es sustentable, excelente. Con SAGARPA [en cambio] ¿por qué chocas? Porque son políticas encontradas, porque dile "no pesques", o "establece una política de pesca diferente", o "no des tu apoyo para establecer praderas donde yo estoy impulsando que se restaure o que se siembren arbolitos" ...Esa es la parte... que te pega al final de cuentas. (IFed)

En cuanto a los espacios de participación ciudadana, persisten amenazas por la falta de condiciones de equidad y por el secuestro de las voces ciudadanas por parte de la representación gubernamental:

...una de las cosas que por ejemplo es relevante en términos de cómo se hacía antes y cómo es el ahora de los ordenamientos es... en los talleres de participación la gente tiene el mismo peso, no importa si es un turista... que tenga todo el dinero del mundo o es una comunidad de pescadores, o es una comunidad de agricultores; luego hay sectores que presionan más y que incluso hasta sabotean. (IFed)

...todas esas reglas nuevas, han ido como que formalizando la cuestión de la participación y de tener un espacio formal de negociación. Esto no ha hecho para nada que... sea más suave la negociación, sigue siendo un proceso muy complejo... en el que hay inequidades en la participación, que siguen siendo más fuertes los intereses de ciertos sectores. (IFed)

La participación pública en México... ha llegado para quedarse pero es muy asimétrica... y si quieres que la sociedad participe tienes que pagar... tienes que generar condiciones para que participe, el 20 por ciento de la población mexicana tiene internet, el 80 no. ¿Quieres hacer una reunión en Mazatlán...? Pues tienes que subsidiar algunos boletos para que los yaquis de Sonora viajen a Mazatlán... si quieres tener su voz ahí... esto es muy diferente a aceitarlos para que estén de tu lado... [o decir] "yo te pago y juegas conmigo". (IFed)

Cada uno de los temas abordados en esta sección (sostenibilidad, coordinación institucional y participación ciudadana) implican retos particulares. En relación con el primero, más allá de la necesidad de que todas las instituciones compartan el mismo concepto de sostenibilidad, la tarea pendiente que salta a la vista es que dicho concepto se traduzca en acciones coherentes. Esta falta de coherencia puede estar detrás de la dificultad para lograr una verdadera coordinación interinstitucional. El poco o nulo entendimiento entre distintas

instituciones, así como la desconfianza, es un obstáculo para el desarrollo de CI (van de Meene *et al.*, 2009).

En cuanto a la participación de la comunidad, si bien es un elemento considerado en el marco normativo desarrollado durante la última década, las narrativas recogidas en esta investigación hablan de un proceso incipiente y expuesto a riesgos como la inequidad y el soborno. En este sentido, la experiencia en el área de la conservación a nivel comunitario señala que es preciso despojarse de la idea de comunidad como un grupo homogéneo, con identidad e intereses compartidos (Agrawal y Gibson, 1999). Por el contrario, es necesario reconocer los múltiples actores con diversas motivaciones dentro de una misma comunidad, y la forma como cada uno de ellos negocia con diferentes instituciones (Agrawal y Gibson, 1999). Teniendo en cuenta la multiplicidad de instancias relacionadas con la sostenibilidad en el país, esta aproximación a las comunidades debería ser considerada. El reto que esto implica para los servidores públicos a cargo de estos procesos es ser sensibles al contexto socio-cultural y político de las comunidades, el cual es una importante herramienta para discernir la dinámica de la comunidad en el marco del cualquier proceso de toma de decisiones (Kloster, 2009).

3.3. Los programas de apoyo para el sector agropecuario en el marco del desarrollo sostenible

En 1993 se lanzó el Programa de Apoyos Directos al Campo, PROCAMPO, con el objetivo de “compensar a los productores nacionales por los subsidios que reciben sus competidores extranjeros, en sustitución del esquema de precios de garantía de granos y oleaginosas” (SAGARPA, 2012). En la actualidad, PROCAMPO otorga entre \$963 y \$1,300 por hectárea sembrada de cualquier cultivo lícito (SAGARPA, 2012). Dos años después, el entonces Secretario de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR, para ese momento, y posteriormente SAGARPA), Francisco Labastida Ochoa, lanzó el programa de Alianza para el Campo. En sus palabras “el programa de esta Alianza es integral, porque coordina todos los instrumentos disponibles en el sector público. Se orienta por el mercado, eleva la productividad, moderniza los sistemas de

comercialización, promueve un sistema financiero oportuno y competitivo, prevé terminar con el rezago agrario e incluye medidas para cuidar el medio ambiente” (Procuraduría Agraria, 1996:2). En ese momento también se fijó el fin de PROCAMPO para el año 2008 (Procuraduría Agraria, 1996). Sin embargo, Felipe Calderón (2006-2012) decidió extender dicho programa (Winters y Davis, 2009). Entre los cambios promovidos por la Alianza para el Campo estuvo la transferencia a los gobiernos estatales del 85% de las actividades operativas de la, entonces, SAGAR (Procuraduría Agraria, 1996). Uno de los programas derivados de la Alianza para el Campo fue el de Adquisición de Activos Productivos. Actualmente, a través de este programa se apoya hasta con el 75% del costo para la adquisición de maquinaria y equipo para la producción agropecuaria, acuícola, y actividades de conservación y manejo (SAGARPA, 2012b).

En 2003 fue implementado el Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN), posteriormente convertido en el Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (nuevo PROGAN). PROGAN es uno de los componentes del actual Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria. Otros de los componentes de este programa son Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA), cuyo énfasis es la capacitación a técnicos (SAGARPA, 2010a), y Reconversión Productiva, cuyo propósito es generar “cambios tecnológicos, conversión de cultivos, reconversión productiva y recuperación de zonas degradadas, sin perder de vista que contribuyan a uno o más de los siguientes aspectos: productividad, competitividad, seguridad y soberanía, y un óptimo uso del suelo” (SAGARPA, 2010b). PROGAN otorga entre \$50 y \$375 por cada hembra de ganado bovino, ovino y caprino en edad reproductiva, y colmena. A cambio de este apoyo, los productores deben comprometerse a llevar a cabo actividades de sanidad animal y conservación de suelo y agua. Otro programa pertinente a este análisis es el de Soporte, entre cuyos componentes está Asistencia Técnica y Capacitación e Innovación y Transferencia de Tecnología (SAGARPA, 2009). Mientras PROCAMPO y PROGAN son manejados desde las oficinas centrales de

SAGARPA, sin una gestión directa por parte de los gobiernos estatales, estos últimos tienen la potestad para manejar los recursos de los programas de Activos Productivos y Soporte.

Las metas de productividad y competitividad que fijó México debido a la apertura económica, así como los recientes desafíos en materia de sostenibilidad han estado soportados por estructuras establecidas décadas atrás. El rejuvenecimiento de las capas directivas en las instituciones, su mayor preparación académica y, en algunos casos, su vínculo directo con el sector productivo, han implicado cambios en la lógica institucional. Dichos cambios han logrado permear algunos ámbitos del quehacer de las instituciones o, al menos, se han instalado en el discurso oficial:

Creo que ya no es tan totalitario [el mecanismo para tomar decisiones]... Ahorita, la toma de decisiones es más consensada, se toman pareceres de gente ya más preparada... Recuerdo las primeras reuniones, hace treinta años, era lo que el delegado [de SAGARPA en el estado] decía y punto. (FedEst)

El Programa de Uso Sustentable de los Recursos Naturales Para la Producción Primaria... tiene... una serie de componentes que tienen que ver con un enfoque 100% de sustentabilidad [en el] manejo de los recursos utilizados para la producción primaria. Pero además de eso, el resto de los programas trataron de meterse en un esquema transversal de manejo sustentable. (IFed)

Sin embargo, persisten las inconsistencias, los desencuentros y las dudas acerca de la eficacia de los programas:

...son los mismos programas pero con alguna modificación al nombre, al tipo de requisitos sobre la orientación que hay que atender... Los programas... son dinámicos, incluso van cambiando de nombres y requisitos y demás, pero todo parte de la Alianza para el Campo. (IEst)

...los programas no cambian, a lo mejor se les cambia de nombre... pero en cuanto al objetivo y al manejo de los mismos generalmente viene siendo el mismo, no cambia en gran medida. El objetivo principal es capitalizar... las unidades de producción... y que los productores tengan... más ingresos. (IFed)

El problema es que no somos honestos. Llegan muchos recursos y no saben cómo aplicarlos. Hay mucho dinero en desarrollo rural, pero hay cacicazgos. El color importa. (FedEst)

Los programas hidro-agrícolas van encaminados... a lograr un uso eficiente del agua con impacto en la productividad agrícola, no realmente buscar el uso sustentable del agua sino que ese uso sustentable se refleje en un valor agregado de la productividad del agricultor [o el] ganadero. (FedEst)

...yo puedo diseñar un programa o puedo definir ciertas políticas de apoyo al campo ... y apoyarme por ejemplo en expertos... pero después... resulta que no funciona porque la realidad del campo es otra. (IFed)

Nosotros... generamos las reglas de operación, y lo hemos hecho durante muchos años, vienes acá y dices "híjole, aquí esto no funciona". (FedEst)

La federación establece que hay que dar apoyos diferenciales. Eso significa más a los que menos tienen y menos a los que más tienen. En la realidad eso no está ocurriendo... Porque a nosotros nos etiquetan en el desarrollo en las zonas de alta y muy alta marginación, no es que no puedan ser productivas, se requiere mayor madurez, no es tan fácil. La experiencia, y así lo vimos hace más de 20 años, esas zonas hay que pensarlas en su desarrollo, no en un año, un ciclo, en un sexenio, hay que pensarla a largo plazo, no hay de otra. (FedEst)

...tú puedes decir "ok, en esta parte, en ese estado, con estos municipios que son importantísimos, aquí voy a aterrizar de esta manera este programa"... [Pero] hay esta... cerrazón de decir "para todos por igual", pero no todos son iguales. Las condiciones son tan, tan distintas, que sí necesitas tener programas distintos. (FedAc)

... este tipo de subsidio que tiene una buena intención de apoyar a los agricultores para que tengan competitividad frente a los socios comerciales finalmente es un subsidio ambientalmente dañino, perverso, porque... ponemos en riesgo la competitividad futura y [a las] generaciones futuras. (FedAc)

La Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria... establece que cualquier recurso gubernamental federal, sobretodo subsidios sujetos a reglas de operación, tendrían que ser evaluados sus impactos... y... desde el 99, ha habido esfuerzos del gobierno federal de medir los impactos y los resultados de esos programas del gasto público. La ley te obliga nada más para evaluar los programas con reglas de operación pero no [aquellos sólo] con... lineamientos. (FedAc)

[Es necesario] que realmente las experiencias se reflejen aquí y no se queden en un estudio de evaluación, en un disco... que a lo mejor ni siquiera los leen algunas personas, que te lo entregan y dicen "pues sí... el mismo problema de siempre..." Generalmente las evaluaciones se hacen sobre un año, pero al final. Entonces el trabajo que se hace de ahí hacia allá pues es prácticamente un año de desfase. Pero como la Secretaria trabaja sobre un año antes para ir ya haciendo la programación para el siguiente año, entonces ya te desfasarías dos años... y aparte corres todavía un riesgo de [que] esa información que ya te dieron, a lo mejor ya no va a ser operativa en dos años. La solución que te dieron a lo mejor en dos años ya no es la viable. (IFed)

...para tú poder hacer una verdadera evaluación necesitas monitorear, y la parte de monitoreo es compleja, porque necesitas dinero, porque necesitas contratar a las universidades, tener un protocolo de evaluación, etcétera, etcétera. Eso no es fácil, en México no hay mucho dinero para eso. (IFed)

El contexto global ha jugado un rol importante no sólo cuando la atención internacional se ha puesto en algún fenómeno particular que demanda la intervención gubernamental (por ejemplo, el derrame de petróleo en el Golfo de México, en abril de 2010), sino cuando el mercado dicta el carácter de dicha intervención (por ejemplo, durante la restricción a la entrada de camarón mexicano

a Estados Unidos, también en 2010). Uno de los programas derivados del nuevo escenario económico al que ingresó México fue el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares, PROCEDE, en 1993:

A principios de los noventa trataron de establecer un andamiaje que les permitiera la transición de una época económica a otra, y [aminorar] sus impactos en el sector agropecuario... lo que se buscó fue modificar el artículo veintisiete constitucional en México que es el que rige la propiedad social, la propiedad de ejidos y comunidades agrarias, y buscar llegar a la propiedad plena de la tierra, buscando generar también, entre otras cosas, el que terminaran las presiones por el reparto agrario que todavía se mantenían hasta esa época... una de las precondiciones, digámoslo así, para poder transitar de una época a otra pues era dar certeza jurídica en la propiedad de la tenencia de la tierra... [Una de las] expectativas detrás de la modificación del artículo veintisiete constitucional... era el que se iba a generar un mercado de tierras... [que permitiría]... Siendo un país que hizo una revolución por la tenencia de la tierra, con una tradición de apego cultural..., personal, familiar, de todo tipo a la tierra, pues era difícil que realmente pudiera lograrse esa expectativa... A lo largo del tiempo se ha demostrado que... no ha habido esa reagrupación que se pudiera haber esperado para... lograr predios de tamaño más competitivo en el mercado. (IFed)

En términos de la comercialización, el peso de las redes de mercado global es aún más claro:

¿Qué me manda el mercado? El mercado me manda una manzana de este tipo... esa estrategia no está mal pero hay que fortalecerla: no solamente este señor de acá sino todos los eslabones de la cadena con formaciones y con recursos humanos diferentes y con capacidades o con conocimientos diferentes... La parte primaria te pide un tipo de capacitación; te vas a valor agregado, puede ser empaques, ahí necesitas a alguien que sepa desde el diseño... Luego redes de frío, [entonces necesitas a] alguien que sepa lo mínimo de redes de frío... [Y si] necesitas ir al mercado externo, pues alguien que sepa manejar al menos el inglés. Otro aspecto fundamental... como política pública nacional es la inocuidad... de los productos... Porque [en] el mercado mundial ahora las barreras ya no son de índole comercial... [sino] sanitaria. (FedEst)

...ahora le estamos dando mucha importancia a lo que es la competitividad por la importancia del libre comercio con Estados Unidos y... con otros países... Ahorita todo tiene que ser con visión y orientación de lo que está demandando el consumidor. No podemos estar sembrando por sembrar, nada más por mandato presidencial. Tenemos que ver qué demanda el mercado... primero local, regional, nacional, y luego el... internacional. [Necesitamos] gente que tenga la actitud de cambiar... que empiecen a ver el campo como un agronegocio, eso es todo. (IFed)

Empezamos... viendo cómo podríamos encaminarlos a... su competitividad, ¿con respecto a quién? Pues con respecto a su principal... país competidor... Y que el productor tenga perfectamente bien identificado lo que necesita el mercado... En un mundo globalizado... pues es si no funcionas, viene otra cadena de otro país y te toma no sólo los mercados a los que quieres acceder sino tus propios mercados domésticos... Hoy lo que buscamos... [es que] por cada producto agropecuario llegue un mayor porcentaje al productor primario. (IFed)

...la globalización en el mundo... impulsó todo esto [cambios en las políticas de suministro de agua para la producción agrícola] y tenía que meter a todos los países y a todos los usuarios en un sistema que tenía que producir más con menos para bajar los costos y ser más competitivo, tanto en calidad como en cantidad. El gran reto... es...sacar un valor bruto de seis euros... por metro cúbico de agua extraído... ¿Por qué seis euros y por qué no ocho? Porque ese fue el aspecto internacional que manejó el MERCOMUN en Europa para hacer el precio del agua...Entonces ahora... esa es la orientación que deben tener los agricultores: meter invernaderos, meter suficiente tecnología que le produzca más y que le dé más utilidad al productor. (FedEst)

Todo... es con el fin de la competitividad, de la rentabilidad, a través de las acciones dirigidas al sector [agropecuario]... Nosotros trabajamos sobre dos premisas básicas: la disminución de costos y el aumento de la productividad. (IFed)

A juzgar por las narrativas obtenidas, en México pueden verse ambas caras de la globalización: la positiva, en tanto el país ha firmado convenios internacionales que lo obligan a llevar a cabo acciones de protección ambiental; y la negativa, en tanto su respuesta a la demanda de los mercados globales puede afectar seriamente los recursos naturales (Lemos y Agrawal, 2006). Esto último sin contar su posible papel en la profundización de la inequidad socio-económica (Lemos y Agrawal, 2006).

Transferencia de tecnología

La transferencia de tecnología y la asistencia técnica son elementos claves para garantizar la adopción de nuevas prácticas por parte de los productores. Estos elementos existían al menos desde los años 70 (Tapia, 2002). Sin embargo, el marco normativo reciente espera que la transferencia de tecnología al sector agropecuario derive en el manejo sostenible de los recursos. Son varias las dificultades que se señalan en cada uno de eslabones de este proceso:

...la decisión que se tomó ante un nuevo escenario de apertura económica, de mercado global, de tratados comerciales y de... políticas de Banco Mundial... fue buscar un esquema de privatización de los servicios de extensión agrícola y de asistencia técnica. Eso es uno de los ejemplos de lo que ha sido la evolución del papel del Estado en el sector agropecuario... lo que tenemos hasta hoy día [es] una serie de servicios privados que tienen sus propias características, pero que ya no es un servicio que da gente especializada contratada por el Estado para atender a los productores. (IFed)

...nos falta mucho en cuanto a evaluar el impacto de nuestra capacitación con respecto al nivel de adopción que pueda tener... Realmente... no tenemos [en el INIFAP] la manera de evaluar qué porcentaje de adopción tuvieron [las tecnologías transmitidas] porque nadie nos financia proyectos de adopción. (FedEst)

La misión del instituto [INIFAP] es generar tecnología que contribuya al desarrollo del campo... Desgraciadamente, la mayoría piensa que deberíamos llevar el conocimiento directamente al productor... Si de por si tenemos poco tiempo para la investigación neta, todavía tener que dedicarme a dar cursos de investigación y a poner parcelas de validación y parcelas demostrativas... Es abrumador el asunto. La verdad es que no podemos cumplir con eso porque además no es nuestra misión, no tenemos la capacidad en número de gente para hacer eso... el investigador puede hacer maravillas, pero si no hay quien se la lleve al productor no sirve para nada... [El extensionista] tiene que recorrer dos horas en su vehículo con su gasolina, porque no le dan vehículo ni gasolina, y además le dan un sueldo de miseria. ¿Con eso quieren que hagan extensionismo? A mí me parece una vacilada. (FedEst)

De repente hay técnicos que no van a tener ningún efecto sobre los productores. Tratamos de controlar los factores que nos puedan hacer ruido lo más que podamos... No puedes controlar todo ni todo puede salir perfecto porque a lo mejor también tienes el caso de que es un buen técnico, que sabe del tema, que lo transmite bien y que el productor no le entiende. (IFed)

...la evaluación de esos programas [para elevar el nivel tecnológico de los productores] era complicado, no podías tú decir quién adoptó la tecnología y quién no. El que tuviera medios lo hacía, el que no tuviera medios no lo hacía. Sin embargo con el correr de los años sí te podemos decir qué cambios vemos nosotros. (IEst)

Las autoridades federales llegan: "aquí te capacito y estas son las reglas." Si le entendiste bien y si no también. Ese no es el detalle, tiene que hacerse más participativo, más así como comunitario. Te doy los papelitos ¿y qué? Sí, los papelitos de CONAFOR son muy buenos y muy didácticos pero la gente no los lee. Ve los monitos... pero no los lee. (IEst)

...ni siquiera... capacitamos a los extensionistas de decirles "tú te vas a ir a este sistema de producción y nosotros sabemos que ese sistema de producción requiere esto. Entonces tú ve a capacitar en esto." ...no hemos enlazado los programas de las universidades a las necesidades de los productores en términos tanto de nivel de conocimiento tecnológico como de la forma de llevar ese conocimiento al productor... no hemos generado profesionistas bilingües... no tenemos la manera de evaluar qué porcentaje de adopción tuvieron porque nadie nos financia proyectos de adopción... Un problema que tienen nuestros técnicos... es que tienen que ser muy todólogos... por ejemplo médicos veterinarios que andan dando eventos de capacitación de conservación de suelo y agua... Y... hemos tenido contadores, licenciados, antropólogos, haciendo esto... No hay una continuidad con respecto a lo que uno, en un momento dado, les fue a llevar de nuevas tecnologías y de conocimiento. Por lo tanto tenemos cero, cero indicadores de adopción, porque eso implicaría regresar cinco años después, diez años después, a ver si realmente adoptaron una tecnología. (FedEst)

Debido a estas dificultades, en algunos estados se han creado "agencias de innovación... a través de los programas que en concurrencia se celebran los estados con SAGARPA... con el propósito de mejorar la calidad de los servicios de asistencia técnica al productor." (IEst)

La transferencia de tecnología no es un tema menor. En la escala internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), compromete a las naciones a compartir la información

relevante para disminuir la vulnerabilidad de los países ante el cambio climático (UNFCCC, 2007). Esto es particularmente importante para México dado que tiene 11,122 km de litorales (INEGI, 2011) y que 51% de su territorio corresponde a zonas áridas, semiáridas e hiper áridas (Verbist, 2010). En el ámbito nacional, el marco normativo pone la transferencia de tecnología tanto al servicio del manejo sustentable de los recursos como del aumento de la productividad y la competitividad. Cómo lograr la compatibilidad de estos propósitos es, sin duda, un gran reto.

PROCAMPO

De ser visto en un comienzo como la alternativa para paliar las consecuencias de la apertura económica en el sector agrícola, PROCAMPO es ahora considerado como “un tiradero de dinero” (FedEst) que fomentó el desmonte de áreas “para hacerse llegar de ese apoyo” (FedEst). “El mismo subsecretario de Agricultura, hace quince días en una reunión, decía que el PROCAMPO era un programa que no servía para gran cosa y que sí había pervertido toda la relación con los campesinos pero bueno, que era un programa heredado de gobiernos priístas” (IFed). Desde la perspectiva de los usuarios locales, si algo se le podría mejorar al PROCAMPO sería “que el dinero... llegue en abril, cuando [los productores] estén listos para sembrar, y no en octubre, cuando ya deben todo el dinero.” (Loc)

El PROCAMPO... es un proyecto de subsidios... implantado para nivelar las diferencias que iba a generar el Tratado de Libre Comercio y que finalmente pues ha derivado... [en] un programa asistencial, electorero, para... repartir dinero en el campo, mantener aparentemente, supuestamente, una paz social. Pero que ninguna de esas cosas se ha logrado, simplemente ha pervertido la relación del Estado con los productores... incluso hay gentes que están en el padrón original que no se dedican al campo: taxistas, maestros, políticos, de todo tipo. Están en ese padrón y... no se puede dar marcha atrás porque es un programa secuestrado por todos esos intereses. (IFed)

En efecto, el padrón de beneficiarios de PROCAMPO se cerró en 1994 “y si desde ese 1994 algunos de sus beneficiarios entraron o salieron de la función pública o si algunos se enrolaron o no en la delincuencia, su acceso al programa quedó fijo”. Esto lo afirmó el secretario de SAGARPA, Francisco Mayorga, en entrevista con un medio de comunicación (La Jornada, septiembre 18 de 2010).

