



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN GEOGRAFÍA**

**ESPECIALIZACIÓN DE LOS COSTOS DE OPORTUNIDAD DE LA  
CONSERVACIÓN AMBIENTAL FRENTE A LAS ACTIVIDADES QUE CAUSAN  
DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
AYUQUILA**

**TESIS**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR(A) EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:  
**DANAYS DEL CARMEN CASTELO AGÜERO**

DIRECTOR(A) DE TESIS:  
**DRA. MARGARET SKUTSCH**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL (UNAM)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR  
**DR. ADRIÁN GHILARDI**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL (UNAM)

**DR. DANTE ARIEL AYALA ORTIZ**  
FACULTAD DE ECONOMÍA "VASCO DE QUIROGA"  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

MORELIA, MICHOACÁN. MARZO 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

A mis dos amores, mi hijo Luis Alfonso y mi esposo Luis Giovanni, gracias por todo su amor, apoyo y paciencia. ¡Los adoro!

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Margaret Skutsch, por aceptar ser mi tutora, compartir todo su conocimiento, por su paciencia y acompañamiento constante, que han permitido la culminación de este trabajo y mi crecimiento profesional.

Al Dr. Adrián Ghilardi, miembro del Comité tutor, por sus valiosos comentarios durante todas las evaluaciones e ideas para mejorar esta investigación.

Al Dr. Dante Ariel Ayala Ortiz, miembro del Comité tutor, por su asesoramiento en los temas económicos y las minuciosas revisiones del documento.

A CONACYT por la beca otorgada para la realización del doctorado.

A los integrantes del sínodo Dr. Fernando Rosete, Dr. Eduardo Frapolli y Dr. Peter Gerritsen. Gracias.

A Juan Antonio por su apoyo con información y por brindarnos su oficina.

A Juan Diego por ser un excelente guía de campo, sin que nos hubiera introducido en los ejidos, las entrevistas no hubieran fluido de la manera en que lo hicieron.

A los ejidatarios de los Ejidos de toda la zona de estudio, por responder todas nuestras preguntas, por compartir su comida y su hogar.

A Alonso Zamora Villaseñor director de JIRA, por apoyarnos con información y permitirnos ser parte de su equipo.

Al Dr. Jesús Juan Rosales Adame por compartir su conocimiento y experiencia de trabajo en la zona.

A Luis, muchas gracias por tu incondicional apoyo en estos años y tu ayuda con los mapas ¡Gracias!

A los amigos que contribuyeron de una forma u otra con la realización de esta tesis y que me brindaron sus habilidades. Migue y Gustavito.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....                                     | 16 |
| 1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA.....                | 16 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                               | 20 |
| 1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....                                | 20 |
| 1.4 HIPÓTESIS .....  | 21 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN .....  | 21 |
| 1.6 OBJETIVOS .....  | 22 |
| 1.6.1 Objetivo general .....                                       | 22 |
| 1.6.2 Objetivos específicos .....                                  | 22 |
| 1.6.3 Etapas necesarias para llegar al objetivo.....               | 23 |
| CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....                         | 24 |
| 2.1 DEFORESTACIÓN .....  | 24 |
| 2.2 DEGRADACIÓN FORESTAL .....                                     | 24 |
| 2.3 ANTECEDENTES DEL PSA .....                                     | 27 |
| 2.3.1 Servicios ambientales .....                                  | 28 |
| 2.3.2 Fallas de mercado.....                                       | 29 |
| 2.3.3 Instrumentos de política ambiental.....                      | 30 |
| 2.3.3.1 Instrumentos de Primera Generación: comando y control..... | 30 |
| 2.3.3.2 Instrumentos de Segunda Generación.....                    | 32 |
| 2.3.3.3 Instrumentos de Tercera Generación.....                    | 33 |
| 2.4 EL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA) .....                  | 33 |
| 2.4.1 Definición de PSA .....                                      | 33 |
| 2.4.2 Compradores y vendedores de SA .....                         | 35 |
| 2.4.3 Cómo funciona el mecanismo de PSA .....                      | 37 |
| 2.4.4 Crítica al PSA.....  | 40 |
| 2.5 PSA EN MÉXICO .....  | 45 |
| 2.5.1 Los inicios .....  | 45 |

|   |    |
|---|----|
| 2.5.2 Estadísticas de la implementación .....   | 47 |
| 2.5.3 PSA-CABSA.....  | 50 |
| 2.5.4 Fondo Patrimonial de Biodiversidad .....  | 50 |
| 2.5.5 Creación de mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes..... | 51 |
| 2.5.6 Distribución de Pagos.....  | 52 |
| 2.5.7 Experiencias.....   | 52 |
| 2.6 EL COSTO DE OPORTUNIDAD .....   | 54 |
| 2.7 EVIDENCIA BIBLIOGRÁFICA DE QUE EL CO INFLUYE EN EL ÉXITO DE PSA .....                                   | 57 |
| CAPÍTULO 3 COMPONENTES QUE INFLUYEN EN EL CO .....  | 59 |
| 3.1 COMPONENTES ECONÓMICOS .....  | 59 |
| 3.1.1 Gastos e Ingresos .....   | 59 |
| 3.1.2 Autoconsumo .....   | 62 |
| 3.1.3 Utilidad .....  | 63 |
| 3.1.4 Costo de oportunidad .....  | 63 |
| 3.2 COMPONENTES SOCIALES .....  | 64 |
| 3.2 .1 Tipos de campesinos .....  | 65 |
| 3.3 COMPONENTES ESPACIALES .....  | 66 |
| 3.4 MOTIVACIONES NO MONETARIAS PARA LA CONSERVACIÓN.....  | 71 |
| CAPÍTULO 4 ÁREA DE ESTUDIO .....  | 73 |
| 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....                                    | 73 |
| 4.1.1 Geología.....   | 74 |
| 4.1.2 Edafología .....  | 75 |
| 4.1.3 Clima.....  | 76 |
| 4.1.4 Vegetación y uso del suelo.....   | 77 |
| 4.1.4.1 Vegetación natural .....  | 77 |
| 4.1.4.2 Uso de suelo .....  | 79 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA .....   | 79 |

|  |     |
|--|-----|
| CAPÍTULO 5 METODOLOGÍA.....  | 84  |
| 5.1 SELECCIÓN DE CASOS .....   | 84  |
| 5.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....   | 85  |
| 5.3 CÁLCULO DE COSTOS DE OPORTUNIDAD .....   | 87  |
| 5.3.1 Ejemplos de cálculo de CO .....  | 91  |
| 5.4 