“Siembro porque me dan el PROCAMPO”... [desde] ahí empezamos mal... Estos subsidios, que son a fondo perdido, no quisiéramos que fueran como paternalismo [sino] que se estimulara al que de veras trabaja, que tenga apoyo el que de veras desquite su actividad en el campo. Si no, nunca vamos a cambiar nuestro campo, nuestra actividad agropecuaria y es una lástima porque en pleno siglo XXI debemos ser competitivos a nivel internacional. (IEst)

...producir es lo más sencillo, lo produce... gente que no sabe ni leer ni escribir... De las unidades de producción, 15% probablemente... están perfectamente vinculadas al desarrollo de la tecnología, la comercialización, tienen productores punta; [hay un] 30% que tienen posibilidades de desarrollo, de ponerlos al nivel de ese... 15%. Y tenemos un sector del 50-70% de unidades de producción en este país, que es poco menos que imposible pensar vincularlos en esos esquemas. El 70% del PROCAMPO... en esa definición de esa política pública... están en un estado subsidiario, porque su tierra, sus elementos no le dan capacidad (FedEst)

Un análisis reciente de este programa señaló algunas lecciones que los tomadores de decisiones deberían tener en cuenta al rediseñarlo (Winters y Davis, 2009):

a) La transferencia de efectivo tiene beneficios directos en el nivel de bienestar, al tiempo que promueve la inversión en actividades productivas.

b) El vínculo entre la transferencia de efectivo y las actividades productivas depende de los criterios de elegibilidad que se usen.

c) La entrega condicionada del subsidio tiene implicaciones en términos del impacto del mismo dado que induce a la acción.

d) Si bien la transferencia de efectivo incrementa las inversiones productivas en la medida en que reduce las limitaciones de liquidez, sin programas complementarios los usuarios no buscarán producir bienes con mayor valor.

e) El mejoramiento en el nivel de bienestar a través de los subsidios depende de las ventajas particulares de los beneficiarios. La falla en el apoyo al pequeño productor limita las opciones disponibles para las familias del sector rural.

f) La entrega condicionada del subsidio puede usarse no sólo como medio para inducir una acción específica, sino como un mecanismo de autoselección.

Un nuevo PROCAMPO, que introduzca las lecciones aprendidas en 15 años de funcionamiento, es una de las tareas pendientes de SAGARPA. No obstante, desde otras instituciones se está asumiendo el reto de generar programas con una lógica distinta:

El Estado no es monolítico, hay fisuras de repente, por donde te puedes colar y hacer propuestas, y meter el pie para que no se cierre la puerta... Y la idea de este programa [es] darle el giro... para [que] la mayoría de los recursos se vayan a fortalecer la organización comunitaria que existe en torno al maíz criollo. Y no sólo el maíz criollo... nos interesa el maíz en el contexto de la milpa, éste sistema productivo polivalente de aprovechamiento múltiple integral... Estamos tratando de que el programa este no sea de subsidios sino sea de fortalecer procesos sociales... [y] recuperar la capacidad de autoabasto en la medida de las posibilidades de las comunidades... [Esto podría] atenuar un poco la crisis y la migración... o el narcotráfico y todo lo que esto implica... El maíz, en... las tradiciones mexicanas se presta, se cambia, no se vende... O sea, eso es navegar contracorriente porque por un lado están recibiendo PROCAMPO y están siendo beneficiarios de este otro programa, y lo que queremos es sacar el subsidio de ese contexto y fortalecer todo lo otro. Hay ciertas regiones donde la gente va a seguir sembrando maíz criollo porque no hay maíz híbrido que resista esas condiciones. (IFed)

PROGAN

El primer impulso a la producción pecuaria en el país se dio en los años 70, a raíz de la creciente demanda de carne en los Estados Unidos (Bravo *et al.*, 2010). Luego, entre 1990 y 2006, 15 millones de hectáreas en todo el país fueron adecuadas para la actividad ganadera; de estas el 20% correspondió a establecimiento de praderas y rehabilitación de pastizales, y el 80% a apoyo en infraestructura (SAGARPA-FAO, 2007). Durante este período la producción pecuaria creció un 4%, insuficiente para evitar las importaciones de carne y productos lácteos en el país (SAGARPA-FAO, 2007), mismas que para el año 2010 ascendieron a 58 millones de dólares (INEGI, 2012).

En este contexto, surgió el PROGAN como producto de:

...una queja de los ganaderos, principalmente a Fox. Entonces de ahí surgió la idea, se nos propuso que hiciéramos un programa, se hizo y fue aceptada. Para esto muchos ganaderos son diputados y son senadores, eso ayuda mucho... Y es gente exitosa... el ganadero ganadero. No son ingenieros agrónomos, no son veterinarios, no son biólogos... pero tienen por varias generaciones el conocimiento como ganadero. (IFed)

El peso que tiene la promoción de la sostenibilidad en el marco de PROGAN, y su logro mismo a través del programa, es una duda que persiste:

No sé si los que lo hicieron lo hicieron porque fue iniciativa o porque tal vez es la misma presión que tiene el gobierno de México de... cumplir con ciertos compromisos, de implementar ciertas estrategias... Tenemos una gran responsabilidad... de que estos programas no vayan a ser algo en el papel de no más para decir hacia afuera: "Mira mis programas son estos" "Aquí dice producción sustentable"... "No porque el programa de la Secretaría diga que es sustentable [significa que] ya en la práctica sea sustentable. Lo que lo hace en la práctica sustentable es... que [quienes] lo... diseñan..., operan... y le dan seguimiento se aseguren de que así sea. (IFed)

A mí nadie me garantiza que si yo productor recibo \$300, \$330 ó \$415 por cada vaca... yo vaya a utilizar ese dinero para a partir de ahorita implementar una estrategia sustentable de producción... Tiene que haber mucha labor de educación y de conciencia y de tratar que los productores de México piensen en un objetivo común, o sea, por ejemplo, conservar este país, evitar que se siga deteriorando. Mientras no entendamos eso podrá haber programas como estos con muy buenas intenciones y a lo mejor al cabo de diez años me van a decir pues es que el PROGAN no tuvo nada de sustentable, no pasó nada, que ojalá no sea eso. (IFed)

...ese apoyo como que casi nunca se canaliza a lo que debiera de ser... Parece ser que no hay mucha transparencia y claridad en la repartición de lo que a cada quien le corresponde, para empezar. Después, se recibe esa lana y mucha va directito a una cantina, a fin de cuentas es la realidad. Igual, hay gente que la conserva, la guarda o demás. O [para] mucha gente es "la oportunidad de comprar los zapatos de mi niño"... A fin de cuentas es dinero disponible. Al firmar el PROGAN hay compromisos... que tiene el productor de realizar mejoras territoriales, que hasta la fecha, en el 95% de los casos se han omitido. O sea, nadie ha hecho caso de eso. (FedEst)

Y sí, en el ámbito local se admite el uso de la totalidad o una parte del dinero para fines distintos a los definidos por el programa:

Se hace uno zonzo de que ahí lo ocupa uno en otra cosa [el dinero del subsidio], pero no, lo primero es comer. Ahí los hace unos zonzos a los del PROGAN. (Loc)

Acá lo estamos manejando repartirse cada quien, pero al mismo tiempo es un acuerdo que tenemos, juntamos una cantidad entre todos para hacer lo que se necesite. Y lo demás sí se reparte... No no más somos nosotros [los socios de PROGAN o "proganeros" los] que se benefician de los bordos, sino todos, porque es ejido. Al fin de cuentas se benefician todos. Tenemos planeado comprar una báscula para pesar a los animales, con eso uno se puede defender mejor [frente al intermediario a la hora de vender animales]. (Loc)

[Si no hubiese el dinero del PROGAN] nadie soltaría de su dinero para hacer las obras. Se han hecho obras con dinero de PROGAN pero todos se benefician. Es difícil convencer a la gente de que trabajando se consiguen cosas. (Loc)

La ineficacia de PROGAN en el logro de los objetivos asociados con la sostenibilidad se atribuye, además, al sistema ejidal:

[PROGAN]... podría funcionar en terrenos particulares pero no en el ejido. Mientras alguien no tenga los pantalones para acabar con esos sistemas de ejido, sobre todo en los agostaderos de uso comunal, (...) repartíselos y darles títulos de propiedad que realmente lo sientan suyo, podrán ir y venir programas del tamaño que quieran y del color que quieran y... no va a pasar nada. O sea, al productor le podemos dar dinero pero si no sabe lo que tiene que hacer, no tiene las herramientas tecnológicas para hacerlo pues qué va a hacer ¿Poner un cerco? Un cerco no va a resolver el problema. (FedEst)

El secretario de SAGARPA parece coincidir con esta visión:

...el Progan... es un programa de subsidios a la ganadería bovina que tiene un criterio ambiental, pues busca equilibrar la capacidad de los agostaderos con la carga animal. En los ejidos y zonas indígenas con tierras de uso común es donde hay más desequilibrios y

erosión del suelo. Este 2010 revisamos cada una de las unidades pecuarias que tienen Progan para evaluar si estaban cumpliendo los objetivos de conservación firmados por el beneficiario (...) Cuando vemos que no se cumplen, hay una presión enorme de que paguemos Progan a ciegas, que no haya ningún condicionamiento porque la gente está muy necesitada. ¿Qué hacemos ante eso? La presión viene de líderes, organizaciones, algunos diputados, senadores, gobernadores. Nos dicen 'pobre gente, ¿cómo la vas a dejar sin su PROGAN?' A la larga ese tipo de políticas justicieras acaba perjudicando a la gente que se quiere beneficiar, porque una vez que se acabe el agostadero, tal vez en unos cinco años, aunque haya habido 20 personas viviendo allí, ya no va a vivir ninguna. Y sus descendientes tampoco van a vivir de eso. (Entrevista en La Jornada, septiembre 18 de 2010)

Aunque no se trata de entregar el subsidio de PROGAN "a ciegas", en la práctica tanto la falta en el cumplimiento de los compromisos por parte de los productores, como las presiones políticas desde los estados, desvirtúan la condicionalidad:

Hemos tenido algunos casos en los que nos han solicitado pagarles a los productores, diferir los compromisos, que porque se juntaron ellos [los productores] en algún lugar y decidieron que la sequía estaba muy fuerte y estaba afectando. Entonces ya les dijimos, la única forma de aprobar eso es que consigan dictamen de contingencia [climatológica] de CONAGUA. El problema ahorita es que no están cumpliendo [con los compromisos. Pero si] por otro lado, no pago, esto se nos puede... convertir en un conflicto político. [Hay una] presión política muy fuerte, que de hecho ya de repente sale que habla un Delegado [de SAGARPA en el estado] o alguien de un gobierno del estado [y] dicen: "oigan, cuándo van a pagar porque los productores aquí ya están protestando y nos dicen que si no les pagamos... van a tomar la Secretaría...". (IFed)

... al final de cuentas se trata de que ellos hagan el esfuerzo por cumplir y que nosotros los apoyemos de cómo cumplir. Porque de repente hay presiones políticas muy fuertes en donde nos piden que ya paguemos. (IFed)

...muchos de ellos [los productores] hablan por teléfono para decir: "Es que ustedes tienen la obligación de darme mi dinero ¿Y cuándo me van a pagar?" "Oiga no, es que estamos verificando, tiene usted que cumplir con las lalala" "A mí cada año me lo dan y no me han pedido nada, me lo tienen que dar así" "Oigan pues es que usted firmó una carta compromiso" "¿Cuál carta?" "Se le explicó" "Ah sí pero yo la firmé para que me dieran mi dinero" (IFed)

En la escala local, se aprecia la falta de expectativas que en un primer momento hubo acerca del PROGAN así como la dificultad para lograr el cumplimiento de los compromisos derivados de la participación en este programa:

Mucha gente no lo creyó, por eso no se metió [a PROGAN]. (Loc)

De 136 ejidatarios sólo 24 quisieron participar en PROGAN porque no creyeron que era en beneficio. (Loc).

"cuando supieron que había compromisos, muchos ya no quisieron. Por eso quedamos 20 en el PROGAN [de 136 ejidatarios]" (Loc).

Después de participar, sin embargo, la expectativa es “que nos siga apoyando el gobierno con todo eso” y que “si hubiera otro aumentito, ¡que bueno!” (Loc)

Una evaluación del diseño del Programa de Uso Sustentable de los Recursos Naturales para la Producción Primaria, del cual PROGAN es uno de los componentes, señala las siguientes “áreas de mejora” (SAGARPA-CEPAL-FAO, 2008a):

- a) Estimar la población potencial y objetivo de los productores.
- b) Implementar un sistema de seguimiento, evaluación y gestión de los programas, más allá de la ejecución presupuestal.
- c) Incorporar actividades de difusión sobre las prácticas y obras que contribuyen al desarrollo sustentable, con el propósito de concientizar a la población acerca de las “bondades” de tales prácticas.

Cada una de estas áreas de mejora implica una inversión distinta pero igualmente importante. En la siguiente convocatoria de PROGAN será posible ver si alguna de estas observaciones fue tomada en cuenta.

Programa de Adquisición de Activos Productivos (PAAP)

El PAAP permite la adquisición de bienes para la producción agropecuaria (maquinaria y equipo; material vegetativo, especies zootécnicas y acuícolas, e infraestructura) y para proyectos no agropecuarios. Estos últimos sólo para localidades rurales de muy alta marginación (SAGARPA, 2012b) según el índice establecido por el Consejo Nacional de Población. De acuerdo con una evaluación reciente, el PAAP busca resolver un problema de desarrollo, cual es el bajo nivel de capitalización de las unidades económicas rurales (SAGARPA-CEPAL-FAO, 2008b).

Para decidir quiénes pueden acceder al PAAP se sigue el criterio general de “si no es rentable un proyecto, simplemente no es viable, no lo podemos apoyar” (IFed). Dado que en este programa el productor debe asumir un porcentaje del costo de los bienes adquiridos, en algunas ocasiones el PAAP se entiende como un programa “privado” (FedEst) en contraposición a los programas

“sociales” que buscan “la organización..., capacitación...[y la] sustentabilidad de los recursos”. (FedEst)

A nivel estatal se cuenta con un sistema que, a juicio de los funcionarios, evita que los apoyos se asignen a discreción:

...lo bueno aquí es la tecnología que se ha implementado, el sistema de información y captura que se maneja permite que la información no sea manipulada para beneficio de equis persona, ya un sólo individuo no puede influir en la decisión del apoyo. El mismo sistema te determina tanto el nivel de activos como la calificación que obtiene un expediente de acuerdo a la integración que haya tenido. Y es como en la escuela: se califica y los de 10 hacia abajo se van acomodando y obviamente hasta donde alcance la cobija, así decimos aquí. Hasta donde alcance el dinero es hasta donde se apoya. Obviamente, los que tienen mejor calificación son los primeritos que se van a ver apoyados... El Sistema Único de Registro de Información es tan transparente que hasta por celular puedes hacer las consultas. (IEst)

...ahorita estamos calificando 12,000 expedientes... Estos proyectos nos los están... [calificando] muchachos de licenciatura que están haciendo servicio social... Ellos no tienen que ver con nadie ni conocen a nadie, entonces es un proceso muy limpio, muy selectivo y muy transparente. Eso nos da oportunidad de que no haya influencia de qué fulano califica (IEst)

A pesar del logro que significa haber hecho más transparente la asignación de los recursos a nivel estatal, se identifican aún falencias en el desempeño de los productores:

[Por ejemplo, un productor dice] “vamos a Banrural... quiero crédito para 100 becerros...” y el banco nos suministra equis cantidad. Vamos y compramos los becerros, pero de 100 becerros que me iba a comprar, compro 60 porque la señora dijo: “oye viejo, nos falta la televisión, nos falta el estéreo” (IEst)

...lo que falta es un control en cuanto a la asignación de los activos que se les otorgan. Por decir algo, se les otorga a un grupo de productores de leche para que inviertan a lo mejor en un tanque frío... Adquieren el tanque frío pero a lo mejor ya no le dan actividad porque ve tú a saber... (IFed)

Se señala una excepción en el caso algunas familias que invierten en invernaderos:

Es un efecto que lo puedes ver de inmediato... [Pueden obtener] créditos para comprar un electrodoméstico, o sacar un crédito para lo que tú quieras, muebles de su casa, o una televisión o lo que tú quieras, entonces empiezas a ver el efecto. Además, como tienen una fuente de ingreso permanente [a través del invernadero], entonces ya pueden acceder a... un crédito de alguna caja solidaria, o de alguna organización local de allí del mismo poblado... porque ya tienes una manera de demostrar que tienes un ingreso permanente. Y para mí, eso es consolidar la economía local de la comunidad que está ahí. Y eso es un efecto importantísimo, importantísimo, porque realmente se ve el efecto en las familias que están pegadas al agronegocios. (FedEst)

Se entiende entonces que vía los agronegocios es posible generar nuevas oportunidades para las familias, que se esperaba fueran más allá de la compra de electrodomésticos y, quizás, respondieran a otras necesidades:

Si nosotros estamos hablando nada más de un desarrollo agropecuario sin cubrir las otras necesidades, creo que no va a ser armónico ni va a tener un desarrollo real como estamos planteando. (IEst)

La idea de contribuir con el desarrollo de las comunidades rurales no es nueva. Lo que resulta novedoso es tratar de superar la postura paternalista:

[Acerca de] los porcentajes de apoyo, a veces el 100% era puesto por el gobierno, el beneficiario no ponía... más que su trabajo. Y obviamente como no les costaba, pues no lo cuidaban. (IEst)

...hace veinte años se subsidiaba muchísimo más. Se le regalaban cosas al productor. De alguna manera creo que ha influido mucho el hecho de que "bueno, ok, te voy a apoyar, yo te pago el 70[%] pero tu pagas el 30[%]... [A] algo regalado como que no se le da mucho valor... hay la mentalidad esa: "si es gratis, ha de ser malo". (IFed)

3.4. Los desafíos en la escala local

"Que me disculpen Zapata y los revolucionarios" (FedEst), dice un servidor público al referirse a las consecuencias del sistema ejidal:

[El ejido] ha sido un cáncer en este país y no me refiero a la persona, porque además se le repartió a gentes, a personas, que habían estado sometidas en las haciendas por muchos años, por varios siglos, entonces gentes que no sabían trabajar si no se les decía qué hacer... ¿Cuántas generaciones pasaron en dos siglos de haciendas? Pasaron por lo menos ocho generaciones o nueve generaciones... que siempre el hacendado era el que les decía: "Tú no tienes derecho ni a pensar, tú haces lo que yo te digo. Punto." Entonces si no tenían derecho ni a pensar, evidentemente que no tenían esa preparación o esa capacitación tanto académica como de desarrollo... De pronto llegan y les dicen: "No pues esto es tuyo... porque tú lo peleaste en la Revolución". Y no digo que haya estado mal, lo que me parece es que la Revolución fue hace 100 años y sigue existiendo el ejido. (FedEst)

El sistema ejidal como intento fallido es una afirmación recurrente. Las consecuencias que se señalan no son sólo respecto a la subsistencia de los ejidatarios y de su ganado, sino a la contradicción que supone el regreso de la tierra a mano de los descendientes de los hacendados:

[El ejido] se hizo con fines sociales pero nunca con fines productivos, con fines económicos, y para que la gente tenga lo que necesita, tiene que hacer de su negocio una actividad rentable, pero con media hectárea, pues siembre lo que siembre no lo va a lograr. [Dado que el tamaño de las parcelas es tan pequeño, lo que se puede hacer es] nada más

ir a pasar el día, y sentarse ahí abajo del arbolito. Llevarse sus tortas y ya. El problema de nuestro campo es que está atomizada la unidad productiva, está atomizada la tenencia de la tierra. (IFed)

Están peor los niveles de subsistencia del ganado en el pastizal, andan pepenando cualquier cosa para comer, cuando hay toda una tecnología pues, de saber cuánto come un animal por día, como veíamos ahorita, cuánto requiere diariamente, en qué potrero o en qué pastizal lo voy a meter que me asegure que va a tener esa cantidad de alimento. Todo es calculable, nada más que en ese esquema ejidal es imposible. (FedEst)

A fin de cuentas... los ejidatarios están vendiendo a todo mundo. Mire, hay haciendas que se repartieron, que nada más quedaron los cascos, y ahorita están los nietos de esos hacendados, y todo abajo son los ejidos... con pozos que les hizo la Secretaría en aquel tiempo. Y ahora ya están abandonados... ¿Y qué están haciendo [los ejidatarios]? Vendiéndoselos al nieto del hacendado. (IFed)

Los productores reconocen los problemas:

En el reglamento interno [que regula las actividades desarrolladas en el ejido] dice que debemos tener máximo 30 vacas y 150 cabras o borregas pero en realidad hay quienes tienen 120 vacas y 600 cabras o borregas... Gente abusiva y con ganas de dinero... son los que tienen más [ganado]. Está muy cargado nuestro ejido... A las escondiditas [meten ganado menor a la zona donde sólo están permitidas vacas]. [Si alguien incumple] se le dice "oye, ya no te metas" y facilito se resuelve el problema. (Loc)

Además de las dificultades atribuidas al sistema ejidal *per se*, están aquellas derivadas de la tragedia de los comunes (Hardin, 1968), del uso de técnicas anquilosadas y de la falta de capital financiero:

El problema de los agostaderos comunales es que es de todos y no es de nadie, no está reglamentado, y eso lo que genera es que unos pocos se benefician del agostadero común, los que tienen más animales. (FedEst)

[El ejido] se me hace un esquema bastante malo que ha tenido a México en el atraso. El mexicano no está acostumbrado a trabajar en grupo, somos individualistas, "lo mío es mío y lo cuido". Si es de todos... entonces todos que lo cuiden. Y como todos dicen que no es de él, nadie lo cuida. (FedEst)

Lo utilizan [el agostadero] todos hasta donde quieren, hasta donde pueden comprar veinte vacas o cien vacas, para ellos es lo mismo: "va al pastizal, al agostadero, no me interesa, porque no es mío, es de todos". Cuando yo tengo un rancho circunscrito, cercado, es mi interés personal que mi rancho esté lo mejor que se pueda. Lo conservo, lo protejo, lo cuido. Pero es cuando es mío. Cuando existe un concepto de que esto es de todos, nadie hace nada para conservarlo. (FedEst)

El tipo de estructura [ejidal] se ha deteriorando, se ha envejecido. La población joven ya no quiere entrarle al sector primario [que] es el más pesado en la actividad económica... Las adecuaciones que se hicieron hace unos 15 ó 20 años [la apertura a la venta de terrenos ejidales] no han dado el fruto que debieron haber dado... por obvias razones: es una seguridad personal disponer de un pedacito de tierra. Pero [esto debería estar] ligado a la parte de la conservación del recurso, ligado a la parte de la preservación de los recursos naturales, pues mientras no es tuyo no es de nadie, tu cuidas lo tuyo. [Los ejidos] generan esos grandes espacios de pastoreo donde son de todos, no son de nadie, entonces todo

mundo los sobreutiliza. El recurso básico se ha ido deteriorando gradualmente y con ello la productividad de los ranchos se ha ido deteriorando gradualmente pero además los productores, tanto unos como otros, particulares como ejidatarios, no se han preocupado por implementar técnicas de mejora en general del esquema de producción, se han permanecido los sistemas tal como quedaron de las haciendas, de la época de las haciendas, casi casi sin ninguna modificación. (FedEst)

El problema... es la situación de falta de liquidez. Y esa falta de liquidez es general, la crisis en el país no está fácil, es una situación que nos ha pegado a todos y nos va a seguir pegando... [Esto se refleja en que] ...muchacha gente [dice:] "es que yo no alcanzo el proyecto" [es decir, el porcentaje de la inversión que debe asumir para tener acceso al apoyo gubernamental]. (IEst)

El ejidatario sin recursos realmente está estancado y no hay manera de sacarlo de ahí, porque no tiene recursos para incluso adoptar una tecnología, porque la tecnología incluye meterle insumos y demás... Yo lo catalogo como un estrato de población que lleva años subsistiendo, subsistiendo pero hasta ahí. Y esa es su perspectiva, subsistir... Yo no sé que hacen en el campo... afortunadamente creo que va cambiando, como que los entusiastas y los grupos han ido sumándose... la misma gente en campo ha ido viendo que no se puede seguir en ese esquema y han ido buscando alternativas y demás. Ahorita ya es muy frecuente encontrar grupos bien organizados... Pero sigue habiendo el típico ejidatario como que sin metas en la vida, o sea, nada más subsistiendo. (IFed)

¡No puede ser que vivan así! Tienen desde la revolución viviendo así. ¿Cómo los podemos empatar? Bueno, pues entonces haciendo una especie de asociación entre empresarios y ejidatarios para que el ejidatario haga una especie de revolución en su manera de pensar, en su manera de trabajar para que su idea sea de empresario. (FedEst)

La migración y la falta de arraigo también se señalan como dificultades en el ejercicio de las labores agropecuarias:

...ahorita el problema es que no pueden sacar los animales al pastoreo porque no hay pastores. No hay quién. Ya los jóvenes se fueron, los que se dedican a esta actividad ganadera, hablando de caprinos y ovinos en este caso principalmente, pues son la gente de la tercera edad... La edad promedio que tenemos es de 54 años entre los productores. [Debemos hacer]... la transformación o la transferencia de tecnología con lo que tenemos pero también ir incorporando productores más jóvenes porque el campo se está debilitando, y necesitamos generarle al productor y a los hijos de los productores el arraigo en la zona y la explotación para evitar tanta migración y [los] problemas que tenemos. (IEst)

[Las nuevas generaciones] no quieren verse como sus papás atrás de los rebaños de pastoreo. Como no son dueños de las tierras tampoco, son ejidos, pues no les interesa. (FedEst)

Hay una estimación de arriba de 400 mil potosinos radicados en el extranjero. ¿Qué significa en términos porcentuales? [De] dos millones y pico [de] habitantes que tiene nuestro estado, significa aproximadamente un 20%. (IEst)

Si hasta este punto el panorama ya es desolador, se torna prácticamente irremediable si se consideran las actitudes que se atribuyen a los productores:

Uno de los grandes problemas que nosotros tenemos en nuestros proyectos es la sinceridad y la transparencia... Muchas veces el productor no dice la verdad pero tenemos ciertos órganos, ciertos controles para decir: "tú tienes tantas hectáreas, tienes tantas vacas" (IEst)

[Si] va el INEGI y dice "¿Oiga, cuántas vacas tiene?" "No, pues tengo 15". Pero cuando va hacienda, el fisco, "tengo dos". Pero cuando va la acción ganadera "no, pues tengo ocho". [Y] cuando va el PROGAN "no, pues tengo 20" porque me dan cierto [dinero]. (IEst)

[Los productores suelen decir:] "que lo haga mi compadre, y si mi compadre lo hace bien yo lo voy a seguir. (IEst)

En México llega un técnico a la comunidad y [dice:] "les vengo ofreciendo esto, y esto y esto" ...[Y el productor responde:] ... "y bueno, ¿qué nos da? Si voy a su curso, qué ¿cuánto me va a dar?". (FedEst)

...es triste ver esa situación de conformismo. Repito, nuestra gran dificultad [es que] son gentes adultas que ya no es fácil inculcarles y meterles en la cabeza. "No, es que yo así estoy acostumbrado y no me quiero arriesgar. No quiero cambiar mi paradigma." No es fácil y luego llega un técnico así desconocido y "Cámbiele esto y hágale esto". (IEst)

[Los productores] son muy individualistas. No le apuestan a los proyectos grupales. Casi los [proyectos] grupales los toman como que es una obligación del municipio, del gobierno que se los van a hacer. Por decir, bordos de abrevadero, obras hidráulicas, a eso no le aportan, a veces ni mano de obra. A donde si le han aportado es un proyecto más personal o más de la familia, que ellos sienten que se apropian del proyecto. (IEst)

¿Por qué no se quiere organizar el productor? Porque lesiona sus intereses. Un productor que en un ejido... tenga 100 cabezas [de ganado, si] en el ejido dicen: "Oye, vamos a organizarnos, pero el que tiene aquí 100 cabezas va a pagar más". Entonces, viene ahí la cuestión "¿Yo por qué [voy] a entrarle?" (IEst)

[Este es] un ejemplo bien típico: un productor dice "tengo cinco hectáreas, quiero un tractor". Ese tractor no lo quiere porque lo necesita, "es que mi compadre ya tiene ¿y yo por qué no voy a tener?". Tenemos una apatía de los productores para poder llegar y organizarse y consensuar... Tenemos 632 proyectos de invernaderos, muchos creen... que es para pasar el fin de semana, para ir el sábado y el domingo. Otros nos dicen: "No, pues lo quiero para que mis hijas se diviertan el fin de semana"... Necesitamos cambiar ese estatus de conformismo, de pasividad de mucha gente, que cree que el gobierno debe dar todo. No, el gobierno te va a dar pero también tienes que contribuir con tu decisión. ¿Por qué estamos en esta situación de mediocridad? Porque no nos decidimos. Yo veo esa idiosincrasia del mexicano. "¿De veras tú tienes dinero para hacer este proyecto?"... Pero las gentes nunca nos van a decir la verdad. Finalmente es el valor mexicano, decir "yo me aviento, a ver qué pasa"... Aunque tengamos el recurso estatal y el recurso federal oportuno, el productor se queda hasta el último porque muchas veces el productor... dice "yo quiero este tractor, yo me voy a aventar, a ver cómo lo pago después". Entonces llega un momento en el que las fechas se le van agotando, "pues no tengo dinero..." y no nos dice. Si el 31 de diciembre no nos dice, ese recurso ni para él ni para otro. Porque la gente dice "sí me comprometo", pero a puro valor mexicano, "ya veremos". (IEst)

...año con año se habla aquí en San Luís Potosí, en [las] zonas áridas, "gran sequía", aparece en el periódico ¿Cuál es la novedad? Cada año es sequía. Entonces lo que le falta al productor es prevenir qué va a hacer el año siguiente, planear. (FedEst)

Los productores creen que la tierra es tan noble que les ha de dar aunque no hagan nada... Hay ejidatarios a los que no les interesa un comino [la situación del ejido] pero

tienen que permanecer ahí porque si no pierden sus derechos. Entonces están condenados, ahora sí que están atrapados ahí a ser ejidatarios toda su vida, les parezca o no les parezca. Porque además es el único patrimonio que tienen, porque no tienen ni siquiera un patrimonio cultural académico, porque la escuela, la educación en México, sobre todo en... [el área] rural ha sido un asco. (FedEst)

Las consultas [públicas sobre proyectos] pasan sin que nadie opine nada, sin que nadie diga nada, a no ser algunos cuantos interesados. Entonces todavía no hay... ni siquiera este concepto de que algo, cualquier tipo de construcción va a afectar el ecosistema y, sobre todo en las cuencas, va a afectar cuenca abajo. Eso no existe... Hay en SAGARPA... programas... para la vainilla... la caña de azúcar... Todos esos programas nacen por demanda de la población. Entonces, ¿por qué la población no demanda “oigan, paren al cambio del uso del suelo, paren la deforestación”? (FedAc)

Mientras de un lado se afirma que “faltan leyes que obliguen a tener una capacidad de agostadero adecuada” (FedEst); que la única opción es “que estén en la tierra los que deban de estar, no la población que está ahí porque ahí la dejamos” (FedEst); que “el pastoreo trashumante es lo único rescatable del conocimiento ambiental local” (FedEst), y que “el campo, para que sea un éxito, tiene que manejarse como una empresa..., como una maquiladora” (FedEst), hay voces alternativas que reconocen las virtudes del pequeño productor y su “amor a la tierra” (IFed):

[El 70% de los productores] son de pequeña producción, con menos de una hectárea, y con prácticas, mucho más apegadas a lo sustentable en términos de bajo consumo energético, manejo de productos locales, autoconsumo, intercambio de semillas, manejo de semillas criollas propias, procesos productivos más autóctonos, más tradicionales, más sustentables que el otro 30% que es la Revolución Verde. (IFed)

Entre estos extremos hay espacio para pensar a un productor que hace uso de las opciones que se ofrecen y toma decisiones:

...hay productores líderes que sí merece pues apoyarlos, entenderlos y sobretodo creer en ellos porque ya llevan cierto liderazgo en sus comunidades... Esos productores líderes van a jalar a los productores que, si bien no son abiertos al cambio, si muestran interés para algún resultado positivo que se obtenga y es la gente que puedes jalar. (IEst)

Vino Fox cuando era presidente, a Yoliatl, y fue gente de aquí [Santo Domingo] y le llevó la solicitud [de un pozo para abastecer de agua al ejido] y luego luego les dijo que sí, así tan fácil y tan sencillo. (Loc)

Platicando unos con otros que cómo le haríamos para detener las vacas que no perjudicaran en el terreno de las labores cuando ya están sembradas [fue que se tomó la decisión de delimitar un área de pastoreo exclusiva para las vacas]. (Loc)

Así mismo, es preciso reconocer la responsabilidad que tanto instituciones como particulares tienen en el establecimiento de mecanismos que faciliten la participación de los productores en los programas gubernamentales:

La gente viene [y] se queja de la SEMARNAT porque dice “es que yo no sé usar una maquina, no sé usar el internet, y me dicen que saque el formato en internet”... O sea, es la manera también de que la misma autoridad te frena... También mucha ilegalidad... “es que los trámites son tan engorrosos que yo ya mejor me la voy por la libre”. [A pesar de esta] ...no simplifican trámites. (IEst)

Por una parte hay que fortalecer el conocimiento de la gente a manera que pueda tener mayor capacidad para entender lo que se están diciendo en los estudios y para poder entonces sí opinar si está a favor o en desacuerdo. Y, por otra parte, pues fortalecer otro tipo de capacidades para que la gente realmente se sienta interesada en participar [en los procesos de consulta para el ordenamiento territorial], se sienta segura. (IFed)

[La falta de organización de los productores es] parte responsabilidad de [los] prestadores de servicios, que muchas veces los organizan para conseguir un apoyo y no realmente con el fin que deben de organizarse. (FedEst)

Y a veces condicionando a las comunidades diciéndoles “no dejes entrar a otro consultor porque yo soy tu consultor”, así como cotos [de poder]. (IFed)

Respecto de la escala local, el eje de la narrativa hegemónica (Adger *et al.*, 2001) es la tragedia de los comunes (Hardin, 1968), ligada ésta a la inadecuación del sistema ejidal como vehículo para el desarrollo de las comunidades rurales. La investigación acerca del manejo de los recursos comunes ha identificado dos problemáticas: la exclusión o la dificultad para controlar el acceso de nuevos usuarios; y la sustracción, o la capacidad de cada usuario de “sustraer del bienestar” de los demás usuarios (Ostrom, 1990). Vistas en el marco del cambio ambiental global y la necesidad de implementar modelos eficaces de gobernanza, estas características de los recursos comunes hacen de su manejo un desafío (Dietz *et al.*, 2003). No obstante, a partir de un análisis de diversas experiencias se han señalado las condiciones en las cuales es más fácil desarrollar dicha gobernanza (Dietz *et al.*, 2003):

a) Tanto los recursos como su uso pueden monitorearse y la información obtenida puede verificarse y entenderse a un costo relativamente bajo.

b) Las tasas de cambio en los recursos, el grupo de usuarios, la tecnología y las condiciones sociales y económicas son moderadas.

c) Las comunidades poseen un capital social significativo (o redes densas de soporte social) y la capacidad de comunicarse frente a frente, lo cual promueve la confianza entre los usuarios y disminuye el costo que implica hacer cumplir las reglas.

d) La exclusión de las personas ajenas a la comunidad de usuarios puede lograrse a un costo relativamente bajo.

e) Los usuarios participan en el monitoreo de los recursos y promueven el cumplimiento de las normas.

En México, el área ocupada por ejidos y comunidades constituye el 54% del territorio nacional (INEGI, 2009). La modificación al artículo 27 constitucional para detener el reparto agrario y permitir la venta de terrenos ejidales, así como la implementación del PROCEDE tuvieron como propósito disminuir este porcentaje y dar pie a que productores con capital de inversión pudiesen adquirir las tierras (Escalante, 2001). Al menos tres factores están relacionados con el hecho de que estas reformas no tuvieran el efecto esperado (Perramond, 2008): a) en estados con un alto porcentaje de población indígena, las comunidades tienen vínculos culturales con el territorio; b) quienes participaron en el PROCEDE no necesariamente lo hicieron como señal de neoliberalización sino como una manera de poner fin a la ambivalencia respecto de la propiedad de la tierra; y c) la participación en el PROCEDE ha dado pie a nuevos tipos de transacciones entre los mismos ejidatarios, como la renta o la co-propiedad. Dichas transacciones, sin embargo, no están motivadas por una demanda del mercado de tierras, sino por la necesidad de sobrevivir u obtener cierta estabilidad (De Ita, 2006).

¿Cuál es, entonces, el futuro del ejido en el marco de la construcción de capacidad institucional para el desarrollo sostenible? Parece ser que la respuesta está en promover un sistema de gobernanza en el cual el interés por el manejo sostenible de los recursos comunes vaya de la mano con el interés por el desarrollo local (Berkes, 2007). Las experiencias llevadas a cabo en México en el manejo de recursos forestales señalan esta vía (Klooster y Masera, 2000; Barton–Bray *et al.*, 2003). Esto implica el concurso de múltiples actores en diversas escalas y ámbitos de decisión (Berkes, 2007). Las reformas implementadas en

México durante los últimos 15 años ofrecen algunas de las herramientas para asumir esta labor. No obstante, mientras la narrativa hegemónica niegue las posibilidades de desarrollo a los actores locales, será poco lo que se pueda lograr.

4. CONCLUSIONES

Las últimas dos décadas han significado una serie de cambios importantes para México. La apertura económica y la llegada del Partido Acción Nacional (PAN) a la presidencia configuraron un escenario en el cual la transformación de las instituciones resultaba imprescindible. La narrativa hegemónica de este proceso de cambio cuenta la historia de un país que, obediente a los dictados de las instancias económicas internacionales, generó el marco normativo necesario para hacer parte del mundo globalizado. En su intento por cumplir este propósito, México introdujo las modificaciones constitucionales pertinentes para garantizar que uno de los legados de la Revolución –el sistema ejidal– no frenara el desarrollo económico. La apertura al mercado de tierras facilitaría la consolidación de superficies y, con ello, el auge del sector agropecuario. Pero eso no ha sucedido. La razón, siguiendo de nuevo la narrativa dominante, estriba en la mentalidad del ejidatario, en su falta de iniciativa y, por supuesto, su carencia de recursos económicos. La llegada del discurso de la sostenibilidad al país coincidió con este período de transformaciones. El concepto de sostenibilidad se introdujo en el Plan Nacional de Desarrollo y en la legislación.

Es justo decir que, con estas acciones, México inició su camino en la construcción de capacidad institucional para el desarrollo sostenible. Sin embargo, la modificación del marco normativo y la adición del adjetivo “sostenible” no hacen, per se, de la sostenibilidad un hecho. A partir de las entrevistas realizadas, es posible afirmar que aún hay un largo camino que recorrer. Si bien algunas instituciones han sido reestructuradas y se ha procurado el cambio en sus misiones para estar a tono con la sostenibilidad, la falta de coherencia entre unas y otras es evidente.

En este sentido, la narrativa alternativa cuenta la historia de un país que, menos por convicción que por necesidad, asumió en la forma el discurso de la

sostenibilidad pero que, en el fondo, está más preocupado por consolidar variables económicas, como la productividad y la competitividad. Los servidores públicos reconocen esta tensión. La sostenibilidad como misión aún no es parte de su ideología. Pensar a largo plazo constituye un reto cuando las reglas de operación que rigen sus funciones se mueven en el corto plazo.

En medio de los desencuentros intra e inter institucionales se hallan los usuarios de los programas gubernamentales. Después de varias décadas sin voz –pero con voto–, gracias a las nuevas leyes implementadas hoy los ciudadanos pueden participar en ciertos procesos de toma de decisiones. No obstante, en algunos ámbitos dicha participación no se da en condiciones de equidad en la medida en que no todos los actores comparten el mismo nivel de información ni hacen parte de las mismas estructuras de poder. La tarea para fortalecer sistemas de gobernanza es, pues, enorme.

No se puede afirmar que el balance de México en capacidad institucional sea positivo. En cambio, se puede señalar que el país está en proceso de construir capacidades que le permitan responder consistentemente al desafío de la sostenibilidad. En esta tarea es vital la participación del sector académico, siempre y cuando dicha participación logre, a su vez, conciliar sus propias metas de productividad con las de pertinencia y sensibilidad al contexto.

REFERENCIAS

- Adger, NW., Benjaminsen, TA., Brown, K., Svarstad, H. (2001) Advancing a Political Ecology of Global Environmental Discourses. *Development and Change*, 32: 681-715.
- Agrawal, A., Gibson, CC. (1999) Enchantment and Disenchantment: The Role of Community in Natural Resource Conservation. *World Development* 27(4): 629-649.
- Akindele, ST., Olaopa, OR. (2004) A Theoretical Review of Core Issues on Public Policy and its Environment. *J. Hum. Ecol.*, 16(3): 173-180.
- Alba-Juez, L. (2009) Perspectives on Discourse Analysis: Theory and Practice. Cambridge Scholars Publishing, UK).
- Banco Mundial (2008) Environmental sustainability: an evaluation of World Bank Group support. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington.
- Barrera-Bassols, N., Zinck, A. (2003) Land Moves and Behaves: Indigenous Discourse on Sustainable Land Management in Pichataro, Patzcuaro Basin, Mexico. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 85: 229–245. doi: 10.1111/j.0435-3676.2003.00202.x
- Barton-Bray, D., Merino-Pérez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, G., Torres-Rojo, JM., Vester, HFM (2003) Mexico's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology*, 17(3), 672–677.
- Berkes F, Feeny D, McCay BJ, Acheson JM (1989) The benefits of the commons. *Nature*. 340:91–93.

- Berkes, F. (2007) Community-based conservation in a globalized world. *PNAS* 104(39), 15188–15193.
- Biermann, F., Betsill, MM., Gupta, J., Kanie, N., Lebel, L., Liverman, D., Schroeder, H., Siebenhüner, Zondervan, R. (2010) Earth system governance: a research framework. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 10:277–29.
- Bravo-Peña, LC., Doode-Matsumoto, OS., Castellanos-Villegas, AE., Espejel-Carbajal, I. (2010) Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas en el noroeste de México. *Región y sociedad*, 22(48), 3-35.
- De Ita, A. (2006) Land Concentration in Mexico after PROCEDE. In *Promised Land: Competing Visions of Agrarian Reform*, edited by P. Rosset, R. Patel, and M. Courville, 148-164. Oakland, Calif.: Food First Books.
- Dietz, T., Ostrom, E., Stern, PC. (2003) The Struggle to Govern the Commons. *Science*, 302(5652), 1907-1912.
- Dirección General del Archivo Histórico y Memoria Legislativa (2003). La Tenencia de la Tierra. En México. Boletín Informativo del Senado de la República. Año III No. 24 Marzo Abril 2003.
- Emmerich, GE. (2009) La situación de la democracia en México (Coord). Universidad Autónoma Metropolitana-CONACYT.
- Escalante, R. (2001) El mercado de tierras en México. Red de Desarrollo Agropecuario, Unidad de Desarrollo Agrícola. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. CEPAL-ECLAC-Organización de las Naciones Unidas.
- Escalante, P.; García, B. Jáuregui, L. Vázquez, J. Garciadiego, J. Speckman, E. Aboites, L. (2008). Nueva Historia Mínima de México Ilustrada. México DF: Editorial El Colegio de México.
- Floysand, A., Haarstad, H., Barton, J. (2010) Global economic imperatives, crisis generation and local spaces of engagement in the Chilean aquaculture industry. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 64(4), 199-210.
- Folke, CL., Carpenter, SR., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, CS., Walker, B. (2002) Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31:437-40.
- Folke, CL. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16: 253–267.
- Folke, C., Pritchard, L., Berkes, F., Colding, J., Svedin, U. (2007) The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. *Ecology and Society* 12(1): 30. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art30/>
- Hardin, G. (1968) The tragedy of the commons. *Science*, 162, 1243-1248.
- Hodson, G. (2006) What Are Institutions? *Journal of Economic Issues*, 40(1), 1-25.
- INEGI (2009) Censo Agropecuario 2007, IX Censo Ejidal. Aguascalientes, Ags. 2009.
- INEGI (2011) Superficie Continental e Insular del Territorio Nacional. En: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/datosgeogra/extterri/frontera.cfm?s=geo&c=920>. Consultado mayo 7, 2012.
- INEGI (2012) Estadísticas del Comercio Exterior de México. Enero-Febrero 2012. Aguascalientes: México.
- INIFAP (2010) Objetivos. En: http://www.inifap.gob.mx/quienes_somos/objetivos.html. Consultado, mayo 7, 2012. Última modificación: 31 de Agosto de 2010.
- Jütting, J. (2003) Institutions and Development: A Critical Review. OCDE, Dev/Doc(2003)08.
- Kenward, RE., Whittingham, MJ., Arampatzis, S., Manos, BD., Hahn, T., Terry, A., Simoncini, R., Alcorn, J., Bastian, O., Donlan, M., Elowe, K., Franzén, F., Karacsonyi, Z., Larsson, M., Manou, D., Navodaru, I., Papadopoulou, O., Papatthasiou, J., von Raggamby, A., Sharp, RJA., Söderqvist, T., Soutukorva, A., Vavrova, L., Aebischer, NJ., Leader-Williams, N., Rutz, C. (2011). Identifying governance strategies that effectively support ecosystem services, resource sustainability, and biodiversity. *PNAS*, 108, 5308-5312.
- Klooster, D., Masera, O. (2000) Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change*, 10: 259-272.
- Klooster, D. (2009) Community Forestry and Tree Theft in Mexico: Resistance or Complicity in Conservation? *Development and Change*, 31: 281-305.

- La Jornada (2010) Acepta SAGARPA: los subsidios concentrados, inerciales, políticos y antiecológicos. *La Jornada del Campo*, Suplemento Informativo de La Jornada, No 36.
- Lahera, E. (2004) Política y políticas públicas. Serie Políticas Sociales, No. 95. División de Desarrollo Social. CEPAL, Santiago de Chile.
- Lemos, MC., Agrawal, A. (2006) Environmental Governance. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 31:297–325
- Manzano, MG., Navar, J., Pando-Moreno, M., Martínez, A. (2000) Overgrazing and Desertification in Northern Mexico: Highlights on Northeastern Region. *Annals of Arid Zone*, 39(3), 285-304.
- Martínez-Peña, RM., Huber-Sannwald, E., Arredondo-Moreno, T., Costero-Garbarino, MC., Peña-de Paz, F., (2012) *Análisis del concepto de sostenibilidad en la legislación mexicana usando el Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas*. *Interciencia*, 37(2), 107-113.
- Molle, F. (2007). Scales and power in river basin management: the Chao Phraya River in Thailand. *Geographical Journal*, 173: 358-373.
- ONU (1987) Reporte de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo. Reporte A/42/427. Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas. 374 pp.
- Organización de las Naciones Unidas (2009) Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe 2009. Nueva York.
- Olsen, WK. (2004) Triangulation in Social Research: Qualitative and Quantitative Methods Can Really Be Mixed. In *Developments in Sociology*, ed. Holborn, M., and Haralambos, Causeway Press.
- Ostrom, E. (1990) *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Ostrom E, Burger J, Field CB, Norgaard RB, Policansky D (1999) Revisiting the commons: Local lessons, global challenges. *Science*, 284:278–282.
- Peet, R., Watts, M. (1996) Liberation Ecology: Development, Sustainability, and Environment in an Age of Market Triumphalism. In Peet, R.; Watts, M., ed., *Liberation Ecologies: Environment, Development and Social Movements*. Routledge, London. pp. 1–45.
- Perramond, EP. (2008) The rise, fall, and reconfiguration of the Mexican ejido. *Geographical Review*, 98(3), 356-371.
- Pouyat, RV., Weathers, KC., Hauber, R., Lovett, GM., Bartuska, A., Christenson, L., Davis, JLD., Findlay, SEG., Menninger, H., Rosi-Marshall, E., Peter Stine, P., Lymn, N. (2010) The role of federal agencies in the application of scientific knowledge. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(6), 322–328.
- Presidencia de la República (1995) Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.
- Presidencia de la República (2001) Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006.
- Presidencia de la República (2007) Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.
- Presidencia de la República (2008) Visión 2030. El México que queremos.
- Procuraduría Agraria (1996) Alianza para el Campo. *Estudios Agrarios*, 2: 1-18.
- Procuraduría Agraria (2008) Glosario de términos jurídico-agrarios. México, D. F.
- Ramírez, M. (2009) Las reformas del Estado y la administración pública en América Latina y los intentos de aplicación del New Public Management. *Estudios Políticos*, 34: 115-141.
- Rentería, C. (2011). Cambio y continuidad en los derechos de propiedad sobre las tierras ejidales en México. IESA, Informes y documentos de trabajo. Disponible en: <http://digital.csic.es/handle/10261/34681>.
- Rittich, K. (2006) The Future of Law and Development: Second-Generation Reforms and the Incorporation of the Social. En: David M. Trubek y Alvaro Santos (Ed) *The New Law and Economic Development A Critical Appraisal*. Cambridge University Press. pp. 203-252.
- SAGARPA (2009) ACUERDO por el que se dan a conocer las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, que se indican. Diario Oficial de la Federación, diciembre 29 de 2009.
- SAGARPA (2010a) *Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA)*. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/DesarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Paginas/coussa.aspx>, consultado en mayo 2, 2012. Fecha de última actualización: 17 de noviembre de 2010.
- SAGARPA (2010b) *Políticas Sectoriales Relativas a la Reconversión Productiva*. EN: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/Paginas/PolíticasSectorialesRelativasalaR>

econversionProductiva.aspx, consultado en mayo 2, 2012. Fecha de última actualización: 19 de agosto de 2010.

- SAGARPA (2012a) ASERCA. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. En: http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_183.asp, consultado en mayo 1°, 2012. Dirección General de Programación y Evaluación. Fecha de última actualización: 17 Febrero 2012.
- SAGARPA (2012b) Reglas de operación del Componente Activos Productivos Tradicional.
- SAGARPA-CEPAL-FAO (2008a) Evaluación del diseño del Programa de Uso Sustentable de los Recursos Naturales para la Producción Primaria.
- SAGARPA-CEPAL-FAO (2008b) Evaluación del diseño del Programa para la Adquisición de Activos Productivos.
- SAGARPA-FAO (2007) Evaluación Alianza para el Campo 2006. Informe de Evaluación Nacional. Programa de Fomento Ganadero.
- Scales, IR. (2012) Lost in translation: conflicting views of deforestation, land use and identity in western Madagascar. *Geographical Journal*, 178: 67-79.
- Serrat-Capdevila, A., Browning-Aiken, A., Lansey, K., Finan, T., Valdés, JB. (2009) Increasing social-ecological resilience by placing science at the decision table: the role of the San Pedro Basin (Arizona) decision-support system model. *Ecology and Society* 14(1): 37. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art37/>
- Tamayo-Sáez, M. (1997) El Análisis de las Políticas Públicas. En: La Nueva Administración Pública, Rafael Bañón y Ernesto Carrillo (Comps.), Alianza Editorial, Madrid. 347 pp.
- Tapia, A. (2002) El proceso de investigación y transferencia de tecnología en el sector agricultura. La experiencia del INIFAP. *Aportes* 7(20): 179-183.
- van de Meene, SJ., Brown, RR., Farrelly, MA. (2009) Exploring sustainable urban water governance: a case study of institutional capacity. *Water Science and Technology*, 59(10): 1921-1928.
- UNDP (2011) Towards Human Resilience: Sustaining MDG Progress in an Age of Economic Uncertainty. United Nations Development Programme Bureau for Development Policy. New York, USA. 292 pp.
- UNFCCC (2007) Unidos por el Clima. Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto. UNFCCC, Alemania.
- Verbist K., Santibañez F., Gabriels, D., Soto, G. (2010). Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC.
- Winters. P., Davis, B. (2009) Designing a Programme to Support Smallholder Agriculture in Mexico: Lessons from PROCAMPO and Oportunidades. *Development Policy Review*, 27(5): 617-642.
- Wubneh, M. (2003) Building capacity in Africa: The impact of institutional, policy and resource factors. African Development Bank, 165-198.
- Young, OR. (1999) *Governance in world affairs*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Young, OR. (2002) *Matching institutions and ecosystems: the problem of fit*. Conference donnée dans le cadre du séminaire Économie de l'environnement et du développement durable, coorganisé par l'Iddri et le Medd. Institut du développement durable et des relations internationales, Paris, France.
- Young, OR. (2004) Institutions and the Growth of Knowledge: Evidence from International Environmental Regimes. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 4, 215–228.
- Young, OR. (2009) Institutions, governance and the evolution of IHDP. *IHDP Update*, 3: 7-8.

CONCLUSIÓN GENERAL

*No acepten lo habitual como cosa natural
pues en tiempos de desorden sangriento,
de confusión organizada, de arbitrariedad
consciente, de humanidad deshumanizada,
nada debe parecer imposible de cambiar.*

Bertolt Brecht (1898-1956)

Con la guía del Paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas, este trabajo abordó la sostenibilidad en diversas escalas y ámbitos de aplicación. Cada uno de ellos aportó en la comprensión de los desafíos que implica hacer de la sostenibilidad el eje de las políticas públicas, los programas gubernamentales y el uso local de los recursos, al tiempo que señaló las fortalezas con las que cuenta el país a nivel nacional, regional y local. Empezando por la escala nacional, es importante reconocer el esfuerzo que ha hecho México por incorporar el tema de la sostenibilidad en su plan de desarrollo y en el marco legislativo derivado de éste. Sin embargo, el primer reto al cual se enfrenta el país en este aspecto es el de hacer consistente su legislación con lo que ahora se sabe de los sistemas socio-ecológicos (SSE): que son complejos, no lineales y poco predecibles. Es preciso, entonces, que la legislación supere el carácter ingenuo con el cual se asume el “equilibrio de los ecosistemas” como el estado a proteger o la meta a lograr. Es necesario que, ante la falta de certezas, la legislación asuma el principio de precaución a la hora de establecer los lineamientos para el uso de los recursos. Para ello, quienes toman las decisiones políticas deberán acercarse a la academia para alimentar su labor. Y, más importante aún, las personas dedicadas a investigar sobre los SSE deberán asumir su responsabilidad como fuentes de información y criterio para establecer nuevos marcos de acción. Este papel activo que debe tomar la academia no es discrecional. Por el contrario, constituye un deber ético si se tiene en cuenta que buena parte de la investigación es financiada con recursos públicos.

El segundo reto al cual se enfrenta la legislación mexicana es el de negociar las metas de sostenibilidad con la búsqueda de la productividad económica y la competitividad en los mercados globales. Éste no es un reto menor ya que en la mayoría de los casos, unas metas van en contravía de las otras. La tensión que genera esta contradicción es identificada por los servidores públicos, tanto a nivel federal como estatal, y se refleja en la implementación local de los programas gubernamentales de soporte a las actividades agropecuarias: los subsidios que se proveen en el marco de dichos programas se usan indistintamente para realizar las actividades para las cuales fueron destinados (esto es, garantizar la productividad y, al mismo tiempo, el uso sostenible de los recursos), o para cubrir necesidades básicas en los hogares. Esto porque a las difíciles condiciones climáticas propias del Altiplano potosino (baja precipitación y alta variabilidad en el régimen de lluvias) se suman las condiciones socio-económicas que, en el ámbito local, se traducen en falta de oportunidades educativas y laborales para las nuevas generaciones, así como en la falta de canales eficaces y justos de comercialización. En este contexto, los subsidios gubernamentales se suman a las remesas de los cientos de personas que migran a otros estados del país o fuera de México y constituyen las principales fuentes de ingreso para muchos hogares. Las implicaciones de la migración no son sólo de carácter económico. Nuestros resultados señalan un vínculo entre la migración y el cambio de uso de suelo que, a largo plazo y en la escala regional, puede tener implicaciones, a su vez, en el clima.

México aún tiene un largo camino por recorrer en la construcción de capacidad institucional (CI) para el desarrollo sostenible (DS). Como diría un funcionario público, no basta con la implementación de programas que digan “sostenible” para hacer de la sostenibilidad una realidad. Aunque, hablando de CI, el reto es nuevamente enorme, México cuenta con una gran fortaleza: el capital humano en las instituciones gubernamentales estatales y federales, y el capital social en los ejidos. En relación con el primero, las transformaciones institucionales y políticas de las últimas dos décadas han promovido la profesionalización del servicio público de modo que cada día se encuentran

funcionarios con una mayor formación académica. Si bien dicha formación no viene de la mano con la habilidad política para implementar acciones, sí garantiza un mayor criterio a la hora de diseñar programas de intervención. En relación con el capital social en los ejidos, la fortaleza radica en la capacidad de organización de los ejidatarios cuando les convoca el mismo objetivo. Para el caso que nos ocupa, esta capacidad implicó, por ejemplo, la administración de recursos de uso común cuyas características tuvieron efectos positivos en variables biofísicas como el porcentaje de cobertura de suelo. Este resultado contrasta con la narrativa hegemónica en el ámbito gubernamental según la cual el ejido, como estructura social y política, es el responsable del fracaso de las políticas agropecuarias. En este sentido, es necesario que los programas gubernamentales respondan a las especificidades regionales y locales del sector rural. Aunque con este espíritu han sido diseñados nuevos canales de participación que, en teoría, facilitan que las voces de los productores primarios lleguen a quienes toman las decisiones políticas, en la práctica la inequidad y las estructuras de poder anquilosadas dificultan este proceso.

Como efecto de las reformas institucionales de la última década, México cuenta con instrumentos que no sólo permiten sino que hacen obligatoria la evaluación de los programas gubernamentales. Este hecho significa una valiosa oportunidad para examinar la pertinencia y el logro de sus objetivos. Sin embargo, los tiempos administrativos en los cuales deben evaluarse los programas y, en consecuencia, rediseñarse, presentan un desfase que hace que las sugerencias, producto de la evaluación, no se apliquen oportunamente o, lo que es peor, que ni siquiera se tomen en cuenta en el mediano plazo. Es en este punto donde el sector académico debe asumir la responsabilidad de mejorar su comunicación con quienes toman las decisiones. Sólo de este modo, llevando el conocimiento en torno de la sostenibilidad a las instancias de decisión política, será posible superar el plano discursivo y hacer de la sostenibilidad el eje del desarrollo.

APÉNDICES

APPENDICES CHAPTER II
APPENDIX A
Method

Appendix A.1. Percentage of the municipalities considered in the Landsat scenes.

Municipality	Percentage considered in the Landsat scenes
Catorce	70.87
Charcas	100
Matehuala	45.87
Moctezuma	100
Salinas	100
Santo Domingo	83.34
Venado	100
Villa de Arista	63.34
Villa de Guadalupe	71.39
Villa de la Paz	56.35
Villa de Ramos	77.33
Villa Hidalgo	18.93

Appendix A.2. La Niña and El Niño years in the last decades (NOAA, 2012).

La Niña	El Niño
1973–75	1976–77
1984–85	1982–83
1988–89	1986–87
1995–96	1991–92
1998–2001	1994
2007–08	1997
2010–11	2002–06
	2009

Appendix A.3. Inhabitants in the Study Zone (INEGI, 1970–2010)

Census year	Inhabitants
1970	67,088
1980	160,248
1990	170,980
1995	179,957
2000	183,560
2005	180,983
2010	195,484

Appendix A.4. The types of non-spatial data sets used in this study.

Data	Year/Period	Source
. Annual Precipitation	January 1979 – December 2010	National Water Commission, 2011 [Comisión Nacional del Agua, (CONAGUA)]
Annual Temperature	January 1979 – December 2010	CONAGUA, 2011
Livestock counts and prices	1979–2010	Livestock and Agriculture Information System, 2011 [Sistema de Información Agropecuaria, (SIAP)]
PROGAN livestock counts	2003–2006; 2008–2012	Technical and Consultative Commission of Rangeland Coefficient, 2011 [Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, (COTECOCA)]
Rangeland Coefficients	1978	COTECOCA, 1978
Communal land area	2008	Agrarian Attorney Office, 2008 [Procuraduría Agraria, (PA)]
Population counts	1970, 1980, 1995, 2000, 2005 and 2010	INEGI, 1970, 1980, 1995, 2000, 2005, 2010
Socio–economical indicators; levels of marginalization	2008, 2010	CONAPO, 2011; Social Development Secretary, 2008 [Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)]

APPENDIX B Results

Appendix B.1. Kappa contingency matrix for 2000.

Error Matrix Analysis of TRUTHSAMPLE00C (columns : truth) against CLIP00ACC (rows : mapped)

	1	3	4	5	Total	ErrorC
1	32	0	2	1	35	0.0857
2	0	0	0	0	0	
3	0	14	5	1	20	0.3000
4	0	7	140	0	147	0.0476
5	3	0	2	39	44	0.1136
Total	35	21	149	41	246	
ErrorO	0.0857	0.3333	0.0604	0.0488		0.0854

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
 ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0293 (0.0561 - 0.1147)
 95% Confidence Interval = +/- 0.0349 (0.0504 - 0.1203)
 99% Confidence Interval = +/- 0.0460 (0.0394 - 0.1313)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using CLIP00ACC as the reference image

	Category	KIA
1		0.9001
2		0.0000
3		0.6720
4		0.8792
5		0.8636

TRUTHSAMPLE00C

	Category	KIA
1		0.9001
3		0.6372
4		0.8499
5		0.9406

Overall Kappa = 0.8531

Appendix B.2. Kappa contingency matrix for 2010.

Error Matrix Analysis of TRUTHSAMP10D (columns : truth) against CLIP10ACC80 (rows : mapped)

	2	3	4	5	Total	ErrorC
2	51	1	2	9	63	0.1905
3	0	0	0	0	0	
4	0	0	110	1	111	0.0090
5	0	0	1	22	23	0.0435
Total	51	1	113	32	197	
ErrorO	0.0000	1.0000	0.0265	0.3125	0.0711	

ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)
 ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)

90% Confidence Interval = +/- 0.0301 (0.0410 - 0.1012)

95% Confidence Interval = +/- 0.0359 (0.0352 - 0.1069)

99% Confidence Interval = +/- 0.0472 (0.0238 - 0.1183)

KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)

Using CLIP10ACC80 as the reference image ...

Category	KIA
2	0.7430
3	0.0000
4	0.9789
5	0.9481

TRUTHSAMP10D

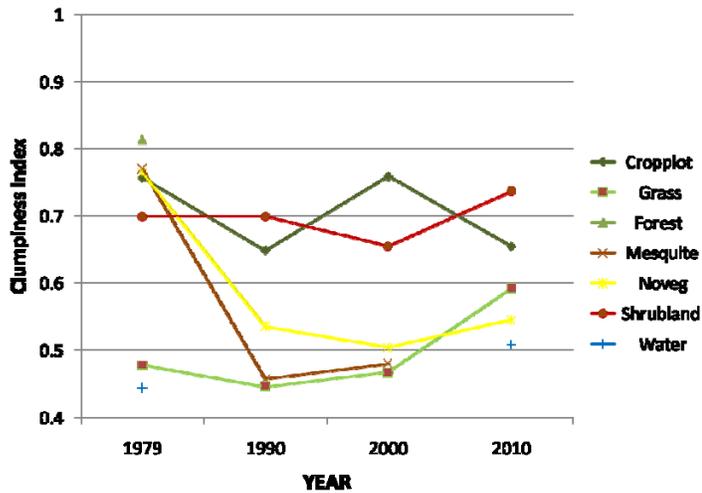
Category	KIA
2	1.0000
3	0.0000
4	0.9392
5	0.6462

Overall Kappa = 0.8764

Appendix B.3. ANOVA tables for comparisons of land cover classes by year.

Variable for comparison	df	MS	F	P
%Shrubland				
Between groups	3	502.789031	1.28	0.2946
Within groups	44	394.31935		
Total	47	401.242947		
In_%Cropland				
Between groups	3	3.52508515	4.44	0.0082
Within groups	44	0.793326493		
Total	47	0.967694067		
In_%Novveg				
Between groups	3	12.768205	8.69	0.0001
Within groups	42	1.46908315		
Total	45	2.22235794		
In_%Grassland				
Between groups	3	4.57939095	5.08	0.0042
Within groups	44	0.901125489		
Total	47	1.13590839		
%Forest				
Between groups	3	8.58994234	1.49	0.2314
Within groups	44	5.77957067		
Total	47	5.95895609		
%Water				
Between groups	3	2.33603572	7.08	0.0006
Within groups	44	0.330036095		
Total	47	0.458078625		
%Mesquite				
Between groups	3	124.966467	4.26	0.0100
Within groups	44	29.3107146		
Total	47	35.4164009		

Appendix B.4. Clumpiness Index of each LULC class in 1979, 1990, 2000 and 2010.



Appendix B.5. Rates of change for each class and decadal period. Negative values correspond to a decrease in the area class and positive values correspond to an increase in the area class.

Class	1979–1990	1990–2000	2000–2010
Cropland	0.027	0.003	-0.107
Grassland	-0.014	-0.028	0.123
Forest	-1	-	-
Mesquite	0.035	0.031	-1
Other	0.158	-0.019	0.116
Shrubland	-0.024	0.0009	0.031
Water	-1	-	1

Appendix B.6. Maximum, mean, minimum and standard deviation values of SAVI, by year.

Year	Max	Mean	Min	SD
1979	0.753771782	0.078603671	-0.41422075	0.03180837
1990	0.719701827	0.113815582	-0.20868447	0.02942363
2000	0.674868107	0.099761353	-0.31651598	0.02091104
2010	0.720615983	0.131364931	-0.1929763	0.03109487

Appendix B.7. Linear regression analyses.

Dependent variable	Independent variable	Intercept (y0) ±SE	Slope (a) ±SE	R²	P
SAVI 1979	Livest.density 1979	0.0929967 ± 0.0151741	-0.0823325 ± 0.0871303	0.0820	0.3670
SAVI 1990	Livest.density 1990	0.1331131 ± 0.016423	-0.0790794 ± 0.079862	0.0893	0.3454
SAVI 2000	Livest.density 2000	0.1185892 ± 0.0129205	-0.10347 ± 0.0887623	0.1196	0.2708
SAVI 2010	Livest.density 2010	0.1606326 ± 0.0170862	-0.1654832 ± 0.1302269	0.1390	0.2326
SAVI 1979-2010	Livest.density79-10	0.1499066 ± 0.0901375	-0.2616823 ± 0.5827461	0.0916	0.6974
SAVI 2010	%Communal land	0.059665 ± 0.0517496	0.0010144 ± 0.0006466	0.1975	0.1477
%Shrubland2010	%AUProgan2010	65.76561 ± 14.15055	-0.1565338 ± 0.4644897	0.0112	0.7431
%Grassland2010	%AUProgan2010	15.76414 ± 6.330746	0.0739376 ± 0.2078058	0.0125	0.7294
%Rangeland2000	%HaProcampo2000	37.72491 ± 9.830802	0.5387366 ± 0.3074078	0.2774	0.1178
%Cropland2000	%HaProcampo2000	57.48481 ± 12.40125	-0.7467577 ± 0.3877854	0.3167	0.0903
%Rangeland2010	%HaProcampo2010	60.77886 ± 5.446285	0.4036685 ± 0.1216884	0.5790	0.0106
%Cropland2010	%HaProcampo2010	23.08786 ± 3.201244	-0.2256136 ± 0.0715266	0.5543	0.0135

Appendix B.8. Prais-Winsten multiple regression for time series analysis.

Dependent variable	Independent Variables	Intercept (y0) ±SE	Slope (b) ±SE	R²	P
NPP 2003-2010	Total annual precipitation 2003-2010	5108.562 ± 450.9197	4.707228 ± 1.261597	0.9989	0.020
	%AUProgan		11.9198 ± 9.735128		0.288
					0.0000

APPENDICES CHAPTER III
Appendix A
Species identified in the Study Area

Common name	Scientific Name with Author	Family
Acetilla	<i>Bidens odorata</i> Cav.	Asteraceae
Altamisa	<i>Zaluzania grayana</i> B.L. Rob. & Greenm.	Asteraceae
Amapola	<i>Oenothera</i> spp	Onagraceae
Árnica	<i>Machaeranthera gymnocephala</i> auct. non (DC.) Shinners	Asteraceae
Barba de chivo	<i>Clematis drummondii</i> Torr. & A. Gray	Ranunculaceae
Biznaga	<i>Coryphantha macromeris</i> (Engelm.) Lem.	Cactaceae
Campanita gris	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schldl.	Malvaceae
Cardenche (coyonoxtle)	<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	Cactaceae
Chaparro agrito	<i>Berberis pinnata</i> Lag.	Berberidaceae
Chia	<i>Salvia reflexa</i> Hornem.	Lamiaceae
Clavelito		Asteraceae
Clavellina	<i>Opuntia tunicata</i> (Lehm.) Link & Otto	Cactaceae
Cola de zorra	<i>Stipa eminens</i> Cav.	Poaceae
Como gatuño	<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Solanaceae
Composite alta	<i>Chaetopappa ericoides</i> (Torr.) G.L. Nesom	Asteraceae
Copalillo	<i>Parthenium incanum</i> Kunth	Asteraceae
Costilla de vaca	<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Chenopodiaceae
Cresta de gallo	<i>Ambrosia</i> L.	Asteraceae
Cuijo	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm. var. cuija Griffiths & Hare	Cactaceae
Cuijo rastrero	<i>Opuntia rastrea</i> F.A.C. Weber	Cactaceae
Duraznillo	<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	Cactaceae
Epazote	<i>Chenopodium graveolens</i> Willd. var. neomexicanum (Aellen) Aellen	Chenopodiaceae
Escoba de rosita	<i>Gutierrezia texana</i> (DC.) Torr. & A. Gray	Asteraceae
Escobilla	<i>Buddleja scordioides</i> Kunth	Buddlejaceae
Estafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt. ssp. <i>mexicana</i> (Willd. ex Spreng.) D.D. Keck	Asteraceae
Fresadilla	<i>Ambrosia confertiflora</i> DC.	Asteraceae
Garrapatilla	<i>Berberis trifoliolata</i> Moric.	Berberidaceae
Gatuño	<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	Fabaceae
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	Zygophyllaceae
Hierba de víbora	<i>Tiquilia canescens</i> (DC.) A.T. Richardson	Boraginaceae
Hierba del burro o chatilla	<i>Zinnia acerosa</i> (DC.) A. Gray	Asteraceae

Hierba del cenizo	<i>Bahia absinthifolia</i> Benth.	Asteraceae
Hierba del chilero	<i>Eryngium</i> sp.	Apiaceae
Hierba del golpe	<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh	Onagraceae
Hierba del negro	<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don	Malvaceae
Hierba loca	<i>Atriplex</i> spp.	Chenopodiaceae
Hierba prieta	<i>Euphorbia</i> spp	Euphorbiaceae
Hojasén	<i>Flourensia cernua</i> DC.	Asteraceae
Huevona	<i>Sida abutilifolia</i> Mill.	Malvaceae
Huizache	<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J. Herm.	Fabaceae
Jazmincillo del monte	<i>Menodora</i> Bonpl.	Oleaceae
Junco	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.	Capparaceae
Lampote	<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae
Limoncillo	<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	Asteraceae
Maple	<i>Acourtia</i> D. Don	Asteraceae
Margarita chiquita	<i>Chaetopappa ericoides</i> (Torr.) G.L. Nesom	Asteraceae
Marihuana loca	Verbesina L.	Asteraceae
Mariola	<i>Parthenium incanum</i> Kunth	Asteraceae
Mezquite	<i>Prosopis grandulosa</i> Werderm var.	Fabaceae
Navajita	<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Poaceae
Navajita chaparro	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	Poaceae
Navajita velluda	<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Poaceae
NN	<i>Baccharis</i> spp	Asteraceae
Nota	<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae
Oreja de ratón	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Convolvulaceae
Palma china	<i>Yucca filifera</i> Chabaud * No en listado USDA	Agavaceae
Pan y queso	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae
Parraleña	<i>Dyssodia pentachaeta</i> (DC.) B.L. Rob.	Asteraceae
Pata de gallo	<i>Citharexylum brachyanthum</i> (A. Gray) A. Gray	Verbenaceae
Pata de res	<i>Senna bauhinioides</i> (A. Gray) Irwin & Barneby	Fabaceae
Perrillos	<i>Thelocactus</i> (K. Schum.) Britton & Rose	Cactaceae
Pitaya	<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	Cactaceae
Pito real	<i>Ephedra aspera</i> Engelm. ex S. Watson	Ephedraceae
Quebradora	<i>Mirabilis glabrifolia</i> (Ortega) I.M. Johnst.	Nyctaginaceae
Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae
Quelite sarmiento	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae
Rodadillo	<i>Salsola tragus</i> L.	Chenopodiaceae
Sangre de grado	<i>Jatropha dioica</i> Cerv.	Euphorbiaceae
Tasajillo	<i>Opuntia kleiniae</i> DC.	Cactaceae
Tomatillo	<i>Physalis</i> L.	Solanaceae

Trompillo	<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	Solanaceae
Uña de gato	<i>Acacia roemeriana</i> Scheele	Fabaceae
Zacate banderilla	<i>Enneapogon desvauxii</i> Desv. ex P. Beauv.	Poaceae
Zacate borreguero	<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb.	Poaceae
Zacate chino	<i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) J.T. Columbus	Poaceae
Zacate chino fino	<i>Muhlenbergia utilis</i> (Torr.) Hitchc.	Poaceae
Zacate espiguita	<i>Bouteloua curtispindula</i> (Michx.) Torr.	Poaceae
Zacate estrellita	<i>Aristida</i> sp	Poaceae
Zacate estropajo	<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	Poaceae
Zacate gramilla	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae
Zacate pajita	<i>Chloris virgata</i> Sw.	Poaceae
Zacate rhodes	<i>Chloris gayana</i> Kunth	Poaceae
Zacate temprano (pajita tempranera)	<i>Setaria macrostachya</i> Kunth	Poaceae
Zacate tierno	<i>Scleropogon brevifolius</i> Phil.	Poaceae
Zacate tres barbas	<i>Aristida</i> L.	Poaceae
Zacate triguillo	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Poaceae
Zacate triguillo II	<i>Aristida purpurea</i> Nutt.	Poaceae
Zacatón	<i>Digitaria cognata</i> (Schult.) Pilg.	Poaceae
Zacatón fino chiquito	<i>Muhlenbergia</i> spp	Poaceae

Appendix B

Soil Surface Assessment Criteria

1. Rainsplash protection

Projected	Class	Interpretation
1% or less	1	No rainsplash protection
1 to 15%	2	Low rainsplash protection
15 to 30%	3	Moderate rainsplash
30 to 50%	4	High rainsplash protection
More than 50%	5	Very high rainsplash

2. Perennial vegetation cover

Basal and Canopy Cover	Class	Interpretation
1% or less	1	No below ground contribution
1 to 10%	2	Low below ground contribution
10 to 20%	3	Moderate below ground contribution
More than 20%	4	High below ground contribution

3. Litter

% Cover of plant litter	Class
<10	1
10–25	2
25–50	3
50–75	4
75–100	5
100 up to 20 mm thick	6
100, 21–70 mm thick	7
100, 70–120 mm thick	8
100, 120–170 mm thick	9
100, > 170 mm thick	10

Origin of the litter:

Local (l): derived from plants growing in very close proximity to the query zone and showing no signs of transport/deposition by wind or water flows.

Transported (t): litter has clear signs of being washed or blown to the current location.

Degree of decomposition/incorporation:

Nil decomposition (n): the litter is loosely spread on the surface with few signs of decomposition and incorporation.

Slight decomposition (s): litter is broken down into small fragments and intimately in contact with soil; some fragments may be partially buried.

Moderate decomposition (m): litter is in several distinct layers; some fungal attack is visible; the layer next to the soil is somewhat humified; some darkening of the soil to a depth of less than 10 mm.

Extensive decomposition (e): litter has at least 3 layers or stages in decomposition ranging from fresh material on top to 20 mm or more of comprehensively humified (very dark, with no identifiable fragments) at the soil–litter interface; mineral soil may have significant organic darkening in excess of 10 mm.

4. Cryptogam cover

Cryptogam Cover	Class	Interpretation
Not applicable	0	No stable crust present
1% or less	1	No contribution
1 to 10%	2	Slight contribution
10 to 50%	3	Moderate contribution
More than 50%	4	Extensive contribution

5. Crust Brokenness

Crust Brokenness	Class
No crust present	0
Crust present but extensively broken	1
Crust present but moderately broken	2
Crust present but slightly broken	3
Crust present but intact, smooth	4

6. Soil erosion type and severity

Soil erosion type and severity	Insignificant (4)	Slight (3)	Moderate (2)	Severe (1)
Erosion Type				
Sheeting (E)				
Pedestal (P)				
Terracette (T)				
Rill (R)				
Scalding (S)				

7. Deposited material

Deposited Material	Class
Extensive amount available: greater than 50% cover several cm deep	1
Moderate amount of material available: 20 to 50% cover	2
Slight amount of material available: 5% to 20% cover	3
None or small amount of material available: 0–5% cover	4

8. Soil surface roughness

Surface roughness	Class
<3 mm relief in soil surface: Smooth	1
Shallow depressions 3–8 mm relief: Low retention	2
Deeper depressions 8–25 mm, dense tussock grasslands: Moderate retention	3
Deep depressions that have a visible base: Large retention	4
Very deep depressions or cracks >100mm: Extensive retention	5

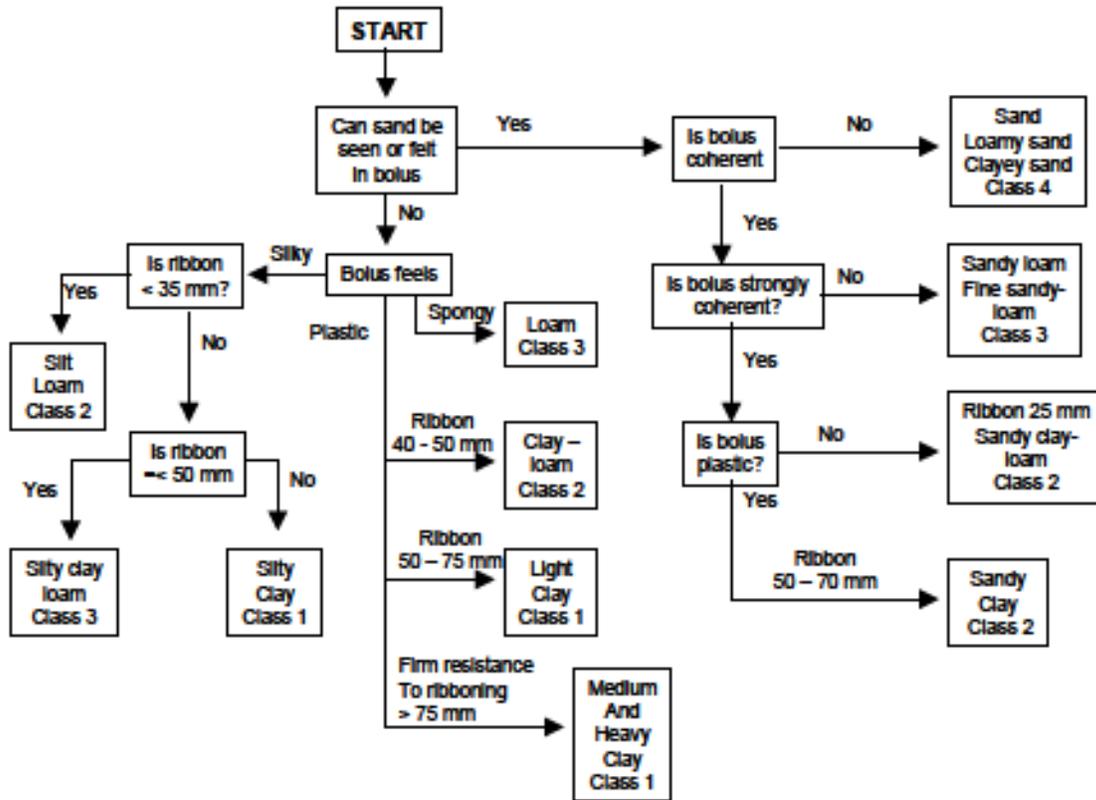
9. Surface nature (resistance to disturbance)

Surface Nature	Class	Interpretation
Non –brittle	5	Shows some “springiness” when pressed with finger, typically with A ₀ layer; or Surface is a self–mulching clay; or Surface has no physical crust and is under a dense perennial grass sward (i.e. not just an isolated plant).
Crust is very hard and brittle	4	Needs a metal implement to break the surface, forming amorphous fragments or powder. The sub–crust is also very hard, coherent and brittle.
Moderately hard	3	Surface has a physical crust and moderately hard, needing a plastic tool (e.g. pen–top) to pierce, breaking into amorphous fragments or powder; the sub–crust is coherent.
Easily broken	2	Surface is easily penetrated with finger pressure (to about first knuckle joint). Surface may have a weak physical crust and sub–crust is non–coherent e.g. sandy.
Loose, sandy surface	1	Surface is not crusted, easily penetrated by finger pressure to about second knuckle joint. Sub–surface is non–coherent.

10. Soil stability

Observed behaviour	Class	Interpretation
Not Applicable	0	No Coherent fragments available, e.g. sand
Very unstable	1	Fragment collapses in less than 5 seconds
Unstable	2	Fragment substantially collapses 5–10 seconds; a thin surface crust remains. >50% of the sub–crust material slumps
Moderately stable	3	Surface crust remains intact with some slumping of the sub–crust but less than 50%
Very stable	4	Whole fragment remains intact with no swelling

11. Texture



Texture	Class
Silty clay to heavy clay (very slow infiltration rate)	1
Sandy clay loam to sandy clay (slow infiltration rate)	2
Sandy loam to silt loam (moderate infiltration rate)	3
Sandy to clayey sand (high infiltration rate)	4

APPENDIX C

Laboratory Analyses Methods

- **Determination of root biomass.** To convert the roots biomass (RB) obtained in the micro-sites samples to RB in gr/kg the following equation was used:

$$RB_{gr/kg} = (RW * 1000) / SW$$

Where:

RW = root weight in mg

SW = soil sample weight in gr

To convert $RB_{gr/kg}$ in $RB_{ton/ha}$ the following equation was used:

$$RB_{ton/ha} = (RB_{gr/kg} * SW_{kg/ha}) / 1000000$$

Where:

$RB_{gr/kg}$ = RB in gr per kilogram of soil

$SW_{kg/ha}$ = Soil weight in kg/ha

- **Determination of pH:** Potentiometric Method (Bates, 1973).
For each soil sample, 20 ml of distillate water was added to 10 g of dry sieved soil. The mixture was stirred for 30 minutes at 180 rpm. A Ross pH electrode was used to obtain the readings (Thermo Orion 8102BNUWP).

- **Determination of soil texture:** Hydrometer Method (Bouyoucos, 1962).
Three samples (repetitions) of dry soil were selected for each plot. 60 g of dry soil was placed in a 600 ml beaker and 40 ml of 30% hydrogen peroxide (H_2O_2) was added in order to destroy the organic matter. Thereafter, the soil was dried in a drying oven (Binder, FRD400) at 50 °C for 12 hours. 50 g of this pretreated soil was then placed in a 250 ml beaker and combined with 100 ml of deionized water and 10 ml of sodium hexametaphosphate [$(NaPO_3)_6$] 1N. The mixture was stirred at 120 rpm for 10 minutes in a rotary shaker (Barnstead / Lab-line A-CLASS), transferred to a 1 L beaker and a 0.8 L hydrometer was introduced and brought to a volume of 1 L. The hydrometer was removed and the mixture was stirred for 1 minute and a reading taken with the hydrometer at 40 seconds and again at 2 hours. The hydrometer reading represents fractions of different particle size (clay and silt). The hydrometer reading was corrected by adding 0.36 per 1°C above 19.5 °C, and subtracting 0.36 per degree below 19.5 °C. Based on the values of sand, silt and clay obtained, the texture was determined according to the parameters of the Department of Agriculture (USDA), which are available at USDA website (<http://soils.usda.gov/technical/aids/Investigations/texture/>).

- **Determination of soil bulk density (BD):** Core method (Elliot *et al.*, 1999).

The equation was employed:

$$BD = (Ws - Wr) / (Vc - Vs)$$

Where,

Ws = weight of soil (g)

Wr = weight of roots (g)

Vc = Volume of cylinder (cm^3)

Vs = Volume of stones (cm^3).

- **Determination of soil organic matter:** Loss on Ignition Method (adapted from Storer, 1984).
Crucibles were used that were previously dried in a muffle furnace (Thermolyne, FB1400) at 300 °C for 3 hours, and weighed on a micro balance (Sartorius, BP211D). 10g dry soil from each sample

were placed in the crucible and subjected to incineration at 600 ° C for 2 hours in the flask. The crucibles were removed from the flask and placed in a desiccator. The crucibles were weighed on a micro scale. The content of soil organic matter (SOM) was obtained using the following equation:

$$\text{SOM} = (\text{Wc} + \text{Ws}) - (\text{Wc} + \text{s})$$

where:

Wc = weight of crucible in grams

Ws = weight of soil in grams

Wc + s = weight of the crucible with the soil in grams, after incineration

From the SOM content obtained for each sample and the weight of soil in ton/ha, SOM content for each plot was determined:

$$\text{SOM ton/ha} = \frac{(\text{SOMgr/kg})(\text{W}_{\text{S}_{\text{ha}}})}{1000000}$$

Where: 1000000

W_{S_{ha}} = weight of soil per hectare

– **Determination of organic C and total N:** Dry Combustion Method (Sollins *et al.*, 1999).

Approximately 2 g of soil from each sample were extracted. To remove carbonates, samples were exposed to hydrochloric acid (HCl) for 12 hours. Then they were dried in a drying oven (Binder, FRD400) for 48 hours at a temperature of 70 ° C, were passed through an agate mill and stored in Eppendorf tubes in a desiccator. Aliquots of 25-30 mg were extracted from these samples and placed into capsules of tin. The content of organic C and total N was determined in an elemental analyzer (COSTECH Instruments, 4010). Soil C and N concentrations were obtained using the following equation:

$$\text{Element gr/kg}_{\text{soil}} = (\% \text{ element}_{\text{capsule}} * 1000) / 100$$

To convert the results to content of organic C and total N in ton/ha the following equation was used:

$$\text{Element ton/ha} = (\text{element gr/kg} * \text{SW}) / 1000000$$

Where:

SW = Soil weight in kg/ha

– **Determination of soil P:** Sodium Bicarbonate Method (Olsen *et al.*, 1954).

3 g of dry soil and 25 ml of buffer solution of 0.5M sodium bicarbonate (NaHCO₃) adjusted to pH 8.5 were mixed in 50 ml Falcon tubes. The mixture was stirred for 30 minutes at 180 rpm and centrifuged at 3000 rpm for 6 minutes. Subsequently, the mixture was filtered with Whatman No. 42 filter paper and was read in an inductively coupled plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES, Varian 730-ES).

To convert the concentration of P in the soil the following equation was used (Robertson, 1999):

$$\text{P content} = (\text{C} * \text{V}) / \text{SW}$$

Where:

C = ion concentration in the extract (mg/L)

V = extract volume (ml)

SW = dry weight of the soil used for the extraction

To convert the results to content of P in ton/ha the following equation was used:

$$P \text{ ton/ha} = (P \text{ gr/kg} * SW) / 1000000$$

Where:

SW = Soil weight in kg/ha

– **Determination of soil macronutrients (Ca, Mg, Na and K):** Ammonium Acetate Extraction Method (Chapman, 1965).

1 g of dry soil was mixed with 100 ml of buffer solution of ammonium acetate ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) 1NOR and pH 7. The mixture was stirred for 1 hour at 120 rpm and centrifuged for 6 minutes at 3000 rpm. Subsequently it was read in an ICP-OES (Varian 730-ES).

To convert the concentration of macronutrients in content of each element in the soil the following equation was used (Robertson, 1999):

$$\text{Element content} = (C * V) / SW$$

Where:

C = ion concentration in the extract (mg/L)

V = extract volume (ml)

SW = dry weight of the soil used for the extraction

To convert the results to content of each element in ton/ha the following equation was used:

$$\text{Element ton/ha} = (\text{element gr/kg} * SW) / 1000000$$

Where:

SW = Soil weight in kg/ha

– **Determination of micronutrients (Fe, Mn, Cu and Zn):** DTPA Method (Lindsay and Norvell, 1978).

10 g of dry soil was mixed with 20 ml of a buffer solution of DTPA (diethylenetriamine pentaacetic acid) adjusted to pH 7.3. The mixture was stirred for 2 hours at 120 rpm and centrifuged for 20 minutes at 3000 rpm. Subsequently it was filtered through Whatman No. 42 filter paper and read in an ICP-OES (Varian 730-ES).

To convert the concentration of micronutrients in content of each element in the soil the following equation was used (Robertson, 1999):

$$\text{Element content} = (C \cdot V) / SW$$

Where:

C = ion concentration in the extract (mg/L)

V = extract volume (ml)

SW = dry weight of the soil used for the extraction

To convert the results to content of each element in ton/ha the following equation was used:

$$\text{Element ton/ha} = (\text{element gr/kg} \cdot SW) / 1000000$$

Where:

SW = Soil weight in kg/ha

APPENDIX D

Variables for comparison

- Bulk density (gr/cm³)
- Soil Organic Matter (ton/ha)
- Soil Organic Carbon (ton/ha): this variable was considered for the micro-sites and the predominant grasses soil samples.
- Soil Total Nitrogen (ton/ha): this variable was considered for the micro-sites and the predominant grasses soil samples.
- Soil Phosphorus (kg/ha)
- Soil Calcium (ton/ha)
- Soil Magnesium (kg/ha)
- Soil Sodium (kg/ha)
- Soil Potassium (ton/ha)
- Soil Iron (kg/ha)
- Soil Manganese (kg/ha)
- Soil Copper (kg/ha)
- Soil Zinc (kg/ha)
- Number of patches /10 m
- Total patch area (m²)
- Patch area index: total patch area/maximum area if all the transect was patch (transect length * 10)
- Landscape organisation index: length of patches/length of transect
- Average interpatch length
- Stability: ability of the soil to withstand erosive forces and to reform after disturbance. The indicators of stability are: crust brokenness, surface resistance, slake test, erosion type and severity, deposited materials, cryptogam cover, soil cover and litter cover. Where there is more than one entry for "erosion type and severity", the score used is the most severe or most abundant. Stability is measured in a scale that ranges from 8 to 40. The final assessment is then converted to a % value of the maximum (Tongway and Hindley, 2005).
- Water infiltration: process through which the soil partitions rainfall into soil-water (water available for plants to use), and runoff water which is lost from the local system, or may also transport materials (soil, nutrients and seed) away. The indicators of water infiltration are perennial basal, shrub and tree canopy cover; surface roughness; slake test; litter cover, origin and decomposition; surface resistance to disturbance and soil texture. The full contribution of litter to water infiltration is obtained by multiplying the basic litter cover by the following factors:
 - o Both transported (T) litter and nil (N) incorporation of litter, multiply cover value by 1.
 - o For litter of local (L) origin, multiply cover value by 1.5.
 - o For slight (S) incorporation multiply cover value by 1.3.
 - o For moderate (M) incorporation of litter, multiply the cover value by 1.7.
 - o For extensive (E) incorporation of litter, multiply the cover value by 2.0.Taking into account that infiltration is slowed by compact soil surfaces, surface resistance to disturbance indicator is reallocated in the following way in calculating the Infiltration index:
 - Class 5 → 6.6
 - Class 4 → 1
 - Class 3 → 3.3
 - Class 2 → 6.6

- Class 1 → 10

Water infiltration is measured in a scale that ranges from 6 to 57. The final assessment is then converted to a % value of the maximum (Tongway and Hindley, 2005).

- Nutrient cycling: level of efficiency in which organic matter is cycled back into the soil. Indicators of nutrient cycling are perennial basal, shrub and tree canopy cover; litter cover, origin and decomposition; cryptogam cover and surface roughness. The full contribution of litter to this category is obtained by multiplying the basic litter cover by the following factors:
 - Both transported (T) litter and nil (N) incorporation of litter, multiply cover value by 1.
 - For litter of local (L) origin, multiply cover value by 1.5.
 - For slight (S) incorporation multiply cover value by 1.3.
 - For moderate (M) incorporation of litter, multiply the cover value by 1.7.
 - For extensive (E) incorporation of litter, multiply the cover value by 2.0.

Nutrient cycling is measured in a scale that ranges from 4 to 43. The final assessment is then converted to a % value of the maximum (Tongway and Hindley, 2005).

- Root biomass (ton/ha): this variable was considered for the micro-sites and the predominant grasses soil samples.
- Percentage of grass in transect: mean of percentage of grass obtained in the 4 areas of 45 m² (1.5 m*30 m) along the transects.
- Percentage of shrubs in transect: mean of percentage of shrubs obtained in the 4 areas of 45 m² (1.5 m*30 m) along the transects.

Percentage of non-grass/shrub plants: mean of percentage of non-grass/shrubs plant shrubs obtained in the 4 areas of 45 m² (1.5 m*30 m) along the transects

APPENDIX E Results

Appendix E.1. Percentages of grass, shrubs and non-grass/shrub plants in the sampling plots. Sum is not 100% due to percentages of other cover (bare soil and object) are not included.

Site System	LV		MOR		SAM		SM	
	CG	RG	CG	RG	CG	RG	CG	RG
% Grass	6.7 (±2.5)	18.2 (±7.5)	1.3(±0.6)	14.6(±9.8)	10.3 (±6.6)	17.9 (±9.6)	1.6 (±1.3)	10.7 (±6.5)
% Shrub	0.5 (±0.7)	1.8 (±3.5)	2.8(±2.9)	0.7(±1.1)	0.4 (±0.2)	0.1 (±0.1)	1.0 (±0.5)	0.8 (±0.9)
% Non-grass / shrub	2.4 (±3.0)	1.3 (±0.9)	0.8(±0.5)	0.1(±0.3)	0.04 (±0.8)	0	0.4 (±0.7)	0.09 (±0.1)

Appendix E.2. General features of the predominant grasses species in the study area.

Species	Duration	Drought Tolerance	Fire Tolerance	Palatable Browse Animal	Palatable Graze Animal	Protein Potential
<i>Aristida</i> sp	Perennial ^a	High ^b	ND	Medium ^c	Medium ^c	ND
<i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) J.T. Columbus	Perennial ^a	High ^a	Medium ^a	Medium ^a	High ^a	Medium ^a
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Perennial ^a	High ^a	High ^a	High ^a	High ^a	Medium ^a
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Perennial ^a	Medium ^a	High ^a	Medium ^a	High ^a	Medium ^a
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb.	Perennial ^a	High ^d	ND	Low ^c	Low ^c	ND
<i>Digitaria cognata</i> (Schult.) Pilg.	Perennial ^a	ND	ND	Medium ^c	Medium ^c	ND
<i>Erneapogon desvauxii</i> Desv. ex P. Beauv.	Perennial ^a	ND	ND	Medium ^c	Medium ^c	ND
<i>Scleropogon brevifolius</i> Phil.	Perennial ^a	ND	ND	High ^c	High ^c	ND

^a<http://plants.usda.gov/>. Retrieved: March 21, 2012.

^bhttp://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/pr_3awn.htm. Retrieved: March 21, 2012.

^cHerrera, 2010

^dhttp://zipcodezoo.com/Plants/D/Dasyochloa_pulchella/. Retrieved: March 21, 2012.

Appendix E.3. Bulk density (gr/cm³), number of patches/10m, total patch area (m²), Patch Area Index (Total patch area / Maximum area of patches), average interpatch length (m), stability, water infiltration and nutrient cycling by sampling plots.

Site-System	Bulk density (gr/cm ³)	Number of patches/10m	Total Patch Area (m ²)	Patch Area Index	Average Interpatch Length (m)	Stability	Water Infiltration	Nutrient Cycling
LV-CG	0.83 (±0.05)	10.0 (±0.7)	0.9 (±0.7)	0.003	0.82 (±0.0)	48.95 (±2.78)	23.77 (±2.29)	15.69 (±0.91)
LV-RG	0.84 (±0.07)	12.1 (±3.2)	2.9 (±2.9)	0.009	0.64 (±0.2)	49.16 (±0.41)	27.68 (±0.39)	13.61 (±0.45)
MOR-CG	0.90 (±0.02)	3.2 (±0.8)	1.1 (±1.7)	0.003	2.76 (±0.6)	45.20 (±1.19)	28.12 (±1.07)	16.76 (±1.89)
MOR-RG	0.98 (±0.04)	6.7 (±1.7)	2.3 (±1.8)	0.008	1.22 (±0.4)	49.37 (±2.55)	26.67 (±2.98)	21.60 (±4.26)
SAM-CG	0.92 (±0.05)	5.0 (±0.8)	2.5 (±1.9)	0.008	1.65 (±0.1)	49.38 (±4.38)	20.55 (±1.21)	16.18 (±2.53)
SAM-RG	0.89 (±0.03)	11.1 (±4.7)	3.3 (±2.1)	0.011	0.82 (±0.3)	48.96 (±2.71)	20.48 (±1.13)	15.79 (±1.89)
SM-CG	0.95 (±0.08)	2.8 (±0.8)	0.1 (±0.1)	0.0005	3.24 (±0.8)	49.37 (±2.91)	27.88 (±2.55)	19.81 (±2.14)
SM-RG	0.88 (±0.06)	7.5 (±1.0)	1.1 (±0.7)	0.003	1.13 (±0.2)	49.47 (±3.27)	29.99 (±2.53)	20.59 (±2.14)

Appendix E.4. Roots biomass, SOM, P and total N in the soil by sampling plot

Site-System	Roots biomass (ton/ha)	N (ton/ha)	SOM (ton/ha)	P ^a (kg/ha)
LV-CG	0.43 (±0.29)	2.78 (±0.33)	94.39 (±7.36)	13.30 (±2.57)
LV-RG	0.47 (±0.25)	2.53 (±0.29)	81.63 (±7.17)	11.42 (±1.75)
MOR-CG	1.12 (±1.30)	2.90 (±0.60)	80.74 (±13.62)	11.51 (±4.08)
MOR-RG	0.51 (±0.23)	2.45 (±0.24)	84.35 (±4.35)	10.05 (±1.62)
SAM-CG	0.27 (±0.22)	1.76 (±0.25)	89.44 (±3.57)	6.84 (±1.24)
SAM-RG	0.52 (±0.23)	1.22 (±0.13)	86.50 (±4.33)	8.30 (±2.08)
SM-CG	2.30 (±2.57)	2.08 (±0.49)	104.05 (±10.04)	7.83 (±2.06)
SM-RG	1.22 (±0.71)	1.75 (±0.16)	95.01 (±6.01)	5.72 (±1.12)

Appendix E.5. ANOVA analyses with grazing system as main factor.

Variable for comparison	df	MS	F	P
NumberPatches				
Between groups	1	33.3744506	3.68	0.1034
Within groups	6	9.05892883		
Total	7	12.5325748		
TotalPatchArea				
Between groups	1	3.18150316	3.26	0.1208
Within groups	6	0.974592643		
Total	7	1.28986557		
LOI				
Between groups	1	0.014450001	7.16	0.0367
Within groups	6	0.002018229		
Total	7	0.003794197		
AverageInterpatch Length				
Between groups	1	2.71153845	4.30	0.0835
Within groups	6	0.63061645		
Total	7	0.927891022		
PatchAreaIndex				
Between groups	1	0.000038281	2.33	0.1775
Within groups	6	0.000016406		
Total	7	0.000019531		
%GrassTransect				
Between groups	1	215.203461	13.99	0.0096
Within groups	6	15.3868706		
Total	7	43.9320978		
%ShrublandTransect				
Between groups	1	0.17111247	0.20	0.6721
Within groups	6	0.865052073		
Total	7	0.765917844		
In_%NonGrass/Shrubland Transect				
Between groups	1	0.49391704	0.19	0.6826
Within groups	5	2.6261712		
Total	6	2.27079551		
%BareSoilTransect				
Between groups	1	147.340041	7.41	0.0345
Within groups	6	19.8825136		
Total	7	38.0907318		
BulkDensity				
Between groups	1	7.6483e-09	0.00	0.9988
Within groups	6	0.002991931		
Total	7	0.002564513		

Variable for comparison	df	MS	F	P
In_Stability				
Between groups	1	0.000925448	0.99	0.3572
Within groups	6	0.000930756		
Total	7	0.000929997		
Infiltration				
Between groups	1	2.53144527	0.17	0.6936
Within groups	6	14.8027135		
Total	7	13.0496752		
NutrientsCycling				
Between groups	1	1.2406299	0.14	0.7234
Within groups	6	9.01313216		
Total	7	7.90277469		
SOM				
Between groups	1	55.829106	0.87	0.3865
Within groups	6	64.0500078		
Total	7	62.8755932		
P				
Between groups	1	1.99167595	0.26	0.6282
Within groups	6	7.6525976		
Total	7	6.84389451		
TotalNmicrosites				
Between groups	1	0.314250523	0.92	0.3745
Within groups	6	0.341522701		
Total	7	0.337626675		
Na				
Between groups	1	1118.38181	1.17	0.3216
Within groups	6	958.776312		
Total	7	981.577098		
K				
Between groups	1	0.000076891	0.00	0.9797
Within groups	6	0.108982891		
Total	7	0.093424891		
Mg				
Between groups	1	831.74498	0.12	0.7409
Within groups	6	6931.16736		
Total	7	6059.8213		
Ca				
Between groups	1	14.3766431	0.23	0.6462
Within groups	6	61.6239693		
Total	7	54.8743513		
Cu				
Between groups	1	0.182617066	0.64	0.4554
Within groups	6	0.286961314		
Total	7	0.272054993		
Fe				
Between groups	1	0.00242086	0.00	0.9681

Variable for comparison	df	MS	F	P
Between groups				
Within groups	6	1.39430551		
Total	7	1.19546484		
Mn				
Between groups	1	0.69781897	0.05	0.8250
Within groups	6	13.0733246		
Total	7	11.3053953		
Zn				
Between groups	1	40168.7931	1.76	0.2334
Within groups	6	22882.1276		
Total	7	25351.6513		
RootsBiomassMicrosites				
Between groups	1	0.248324605	0.51	0.5024
Within groups	6	0.488010948		
Total	7	0.453770042		
SOCMicrosites				
Between groups	1	166.086165	0.30	0.6023
Within groups	6	549.445901		
Total	7	494.680224		

APÉNDICES CAPÍTULO IV

APÉNDICE A

Leyes mexicanas (nombre y año de expedición) producto de reformas de segunda generación

Nombre	Año de expedición
Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos	2002
Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental	2002
Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación	2003
Ley del Servicio Profesional de Carrera en la Administración Pública Federal	2003
Ley General de las Personas con Discapacidad	2005
Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria	2006
Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia	2007
Ley de Fiscalización y Rendición de Cuentas de la Federación	2009

APÉNDICE B

Carta de presentación

DIP. NINFA CLARA SALINAS SADA
Honorable Congreso de la Unión
México, D. F.

Estimada Dip. Salinas,

La División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT, está realizando una investigación acerca de la implementación de programas institucionales ligados directa o indirectamente con el desarrollo sostenible en las zonas áridas de México. Este trabajo, bajo mi dirección, está siendo realizado por la estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales Ruth Magnolia Martínez Peña. Uno de los propósitos de dicha investigación es retroalimentar el proceso de toma de decisiones de diversas instancias gubernamentales.

Para el logro de este objetivo, además de la revisión de fuentes documentales, quisiéramos entrevistar a los funcionarios públicos que ocupan posiciones claves en el diseño, desarrollo y evaluación de programas de intervención en los sectores social, ambiental y agropecuario. Estas entrevistas podrían llevarse a cabo por tres diferentes medios, dependiendo de la limitación de tiempo o la preferencia de cada funcionario: a) entrevista con cita previa en la oficina correspondiente; b) envío de cuestionario por correo electrónico con fecha acordada para su devolución; y c) video-conferencia con cita previa (vía skype, hotmail o yahoo).

En este sentido, le solicito de manera comedida se sirva contemplar la posibilidad de ser entrevistada por la estudiante Martínez Peña. El compromiso que adquirimos con su Institución es, por supuesto, socializar los resultados de este trabajo ya que consideramos que la labor académica sólo cobra sentido cuando establece un diálogo con las demás instancias de la sociedad para atender a las necesidades de la población y de su entorno ecológico.

De antemano, agradezco su colaboración.

Cordialmente,

Dra. ELISABETH HUBER-SANNWALD
Investigador Titular B, IPICYT
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II

Anexo: Formatos de soporte para la entrevista

APÉNDICE C
Guías de entrevista para servidores públicos y usuarios locales de programas gubernamentales

Categorías	Preguntas para servidores públicos
Oferta institucional	¿Con qué programas cuenta la institución para apoyar a las comunidades rurales?
Contexto socio-político-económico de los programas.	¿En qué contexto o a raíz de qué hechos surgieron estos programas?
Nivel de ajuste a las necesidades particulares de las zonas secas.	¿Cuáles de estos programas son específicos para las zonas secas? ¿Cuál es el propósito y alcance de estos programas?
Funcionamiento de mecanismos de retroalimentación de la labor institucional.	¿Qué cambios significativos han tenido estos programas a lo largo de su historia? ¿A qué se han debido estos cambios? ¿Con qué mecanismos cuenta la Institución para monitorear el desarrollo de estos programas? ¿Cuál son los indicadores que se usan para evaluar el impacto de los programas?
Capacidad de autocrítica dentro de la institución.	¿Cuál de estos programas se ha considerado exitoso? ¿Por qué se ha considerado exitoso? ¿Cuál de estos programas se ha considerado un fracaso? ¿Por qué se ha considerado un fracaso?
Ajuste del volumen y perfil del personal a las necesidades de los programas.	¿Cuántas personas están a cargo de la coordinación, implementación y seguimiento de estos programas? ¿Qué formación académica tienen estas personas?
Funcionamiento de mecanismos de coordinación interinstitucional e intersectorial.	¿Con qué otras instituciones interactúa esta institución o sus funcionarios para la creación o implementación de los programas? ¿De qué manera se relaciona esta Institución con otras del mismo sector u otro?
Funcionamiento de mecanismos de participación y evaluación.	¿Cuáles son las instancias particulares (consejos, comités) con las que cuenta la Institución para dar seguimiento a los programas?
Consideración de diversas escalas de intervención.	¿A través de qué mecanismos la Institución se hace presente a nivel nacional, regional y local? ¿Qué relaciones tiene su Institución con instancias internacionales?
Evaluación subjetiva del funcionamiento institucional.	¿Cuáles son los aspectos más positivos de la manera como funciona la Institución? ¿Cuáles son los aspectos más negativos de manera como funciona la Institución?
Suficiencia del marco legal y reglamentario.	¿Qué leyes y reglamentos definen las actividades de la Institución?
Funcionamiento de mecanismos de retroalimentación.	¿Qué cambios significativos han tenido estas leyes y reglamentos a lo largo de su historia? ¿A raíz de qué hechos se han dado estos cambios?
Evaluación subjetiva de la suficiencia del marco legal y	¿Cuáles son los aspectos más positivos de estas leyes y reglamentos?

Categorías	Preguntas para servidores públicos
reglamentario.	¿Cuáles son los aspectos más negativos de estas leyes y reglamentos?
Flexibilidad/Rigidez del marco legal y reglamentario.	¿Qué podría modificarse en estas leyes y reglamentos para facilitar la labor de la Institución? ¿Qué nuevas leyes o reglamentos deberían crearse para fortalecer la labor de la Institución?
Participación institucional en la construcción de la sostenibilidad.	¿Cuál es la relación entre la labor de la Institución y la sostenibilidad? ¿De qué manera participa la Institución en la promoción de la sostenibilidad?
Noción de sostenibilidad y de las dimensiones que implica.	¿Qué aspectos de la sostenibilidad aborda directamente la Institución? ¿Qué aspectos de la sostenibilidad no aborda la Institución?
Alcance de la misión institucional en el contexto de la sostenibilidad.	¿Qué aspectos de la sostenibilidad debería, en su opinión, abordar la Institución?
Evaluación subjetiva acerca de la relevancia del tema.	¿Cuándo y en qué contexto escuchó Usted por primera vez el concepto de sostenibilidad? ¿Tiene sentido hablar de sostenibilidad? ¿Por qué?
Evaluación subjetiva del papel de las comunidades en los programas.	¿Qué características de las comunidades han sido un obstáculo para el buen funcionamiento de los programas desarrollados por la Institución? ¿Qué tipo de problemas se derivan de estas características de las comunidades? ¿Qué características de las comunidades han sido factor determinante en el buen funcionamiento de los programas desarrollados por la Institución?
Evaluación del nivel de sensibilidad al contexto de los programas implementados.	¿De qué manera se adecúan los programas a las características particulares de cada comunidad o región beneficiaria?
Evaluación subjetiva del papel de los líderes comunitarios.	¿Qué opinión tiene de los líderes comunitarios y de su participación en el desarrollo de sus comunidades?
Vínculo con el sector académico.	Teniendo en cuenta las necesidades de información de su Institución en la implementación de programas relacionados con la sostenibilidad, ¿de qué manera cree que esta investigación podría hacer un aporte a la Institución?

Categorías de análisis	Preguntas para usuarios locales de programas
Oferta institucional	¿Qué programas gubernamentales conoce? ¿Cómo supo de esos programas? ¿Cuáles son los objetivos de esos programas?
Participación	¿En qué programas participa? ¿Cómo tomo la decisión de participar? ¿Qué beneficios obtiene al participar en el programa? ¿Qué obligaciones tiene como participante?
Mecanismos de retroalimentación	¿Cómo es el nivel de comunicación con los funcionarios que coordinan los programas? ¿Cómo se resuelven los problemas en la ejecución de los programas?

Categorías de análisis	Preguntas para usuarios locales de programas
	¿Qué tipo de orientación reciben durante el desarrollo del programa?
Resultados	¿Qué ha sido diferente desde que empezó a participar en el programa? ¿Qué ha funcionado bien? ¿Qué ha funcionado mal?

APÉNDICE D

Formato de Consentimiento Informado

Consentimiento Informado
<p>He sido informado(a) por Ruth Magnolia Martínez Peña del propósito general de la investigación que desarrolla como parte de su formación doctoral en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, de la ciudad de San Luis Potosí. He autorizado la grabación en audio de la entrevista que me realizará en el marco de esta investigación. Se me ha informado que mi nombre se mantendrá en el anonimato y que el contenido completo de la entrevista sólo podrá ser conocido, con fines académicos, por los miembros del Comité Asesor de la investigación. He autorizado la transcripción de algunas secciones de esta entrevista en uno o varios de los productos escritos de esta investigación, siempre y cuando mi nombre y adscripción institucional se mantengan en el anonimato.</p>
Nombre y firma
Fecha

APÉNDICE E

Categorías finas de análisis (orden alfabético)

Categorías finas de análisis (orden alfabético)

Agencias de innovación
Áreas naturales protegidas
Benchmarking ambiental
Capacitación
Coeficientes de agostadero
Cómo (no) cambia lógica institucional
Cómo se dan los apoyos
Cómo se definen las acciones
Cómo se distribuye en dinero en las secretarías
Consultores
Coordinación con los municipios
cosas que se pueden mejorar
Cuando las banderas se volvieron azules: solución exprés a los conflictos
Cuando se muere una institución
Decisiones políticas y timing
Desarrollo rural
Desconocimiento del universo de posibles beneficiarios
Diferencia entre lo social y lo privado en adjudicación de apoyos
Dificultad para admitir fracaso
Distancia entre las reglas de operación y realidad
Dónde se apoyan los legisladores para toma de decisiones
Eso es federal. Ahí no nos metemos
Evaluación de los programas
Éxito de los programas
(Falta de) participación
Federalismo
Gobierno de Fox
Incoherencia
Ley de desarrollo rural sustentable
Lo opuesto a Procampo
Lógica del productor (si es gratis debe ser malo)
Lógica institucional
Los priistas y los panistas
Los problemas
Manejo adaptativo
Manejo del agua (Conagua)

Categorías finas de análisis (orden alfabético)

Migración
Momento importante, comando y control desde 92
Naturaleza y adecuación de las cargas
(No) futuro de los productos orgánicos
Nuevos instrumentos económicos, decisión en los usuarios
Papel de la investigación/academia en toma de decisiones
Papel del contexto/mercado global
Papel del Inifap
Plan de desarrollo y nuevo secretario
Política ambiental
Procampo
Productividad
Progan
Programa de reconversión
Qué pasa a partir del 2000
Quién toma las decisiones en Sagarpa. Papel de la capacitación de funcionarios
Realidad del campo es otra
Saber tradicional vs saber técnico
Sagarpa
Semarnat
Subsidio al bombeo agrícola. No se cuida lo "gratis"
Sustentabilidad
Tenencia de tierra
Tierras sin vocación agrícola
Tipo de productores
Tipos de líderes
Todos estamos bien
Trabajo interinstitucional
Transferencia de tecnología
Vacío social
Variables no técnicas
Visión de corto plazo
Voto verde y lo que sucede en los tres niveles de gobierno

ANEXO

ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD EN LA LEGISLACIÓN MEXICANA USANDO EL PARADIGMA DE DESARROLLO DE LAS ZONAS SECAS

RUTH MAGNOLIA MARTÍNEZ PEÑA,
ELISABETH HUBER-SANNWALD, JOSÉ TULIO ARREDONDO MORENO,
MARÍA CECILIA COSTERO GARBARINO y FRANCISCO PEÑA DE PAZ

RESUMEN

Utilizando el paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas (DDP, por sus siglas en inglés) este trabajo analiza la relación entre el discurso legal, el desempeño de las instituciones gubernamentales y el manejo de sistemas socio-ecológicos (SSE) en México. El DDP es una herramienta que examina los vínculos entre aspectos socio-económicos y biofísicos y la sostenibilidad de los SSE, y consta de cinco principios: a) las variables biofísicas y socio-económicas son interdependientes y dinámicas; b) un conjunto de variables clave lentas determina la dinámica de los SSE; c) cruzar los umbrales de las variables lentas cambia la estructura y la función de los SSE; d) las variables lentas están vinculadas en escalas espacio-temporales; y e) para su adaptación funcional, los SSE deben integrar los conocimientos

local y científico. El análisis de 21 leyes federales con el DDP permite afirmar que éstas asumen el equilibrio como guía de la relación entre los elementos biofísicos y socio-culturales; no consideran variables lentas ni sus umbrales; señalan diversas escalas administrativas y reconocen el conocimiento local. Los desafíos de la legislación mexicana son: adoptar la incertidumbre y no linealidad inherentes a los SSE; hacer los conceptos de productividad, competitividad y rentabilidad compatibles con la sostenibilidad; enfocarse en los procesos que definen la estructura y la función de los SSE a largo plazo y en los umbrales que determinan su resiliencia; fortalecer mecanismos de gobernanza y capacidad institucional, y vincularse con la academia para insertar el conocimiento pertinente en la legislación.



nivel internacional, el discurso de la sostenibilidad se insertó en la esfera pública en 1987 con el Informe Brundtland (ONU, 1987) y desde entonces ha guiado la elaboración de normas, políticas y progra-

mas tendientes a promover el desarrollo sostenible (DS). Para el caso de México, el concepto hizo presencia por primera vez en la labor gubernamental en 1996. Entendido en un comienzo como un concepto de carácter estrictamente ambiental, hoy es claro

que la sostenibilidad incluye aspectos sociales, políticos, económicos y culturales. Tal complejidad ha sido puesta de manifiesto por instancias supranacionales, como por ejemplo las Naciones Unidas, al enunciar los Objetivos de Desarrollo del Milenio, e

PALABRAS CLAVE / Legislación / México / Sistemas Socio-Ecológicos / Sostenibilidad /

Recibido: 04/07/2011. Modificado: 14/02/2012. Aceptado: 17/02/2012.

Ruth Magnolia Martínez Peña. Antropóloga, Universidad Nacional de Colombia. Psicóloga, Universidad Católica de Colombia. Maestra en Ciencias en Ecología Humana, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, México. Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Dirección: Camino a la Presa San José 2055. Col. Lomas 4 sección CP. 78216. San Luis Potosí, México. e-mail: ruth.martinez@ipicyt.edu.mx

Elisabeth Huber-Sannwald. Maestra en Biología, Universitaet Innsbruck, Austria. Doctora en Ecología de Praderas, Utah State University. EEUU. Investigadora, IPICYT, México. e-mail: ehs@ipicyt.edu.mx

José Tulio Arredondo Moreno. Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad de Guanajuato, México. Maestro en Ciencias en Botánica, Colegio de Postgraduados, México. Doctor en Manejo y Ecología de Agostaderos, Utah State University, EEUU. Investigador, IPICYT, México. e-mail: tulio@ipicyt.edu.mx

María Cecilia Costero Garbarino. Maestría en Estudios de África Subsahariana, El Colegio de México. Doctora en Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora Investigadora, Colegio de San Luis, México. e-mail: ccostero@colsan.edu.mx

Francisco Peña de Paz. Licenciado en Antropología Social, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México. Maestro en Antropología Social, Universidad Iberoamericana, México. Doctor en Ciencias Sociales, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México. Profesor Investigador, Colegio de San Luis, México. e-mail: frape@colsan.edu.mx

iniciativas diversas tales como el Programa Internacional Geósfera-Biosfera (IGBP, por sus siglas en inglés), y el Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas del Cambio Ambiental Global (IHDP, por sus siglas en inglés), entre otras. Durante la última década, éstas han señalado la necesidad de analizar integralmente, es decir, considerando las dimensiones humanas y biofísicas, los factores asociados con el cambio ambiental global (Leemans *et al.*, 2009).

Son varias las definiciones de sostenibilidad que se han derivado del Informe Brundtland. En este trabajo se entenderá por sostenibilidad la capacidad de los sistemas socio-ecológicos (SSE) de satisfacer las necesidades de la población actual y las generaciones futuras, así como la capacidad de mantener dichos sistemas de modo que puedan soportar la vida en el planeta (Levin y Clark, 2010). Por SSE se entenderá los sistemas complejos en los cuales intervienen, interactúan y se retroalimentan variables y procesos socio-económicos y biofísicos en diversas escalas temporales y espaciales (Holling, 2001), y el dinamismo, la falta de linealidad (Folke, 2006), la impredecibilidad y la sorpresa no son la excepción sino la regla (Carpenter *et al.*, 2009). Incluir el concepto de sostenibilidad de los SSE en los marcos legislativos nacionales es un llamado a planear el desarrollo de las sociedades de modo compatible con la capacidad del planeta.

Los resultados obtenidos por diversas instancias interesadas en lograr un DS, como lo son las instituciones gubernamentales encargadas de la planeación del desarrollo y agencias de cooperación internacional, no han sido siempre alentadores (Leach, 2008). Ésto debido al conflicto entre lo que debe ser sostenido (biodiversidad, funcionamiento de ecosistemas, recursos naturales o comunidades humanas) y lo que debe ser desarrollado (equidad, sector productivo o instituciones sociales) (Kates *et al.*, 2005). Otros obstáculos para el logro del DS son el desconocimiento de los vínculos culturales e históricos entre las comunidades y su entorno natural (Leach, 2008); la rigidez de las instituciones a cargo de la implementación de programas de DS (MacDonald y Gibson, 2006); la hegemonía de algunos discursos avalados por la ciencia que opacan las visiones alternativas (Carpenter *et al.*, 2009); la falta de sistemas eficaces de gobernanza que consideren la cooperación intersectorial e integralidad de las políticas públicas (Zilans, 2008); la permanencia del modelo económico actual (Kemp *et al.*, 2005); y la ignorancia sobre la complejidad e impredecibilidad de los SSE (Scoones *et al.*, 2007).

En el ámbito académico nacional e internacional, el reconocimiento de la complejidad e impredecibilidad de los

SSE ha motivado la construcción de diversos marcos de análisis que comparten el propósito de guiar en su identificación, desarrollo, evaluación y monitoreo (INEGI, 2000; Maserá *et al.*, 2008; Stiglitz *et al.*, 2009). Uno de tales marcos analíticos es el paradigma de Desarrollo de las Zonas Secas (DDP; Reynolds *et al.*, 2007) que se puede aplicar desde sistemas áridos hasta sub-húmedos/tropicales.

El DDP consta de cinco principios que identifican las variables y los procesos claves que determinan la resiliencia en un SSE (Reynolds *et al.*, 2007); es decir, su capacidad de absorber las perturbaciones y reorganizarse de modo que mantenga la estructura, función y los mecanismos para retroalimentarse y desarrollarse, capacidad ésta que resulta esencial para la sostenibilidad (Folke, 2006). Dichos principios son: a) en los SSE existe interdependencia entre los aspectos biofísicos y los socio-económicos; y la estructura, función e interrelación de los sistemas es dinámica; b) existe un conjunto de variables clave 'lentas', esto es, que actúan en el largo plazo, y que determinan la estructura y función de los SSE (ej.: el contenido de materia orgánica en el suelo actúa como una variable lenta determinando su fertilidad a largo plazo), en contraste con las variables 'rápidas' cuya tasa de cambio se expresa en el corto plazo; c) cuando una variable lenta traspasa un umbral, cambia la estructura y/o función del SSE (ej.: la migración de personas en algunos poblados de México ha modificado la dinámica socio-económica de sus habitantes (Alanis, 2008)); d) en un SSE las variables biofísicas y socio-económicas interactúan a diversas escalas temporales y espaciales; y e) la co-adaptación funcional de los SSE depende de la integración del conocimiento ambiental local con el conocimiento científico y técnico (Reynolds *et al.*, 2007).

Desde el 2004, el DDP ha sido empleado por la red internacional de ARIDnet en estudios de caso que evalúan la problemática socio-ecológica asociada con la degradación y desertificación en zonas secas de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Estados Unidos, Honduras y México, que ha obstaculizado el DS en dichas regiones (Huber-Sannwald *et al.*, 2006; Reynolds *et al.*, 2007; Ayarza *et al.*, 2010; Herrick *et al.*, 2010).

El propósito de este trabajo es analizar cómo se aborda la sostenibilidad en la legislación mexicana utilizando el DDP como herramienta, dada su capacidad para identificar los aspectos medulares de la sostenibilidad de los SSE. Dicho objetivo se enmarca en la tendencia reciente de analizar la relación entre el discurso legal, la actividad y capacidad de las instituciones gubernamentales y el manejo de los

SSE (Young *et al.*, 2008; Cosens, 2010; Rissman y Butsic, 2010). Aunque el proceso de gestación y ejecución de las leyes y, en general, de las políticas públicas, constituye un área de investigación fundamental (Stein y Tommasi, 2006), este artículo aborda únicamente el contenido de las leyes. Teniendo en cuenta el vínculo entre el marco legislativo y el quehacer institucional, se espera que este análisis abone en la discusión en torno de la sostenibilidad y retroalimente la actividad de las instituciones que, amparadas en la legislación, se ocupan de promover el DS en México y otros países de la región.

El artículo está estructurado en cuatro secciones. La primera describe el método y los criterios que se siguieron en la selección de las leyes y análisis de sus artículos, la segunda analiza el contenido de las leyes utilizando los principios del DDP, la tercera sección discute los resultados, y la cuarta señala opciones para que el trabajo institucional ligado al DS en México responda a los retos que implica asumir la complejidad de los SSE.

Método de Análisis de las Leyes

Para analizar el marco regulatorio de la sostenibilidad en México, se revisó el cuerpo normativo vigente del país listado en la página web del Diario Oficial de la Federación entre el 20 y el 27 marzo de 2010 (254 leyes). Posteriormente se seleccionaron las leyes que contenían alguna de las siguientes palabras clave: sustentabilidad, desarrollo sustentable, sostenibilidad y desarrollo sostenible. Se identificaron 21 leyes que usan alguna de estas palabras en el marco de la definición o el manejo de los SSE o el DS (Tabla I). Para asociar los artículos y los principios del DDP se hizo una lectura cuidadosa del contenido de cada una de las leyes y se extrajeron las secciones que se referían implícita o explícitamente a sus principios. La asociación explícita se estableció con la búsqueda de palabras clave como resiliencia, consecuencias a largo plazo, umbral(es), ecosistema(s), socio-ambiental, socio-ecológico, sistemas complejos, complejidad, transferencia de tecnología, servicios ambientales y participación comunitaria. Después se realizó un análisis del discurso de los artículos asociados con los principios del DDP (Alba-Juez, 2009). En el análisis del segundo principio del DDP se tuvo en cuenta la duración de los procesos asociados a los factores citados en las leyes para determinar si se trataban de variables lentas o rápidas (Tabla I).

El DDP y la Legislación Mexicana

El concepto de sostenibilidad se incluyó por primera vez en el mar-

co legal mexicano en 1996, en una reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988 (LGEEPA). Posteriormente, otras leyes federales se reformaron para incluir dicho concepto y aquellas formuladas a partir del año 2000 lo incluyeron en su primera versión (Tabla I). De acuerdo con la LGEEPA, el DS es “el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del (*sic*) carácter ambiental,

económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras” (Art. 3-XI). Esta definición se adoptó con pequeñas modificaciones en otras leyes, ta-

les como la Ley de Aguas Nacionales (LAN, Art. 3-XXI) y la Ley General de Desarrollo Social (LDS, Art. 3-VI). En otros casos se adoptó una definición diferente, como sucedió en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), en la que el desarrollo rural sostenible es “el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los

TABLA I
LEYES FEDERALES MEXICANAS QUE CONTIENEN LAS NOCIONES DE SOSTENIBILIDAD Y/O DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL CONTEXTO SOCIO-ECOLÓGICO, AÑO DE PROMULGACIÓN, INSTANCIAS EJECUTIVAS, VARIABLES/PROCESOS QUE ENFATIZAN Y NATURALEZA DE LAS VARIABLES

Le y, Año*, Secretarías a cargo** y artículos de interés***	Variables/procesos que enfatizan****
Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (LRA27). 1958 (2008). SENER. 4 BIS; 9	Extracción y comercialización de hidrocarburos (R)
Ley de Planeación (LP). 1983 (2003). SHCP. 2; 9; 21	Planeación del desarrollo (L)
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). 1988 (1996). SEMARNAT. 1; 3-XI; 15-XIV, XV; 21-I; 36; 36-V; 47 BIS 2-b, d; 60; 77 BIS-V	Preservación y restauración del equilibrio ecológico (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Aguas Nacionales (LAN). 1992 (2008). SEMARNAT. 1; 2-XXVIII, XXIX, LXIII, LXV; 3-XXI, XXVIII, XXIX, XLII, XLIII; 6; 13 BIS 3-I-4; 14 BIS 1-5-I; 15-I-X; 39 BIS-I	Aprovechamiento de recursos (R); Conformación de instancias de gestión (R); Preservación de la calidad y la cantidad de las aguas nacionales (L)
Ley General de Vida Silvestre (LGVs). 2000. SEMARNAT. 5; 9-VIII; 11-VIII; 21; 82; 93	Protección/conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público (LAASSS). 2000 (2009). SHCP. 22-III; tercero transitorio	Adquisiciones en el sector público (R)
Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). 2001. SAGARPA. 5-II; 6; 7; 8; 9; 11; 13-I, II, VII, IX; 15; 23; 27; 32; 34; 37; 36; 39; 41; 49; 52; 59; 82; 86; 104; 144-VIII; 164; 168; 172; 173	Conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de Ciencia y Tecnología (LCT). 2002. SER; SHCP; SEMARNAT; SENER; SE; SAGARPA; SCT; SEP; SALUD. 35-VII	Desarrollo científico y tecnológico (L)
Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (LMPME). 2002. 1; 3-IV; 4-II-h; 11-VIII SE	Productividad /rentabilidad (R)
Ley de Energía para el Campo (LEC). 2002. SAGARPA. 3-IV	Productividad (R)
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). 2003. SEMARNAT. 30-VII; 45-VI; 55-VI; 114	Conservación (L); Aprovechamiento (R)
Ley General de Desarrollo Social (LGDS). 2004. SEDESOL. 3-VI	Disminución de las desventajas sociales en materia de salud, educación, alimentación, vivienda, trabajo y ambiente (L)
Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA). 2005. SAGARPA. 7-I; 10-XXII; 112; 115	Conservación (L); Aprovechamiento (R); Rentabilidad (R)
Ley de Vivienda (LV). 2006. SEDESOL. 6-VI; 19-II; 71; 72	Acceso a vivienda (R)
Ley de Productos Orgánicos (LPO). 2006. SAGARPA. 1-II-V; 39-III; 42	Gestión de la producción (R)
Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS). 2007. SAGARPA. 1; 4-XXXVI; 17-VIII; 43; 78; 82	Conservación (L); Aprovechamiento de recursos (R)
Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (LCNH). 2008. SENER. 3-d	Gestión de la explotación de hidrocarburos (R)
Ley de Petróleos Mexicanos (LPM). 2008. SENER. 28; 50; 61-V	Gestión de la explotación de hidrocarburos (R)
Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB). 2008. SENER. 1; 13-V; 15	Gestión de la producción de bioenergéticos (R)
Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAER). 2008. SENER. 2; 21-III; 22	Promoción y gestión de las energías renovables (R)
Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE). 2008. SENER. 2-I	Gestión del aprovechamiento de la energía (R)

*Entre paréntesis el año en que se reformó la ley para introducir el concepto de sostenibilidad y/o desarrollo sostenible.

**Energía (SENER); Hacienda y Crédito Público (SHCP); Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Relaciones Exteriores (SER); Economía (SE); Comunicaciones y Transportes (SCT); Educación Pública (SEP); Salud (SALUD); Desarrollo Social (SEDESOL).

***Artículos que contienen las palabras sostenibilidad, desarrollo sostenible, sustentabilidad y desarrollo sustentable.

****Entre paréntesis el tipo de variable: lenta (L) o rápida (R).

núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio” (Art. 3-XIV). La Ley de Energía para el Campo (LEC) asume esta última definición (Art. 3-IV). Otras leyes mencionan las nociones de desarrollo sostenible y sustentable (Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, LMPME) y de desarrollo integral sustentable (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, LGDFS; Ley de Planeación, LP), sin definir las.

El primer principio del DDP señala el acoplamiento del subsistema social y sus elementos políticos, económicos, históricos y culturales, con el subsistema biofísico y sus elementos biológicos, ecológicos y climatológicos (Reynolds *et al.*, 2007). Esto implica la imposibilidad de considerar el componente humano fuera del contexto biofísico y viceversa, así como las múltiples relaciones dinámicas y sus transformaciones recíprocas. Cada vez que la legislación mexicana hace mención del ‘desarrollo sustentable’, estos dos elementos, el social y el biofísico, están presentes. No obstante, en la relación entre estos elementos no se considera la no linealidad, el dinamismo y la incertidumbre asociados con el cambio, y que son características inherentes de los SSE (Folke, 2006). Al contrario, al abordar la dupla sociedad-entorno natural, la legislación tiene un marcado énfasis en el concepto de equilibrio, con la idea implícita de que la modificación en uno de los elementos de la dupla (la sociedad) llevará a una modificación en el otro (entorno natural), de manera predeterminada (Arts. 3-XXIV, 29-XIV, LAN; Art. 54, LDRS; Art. 19-V, Ley de Promoción de los Bioenergéticos, LPB; Art. 159, LGDFS; Art. 28-V, Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, LGPAS; Art. 70, Ley General de Vida Silvestre, LGVS; Art. 19-IV, LGEEPA).

El segundo principio del DDP afirma que hay un grupo limitado de variables lentas que determinan la estructura y dinámica de los SSE (Reynolds *et al.*, 2007). El conjunto de leyes analizadas no contiene explícitamente este concepto. Sin embargo, por ejemplo la LDRS, incluye el de servicios ambientales (SA), mismo que está relacionado con procesos de largo plazo en los SSE (Chapin *et al.*, 2006). La legislación define los SA como “los beneficios que obtiene la sociedad de los recursos naturales, tales como la provisión y calidad del agua, la captura de contaminantes, la mitigación del efecto de los fenómenos naturales adversos, el paisaje y la recreación, entre otros” (Art. 3-XXX). Esta definición se refiere a los SA de soporte, regulación y

culturales (MEA, 2005). Paralelamente al llamado a la protección y promoción de los SA se encuentra el llamado a la productividad, la competitividad y la rentabilidad, como mecanismos relativamente ‘rápidos’ para mejorar el ingreso económico de las comunidades. Este rasgo se enfatiza en la LDRS (que guía la intervención institucional en el sector rural del país por medio de proyectos productivos y subsidios a las actividades agropecuarias), la LGEEPA, la LGVS y la LGPAS. En estas leyes es clara la incongruencia entre el discurso de la protección y promoción de los SA (asociados con procesos de largo plazo o variables lentas) y el del aumento de los recursos económicos de las comunidades por medio del aprovechamiento de los recursos naturales, con actividades a corto plazo o variables rápidas (Arts. 1-V, 15-II, 20-II, 36-V, LGEEPA; Art. 5, LGVS; Arts. 22, 82, LGPAS).

El tercer principio del DDP sostiene que las variables clave poseen umbrales cuya transgresión implica un cambio en la estructura y la función del SSE (Reynolds *et al.*, 2007). Un umbral es un punto de quiebre entre dos regímenes de un sistema (Walker y Meyers, 2004); estos regímenes pueden cambiar en el tiempo. Cruzar un umbral de una variable clave puede disparar efectos de cascada en umbrales de otras variables y, en consecuencia, disminuir la resiliencia de un sistema (Kinzig *et al.*, 2006). Entre las leyes analizadas, la LGEEPA es la única que contiene una referencia explícita al concepto de umbral. Esta ley señala que “la Federación, los Estados y el Distrito Federal (...) diseñarán, desarrollarán y aplicarán instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, y mediante los cuales se buscará”, entre otros aspectos, “procurar su utilización conjunta con otros instrumentos de política ambiental, en especial cuando se trate de observar umbrales o límites en la utilización de ecosistemas, de tal manera que se garantice su integridad y equilibrio, la salud y el bienestar de la población” (Art. 21).

Este concepto de umbral, sin embargo, no contiene las mismas implicaciones del que propone el DDP. Esto queda claro cuando la LGEEPA y demás leyes analizadas asumen la posibilidad de que los ecosistemas regresen a un estado inicial o anterior a la perturbación de que fueron objeto. Un SSE puede atravesar distintos estados sin cruzar un umbral, lo cual implica que, en efecto, tendría la capacidad de regresar a un estado inicial. Sin embargo, cuando se cruza un umbral, y el SSE cambia de régimen, no es posible que espontáneamente recupere su estructura inicial. En algunos casos, las leyes ana-

lizadas invocan el principio de precaución (Art. 17, LGPAS; Art. 5, LGVS) o señalan la necesidad de considerar los ‘escenarios futuros’ (Art. 3-XXXI, LGVS) y conservar los ecosistemas a largo plazo (Art. 47-BIS-II, LGEEPA). En otros casos se presume la posibilidad de recuperar las ‘condiciones iniciales’ en los ecosistemas (Arts. 70 y 108, LGVS; Art. 14Bis5-VII, LAN; Art. 9, LGPAS).

El cuarto principio del DDP señala que los SSE son jerárquicos, están anidados y tienen múltiples escalas (Reynolds *et al.*, 2007). Tratándose de las escalas administrativamente relevantes, las leyes consideran los diversos niveles de competencia (federal, estatal y municipal) y los mecanismos de coordinación intersectorial e interinstitucional, tal y como lo señala el Capítulo Segundo de la LP. Esto no significa que las leyes analizadas asuman el carácter anidado que supone el cuarto principio del DDP. No obstante, los mecanismos instituidos allí son herramientas importantes en términos de capacidad institucional y gobernanza, ya que la participación conjunta de las distintas instancias de decisión provee un mejor escenario para la planeación de estrategias de intervención y para la resolución de posibles conflictos de intereses (Brimoh *et al.*, 2009). Para un SSE esta coordinación es crítica cuando se trata de aplicar programas en el ámbito local (McClanahan *et al.*, 2009) a partir de lineamientos federales. En cuanto a la escala temporal, a pesar de la urgencia de discernir entre las acciones necesarias a largo plazo y aquellas ineludibles en el corto plazo, que garanticen el DS (Kümmerer y Hofmeister, 2008), son pocas las menciones que se hacen a este respecto en las leyes analizadas.

El quinto principio del DDP señala la necesidad de considerar múltiples fuentes de conocimiento, tantas como grupos de interés haya en un SSE (Reynolds *et al.*, 2007). En particular, las leyes de Productos Orgánicos (LPO), Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos (LPDB), LGPAS, LVS, LGEEPA y LAN, señalan cuatro elementos importantes: investigación científica y tecnológica, transferencia de tecnología, respeto al conocimiento ambiental local y difusión de información (Art. 6, LPO; Art. 19, LPDB; Art. 24, LGPAS; Art. 21, LGVS; Arts. 45, 83, LGEEPA; Art. 9, LAN). Para efectos del quinto principio del DDP, son de particular relevancia los artículos que consideran el saber científico y el local, entendido este último como el conocimiento tradicional que poseen de su entorno las comunidades campesinas e indígenas (Arts. 52, 176, LDRS; Arts. 30, 105, 147, LGDFS; Art. 38, LGPAS; Arts. 5, 24, LGVS; Arts. 45, 79, 83, LGEEPA).

Discusión sobre la Sostenibilidad en la Legislación Mexicana

Son varios los aspectos que deben resaltarse a partir del análisis del conjunto de leyes federales mexicanas asociadas con el DS. En primer lugar, la inclusión del concepto de sostenibilidad, y su abordaje simultáneo de las dimensiones humana y ambiental, como principio de la planeación del desarrollo es un elemento valioso en la legislación mexicana. Sin embargo, la disparidad o la carencia en las definiciones hablan de un proceso aún incipiente y, por lo mismo, susceptible de reorientación.

En segundo lugar, el afán de México por insertarse en los mercados mundiales, y asumir un liderazgo entre las economías emergentes de América Latina (PND, 2007), hace comprensible el gran énfasis del marco normativo en la productividad, la competitividad y la rentabilidad (Arts. 2-III, 12-XIII; 22, 35-VII, 40, Ley de Ciencia y Tecnología, LCT; Arts. 4, 6, 13-III, IX, 32, 53, 62, 70-I, 72, 82, 104, 105, 112, 151, 161-I, 167, 188, 191, LDRS; Arts. 7-I, 8, 10-VII, XVI, XX, 14-XV, 22, 97, 101-III, V, 115, Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, LDSCA; Art. 1, LEC; Art. 7-II, Ley de Petróleos Mexicanos, LPM; Arts. 8-XXIV, XXV, 82, LGPAS; Art. 17, LPDB; Arts. 27-V, 30, 142, LGDFS; Art. 41-II, LPO). Sin embargo, estas metas podrían atentar contra la sostenibilidad porque si bien el PND cuenta con un apartado en el cual señala la necesidad de definir “umbrales de sensibilidad de los sistemas socioambientales” (Estrategia 11.3), este llamado no recae en la legislación, como el eje obligatorio si se pretende garantizar la materia prima del DS. Por ahora, dicho llamado sólo está presente como parte del objetivo de “impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático” (PND, 2007; Objetivo 11). La incongruencia identificada en el contenido de las leyes analizadas entre la sostenibilidad (asociada a procesos de largo plazo) y la productividad económica (asociada en la legislación con procesos a corto plazo) podría atribuirse a la reciente historia de este tipo de normatividad en el país. Aunque se reconoce el avance de México en materia de legislación ambiental, es discutible suponer que el modelo basado en la productividad económica dejará un espacio suficiente para hacer viable la sostenibilidad en sus múltiples dimensiones (Lang, 2003).

En tercer lugar, mientras se considere la posibilidad de que los ecosistemas vuelvan a su estado inicial luego de una gran perturbación, el aspecto punitivo de la ley predominará sobre el propositivo. Esto significa que aunque el marco normativo tenga el objetivo de proteger los

ecosistemas, poco podrá garantizar en esta dirección si se ignoran las múltiples dimensiones de la sostenibilidad y sus relaciones dinámicas. Es decir, si se pretende ir en la ruta de la sostenibilidad, no es posible hablar sólo de ecosistemas sino de sistemas socio-ecológicos complejos. Esto permitirá que el marco normativo presente mayor coherencia y, así, mayor claridad y precisión a la hora de diseñar intervenciones.

Al contemplar la posibilidad de los sistemas de retornar a su condición inicial, la normatividad considera la dicotomía equilibrio-desequilibrio. Esta idea del equilibrio, o del balance de la naturaleza, ha estado presente desde la antigüedad en Occidente (Rohde, 2006). También lo estuvo dentro del desarrollo de la ecología como disciplina, sin oposición crítica, hasta los años setenta del siglo pasado (De Angelis y Waterhouse, 1987). Las dificultades derivadas de esta postura son, al menos, dos. Si se consideran las múltiples evidencias proporcionadas acerca del no equilibrio en los ecosistemas (Johnstone y Chapin, 2003), del carácter escala-dependiente del equilibrio (Dolan *et al.*, 2005), del continuo equilibrio-desequilibrio de algunos SSE (Derry y Boone, 2010), o de la posibilidad de los sistemas de contar con varios momentos de estabilidad y de no estabilidad (Westoby *et al.*, 1989), el llamado permanente a su consecución no tiene asidero en la realidad y hace fatuo el contenido de buena parte de la legislación ambiental. Por otra parte, si se asume la validez teórica del llamado al equilibrio, cabe preguntarse cómo evaluar su ruptura o su logro, y cómo definir el rango adecuado de cada estrategia de manejo de los ecosistemas con miras a evitar su desequilibrio. Si además se consideran las variables de carácter socio-económico, político, histórico y cultural, y no sólo las ecológicas, el regreso de los sistemas a un estadio previo a la perturbación es prácticamente imposible. Asumir lo contrario implica un gran riesgo (Scheffer y Carpenter, 2003).

En cuarto lugar, aunque el marco normativo revisado contempla las escalas administrativas suficientes para asumir la sostenibilidad como una tarea que compete tanto al gobierno federal como a las autoridades estatales y las municipales, la presencia de múltiples comités e instancias decisorias y de consulta, a diversos niveles, no garantiza en sí misma la implementación de intervenciones adecuadas. Las razones para ello son: la dependencia del nivel federal en las estrategias que involucran subsidios económicos con las mismas características para todo el país sin considerar las particularidades de los SSE en diferentes climas y condiciones ambientales; la poca habilidad de las autoridades locales para abordar los temas socio-ecológicos; la

falta de legitimidad de las instituciones locales; el rechazo de las instancias federales a ceder el poder a las regiones y, por último, la naturaleza multidimensional de la sostenibilidad (Lawrence *et al.*, 2004). A estos obstáculos se suma el hecho de que, en términos biofísicos, el ámbito final de aplicación de la normatividad suele ser la parcela o la pequeña propiedad, y se ignoran las retroalimentaciones potenciales que dichas intervenciones locales tienen a mediano y largo plazos a escalas de cuenca, paisaje o región.

En quinto lugar, reconocer un saber históricamente no validado, como es el saber local, exige del conocimiento técnico una buena dosis de capacidad de autocrítica para asumir el grado de incertidumbre asociado con sus decisiones (Perrings, 2006) o los errores derivados de su ignorancia acerca del contexto afectado por tales decisiones (Gray *et al.*, 2009). Aunque se reconoce el avance de la legislación mexicana al considerar el saber local, es necesario señalar la obligación de superar la condescendencia con la cual el saber hegemónico suele acercarse a los saberes alternativos (De Greiff, 2002). El valor de este llamado radica no sólo en sus implicaciones para el ejercicio de la democracia sino, hablando de la sostenibilidad, en el reconocimiento de la necesidad de escuchar a quienes suelen ser los primeros afectados por su deterioro y cuyas voces han sido frecuentemente ignoradas a la hora de diseñar estrategias de intervención (Knapp y Fernández-Giménez, 2009). Experiencias en diversas partes del mundo, incluyendo México, han validado el papel de las comunidades locales como fuentes de conocimiento (Castillo *et al.*, 2005; Reed *et al.*, 2008) de particular importancia en la identificación de características específicas de los sitios (Knapp y Fernández-Giménez, 2009), o en la generación de indicadores de sostenibilidad más precisos y relevantes (Reed *et al.*, 2008). Esta inclusión del saber local en la toma de decisiones constituye un reto en sí mismo. Si se tiene en cuenta el riesgo que supone la migración en ciertas zonas del país para la transmisión de dicho conocimiento a las nuevas generaciones el desafío es aún mayor.

Conclusiones

Este artículo es el primer intento de utilizar el DDP como herramienta de análisis del marco normativo relacionado con los SSE y, como tal, ha permitido afianzar su utilidad en la identificación tanto de los factores que hacen difícil el logro de la sostenibilidad como de las trayectorias alternativas.

Son varios los desafíos que enfrenta México en materia de legisla-

ción para lograr la sostenibilidad de los SSE: a) definición y unificación de conceptos centrales, tales como sistema socio-ecológico complejo, sostenibilidad, desarrollo sostenible y umbral, con base en un trabajo estrecho con el sector académico y científico; b) ampliación del campo legislativo en el cual esté presente el concepto de sostenibilidad; c) adopción de la no linealidad y la incertidumbre propias de los SSE; d) establecimiento de planes de intervención que trasciendan el corto plazo y asuman el principio de precaución ante la falta de información; e) fortalecimiento de los sistemas de gobernanza entre las instancias federal, estatal y municipal, con especial énfasis en el papel del conocimiento local y teniendo en cuenta la participación de todos los grupos de interés; f) reconocimiento de la inviabilidad económica de restaurar totalmente los SSE cuya degradación ha sobrepasado umbrales claves y g) revaloración de los conceptos de productividad, competitividad y rentabilidad para hacerlos compatibles, si esto es posible, con la sostenibilidad.

Durante la última década la sostenibilidad dejó de ser un discurso para convertirse en el eje de múltiples iniciativas alrededor del mundo, cuyo objetivo común es conciliar las metas del desarrollo de la sociedad con los límites ambientales del planeta. En este sentido, la labor de los gobiernos, en todos los niveles de decisión, no puede ser ajena a la información que día tras día se produce en torno a la capacidad del planeta para lidiar con las implicaciones de la presencia y las actividades humanas. Así, una de las responsabilidades de la academia debe ser la de servir de puente entre este conocimiento y las instancias decisorias. Sólo estableciendo este vínculo entre la investigación y las políticas públicas será posible señalar las trayectorias erradas y proponer caminos alternativos que hagan de la sostenibilidad, en sus diversas dimensiones, un eje para la acción y no sólo un discurso.

AGRADECIMIENTOS

Ruth Magnolia Martínez Peña agradece al Programa de Becas para Estudios de Posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, CONACYT. Elisabeth Huber-Sannwald agradece a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, CONACYT (Beca 209123), por el financiamiento de este trabajo (SEMARNAT Proyecto 23721).

REFERENCIAS

Alanís F (2008) *¡Yo Soy de San Luis Potosí! Con un Pie en Estados Unidos*. Porrúa. México. 218 pp.

- Alba-Juez L (2009) *Perspectives on Discourse Analysis: Theory and Practice*. Cambridge Scholars Publishing. Newcastle, RU. 410 pp.
- Ayarza M, Huber-Sannwald E, Herrick JE, Reynolds JM, García-Barrios L, Welchez LA, Lentés P, Pavón J, Morales J, Alvarado A, Pinedo M, Baquera N, Zelaya S, Pineda R, Amézquita E, Trejo M (2010) Changing human-ecological relationships and drivers using the Quesungual agroforestry system in western Honduras. *Renew. Agric. Food Syst.* 25: 219-227.
- Braimoh AK, Agboala JI, Subramanian SM (2009) The role of governance in managing ecosystem service trade-offs. *IHDP Update* 3: 22-25.
- Carpenter SR, Folke C, Scheffer M, Westley FR (2009) Resilience: accounting for the noncomputable. *Ecol. Soc.* 14: 13.
- Castillo A, Magaña A, Pujadas A, Martínez L, Godínez C (2005) Understanding the interaction of rural people with ecosystems: A case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8: 630-643.
- Chapin FS III, Lovcraft AL, Zavaleta ES, Nelson J, Robards MD, Kofinas GP, Trainor SF, Peterson FD, Huntington HP, Naylor HP (2006) Policy strategies to address sustainability of Alaskan boreal forests in response to a directionally changing climate. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 103: 16637-16643.
- Cosens B (2010) Transboundary River governance in the face of uncertainty: Resilience theory and the Columbia River Treaty. *J. Land Resour. Env. Law* 30: 229-265.
- De Angelis D, Waterhouse JC (1987) Equilibrium and nonequilibrium concepts in ecological models. *Ecol. Monogr.* 57: 1-21.
- De Greiff A (2002) Entre lo global y lo local: ¿Cuál comunidad científica internacional? *Rev. Trans* 118-133.
- Derry J, Boone R (2010) Grazing systems are a result of equilibrium and non-equilibrium dynamics. *J. Arid Env.* 74: 307-309.
- Dolan J, Rassoulzadegan F, Caron D (2005) The first decade of 'Aquatic Microbial Ecology' (1995-2005): evidence for gradualism or punctuated equilibrium? *Aquat. Microb. Ecol.* 39: 3-6.
- Folke C (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Env. Change* 16: 253-267.
- PND (2007) *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. México. 324 pp.
- Gray I, Lawrence G, Sinclair P (2009) The sociology of climate change for regional Australia: Considering farmer capacity for change. En Martin J, Rogers M, Winter C (Eds.) *Climate Change in Regional Australia: Social Learning and Adaptation*. VURRN Press. Victoria, Australia. pp. 133-158.
- Herrick JE, Lessard VC, Spaeth KE, Shaver PL, Dayton RS, Pyke DA, Jolley L, Göebel JJ (2010) National ecosystem assessments supported by scientific and local knowledge. *Front. Ecol. Env.* 8: 403-408.
- Holling C (2001) Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4: 390-405.
- Huber-Sannwald E, Maestre F, Herrick J, Reynolds J (2006) Ecohydrological feedbacks and linkages associated with land degradation: a case study from Mexico. *Hydrol. Proc.* 20: 3395-3411.
- INEGI (2000) *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 203 pp.
- Johnstone J, Chapin FS (2003) Non-equilibrium succession dynamics indicate continued northern migration of lodgepole pine. *Global Change Biol.* 9: 1401-1409.
- Kates R, Parris T, Leiserowitz A (2005) What is sustainable development? Goals, indicators, values and practice. *Env. Sci. Policy Sustain. Dev.* 47: 8-21.
- Kemp R, Parto S, Gibson R (2005) Governance for sustainable development: moving from theory to practice. *Int. J. Sustain. Dev.* 8: 12-30.
- Kinzig AP, Ryan P, Etienne M, Allison H, Elmquist T, Walker BH (2006) Resilience and regime shifts: assessing cascading effects. *Ecol. Soc.* 11: 20.
- Knapp N, Fernández-Giménez M (2009) Knowledge in Practice: Documenting Rancher Local Knowledge in Northwest Colorado Corrine. *Rangel. Ecol. Manag.* 62: 500-509.
- Kümmerer K, Hofmeister S (2008) Sustainability, substance flow management and time. Part I- Temporal analysis of substance flows. *J. Env. Manag.* 88: 1333-1342.
- Lang T (2003) Food industrialisation and food power: Implications for food governance. *Dev. Pol. Rev.* 21: 555-568.
- Lawrence GC, Richards A, Cheshire L (2004) The environmental enigma: Why do producers professing stewardship continue to practice poor natural resource management? *J. Env. Pol. Plann.* 6: 251-270.
- Leach M (2008) Pathways to sustainability in the forest? Misunderstood dynamics and the negotiation of knowledge, power, and policy. *Env. Plann.* 40: 1783-1795.
- Leemans R, Asrar G, Busalacchi A, Canadell J, Ingram J, Larigauderie A, Mooney H, Nobre C, Patwardhan A, Rice M, Schmidt F, Seitzinger S, Virji H, Vörösmarty C, Young O (2009) Developing a common strategy for integrative global environmental change research and outreach: the Earth System Science Partnership (ESSP). Strategy paper. *Curr. Opin. Env. Sustain.* 1: 4-13.
- Levin SA, Clark WC (2010) *Toward a Science of Sustainability*. Center for BioComplexity. Princeton Environmental Institute. Center for International Development. Harvard University. 106 pp.
- MacDonald A, Gibson G (2006) The rise of sustainability: Changing public concerns and governance approaches toward exploration. En Doggett MD, Parry JR (Eds.) *Wealth Creation in the Minerals Industry: Integrating Science, Business, and Education*. Special Publication N° 12. Society of Economic Geologists Littleton, CO, EEUU. pp. 127-148.
- McClanahan T, Castilla CA, White T, Defeo O (2009) Healing small-scale fisheries by facilitating complex socio-ecological systems. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 19: 33-47.
- Masera O, Astier M, López-Ridaura S, Galván-Miyoshi Y, Ortiz-Ávila T, García-Barrios L, García-Barrios R, González C, Speelman S (2008) El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. En Astier M, Masera O, Galván-Miyoshi Y (Coords.) *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE-CIGA-ECOSUR-CIEco-UNAM-GIRA-Mundi-prensa-Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Madrid, España. pp. 13-24.

- MEA (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. En *Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press: Washington, DC, EEUU. 137 pp.
- ONU (1987) *Reporte de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo*. Reporte A/42/427. Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas. 374 pp.
- Perrings C (2006) Resilience and sustainable development. *Env. Dev. Econ.* 11: 417-427.
- Reed M, Dougill AJ, Baker TR (2008) Participatory indicator development: What can ecologists and local communities learn from each other? *Ecol. Applic.* 18: 1253-1269.
- Reynolds J, Stafford-Smith M, Lambin E, Turner B, Mortimore M, Batterbury S, Downing T, Dowlatabadi H, Fernández R, Herrick J, Huber-Sannwald E, Jiang H, Leemans R, Lynam T, Maestre F, Ayarza M, Walker B (2007) Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316: 847-851.
- Rissman AR, Butsic V (2010) Land trust defense and enforcement of conserved areas. *Cons. Lett.* 4: 31-37.
- Rohde K (2006) *Nonequilibrium Ecology*. Cambridge University Press. Londres, RU. 236 pp.
- Scheffer M, Carpenter SR (2003) Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends Ecol. Evol.* 18: 648-656.
- Scoones I, Leach M, Smith A, Stagl S, Stirling A, Thompson J (2007) *Dynamic Systems and the Challenge of Sustainability, STEPS WP 1*. STEPS Centre. Brighton, RU. 68 pp.
- Stein E, Tomassi M (2006) La política de las políticas públicas. *Polít. Gob.* 18: 393-416.
- Stiglitz L, Sen A, Fitoussi J (2009) *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf (Cons. 19/02/2011).
- Walker B, Meyers JA (2004) Thresholds in ecological and social-ecological systems: a developing database. *Ecol. Soc.* 9: 3.
- Westoby M, Walker B, Noy-Meir I (1989) Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *J. Range Manag.* 42: 266-274.
- Young O, King LA, Schroeder H (2008) *Institutions and Environmental Change: Principal Findings, Applications, and Research Frontiers*. MIT Press. Boston, MA, EEUU. 373 pp.
- Zilans A (2008) Governance as a barrier to mainstreaming sustainable development in Riga, Latvia. *Int. J. Env. Sust. Devel.* 7: 1-20. Verm

ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY CONCEPT IN MEXICAN LEGISLATION USING THE DRYLANDS DEVELOPMENT PARADIGM

Ruth Magnolia Martínez Peña, Elisabeth Huber-Sannwald, José Tulio Arredondo Moreno, María Cecilia Costero Garbarino and Francisco Peña de Paz

SUMMARY

Utilizing the Drylands Development Paradigm (DDP) this paper analyzes the relationship between the legal discourse, the performance of governmental institutions and the management of socio-ecological systems (SES) in Mexico. DDP is a tool that examines the links between socio-economic and biophysical aspects and the sustainability of SES, and involves five principles: a) the biophysical and socio-economic variables are interdependent and dynamic; b) a set of slow key variables determines SES dynamics; c) crossing the threshold of the slow variables changes the structure and function of SES; d) slow variables are linked in spatial-temporal scales; and e) for their functional co-adaptation, SES must integrate local and scientific knowledge. The analysis of 21 federal laws by means of DDP indi-

cates that they assume equilibrium as the guide of the relation between biophysical and socio-cultural elements; they do not consider slow variables nor their thresholds; they indicate diverse administrative scales and recognize local knowledge. The challenges of Mexican legislation are: to adopt the uncertainty and non-linearity inherent to SES; to turn the concepts of productivity, competitiveness and profitability compatible with sustainability; to focus on the processes that define the structure and function of SES in the long term and on the thresholds that define their resilience; to strengthen governance mechanisms and institutional capacity; and to create links with academia in order to insert pertinent knowledge in the legislation.

ANÁLISE DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NA LEGISLAÇÃO MEXICANA USANDO O PARADIGMA DE DESENVOLVIMENTO DAS ÁREAS SECAS

Ruth Magnolia Martínez Peña, Elisabeth Huber-Sannwald, José Tulio Arredondo Moreno, María Cecilia Costero Garbarino e Francisco Peña de Paz

RESUMO

Utilizando o paradigma de desenvolvimento das zonas secas (DDP) este trabalho analisa a relação entre o discurso legal, o desempenho das instituições governamentais e a manipulação de sistemas sócio ecológicos (SSE) no México. O DDP é uma ferramenta que examina os vínculos entre aspectos sócio econômicos e biofísicos e a sustentabilidade dos SSE, e consta de cinco princípios: a) as variáveis biofísicas e sócio econômicas são interdependentes e dinâmicas; b) um conjunto de variáveis chave lentas determina a dinâmica dos SSE; c) cruzar os umbrais das variáveis lentas muda a estrutura e a função dos SSE; d) as variáveis lentas estão vinculadas em escalas espaço-temporais; e e) para sua co-adaptação funcional, os SSE devem integrar os conhecimentos local e científico. A análise

de 21 leis federais com o DDP permite afirmar que estas assumem o equilíbrio como guia da relação entre os elementos biofísicos e sócio culturais; não consideram variáveis lentas nem seus umbrais; mostram diversas escalas administrativas e reconhecem o conhecimento local. Os desafios da legislação mexicana são: adotar a incerteza e não linearidade inerentes aos SSE; fazer os conceitos de produtividade, competitividade e rentabilidade compatíveis com a sustentabilidade; focar-se nos processos que definam a estrutura e a função dos SSE a longo prazo e nos umbrais que determinam sua resiliência; fortalecer mecanismos de governança e capacidade institucional, e vincular-se com a academia para inserir o conhecimento pertinente na legislação.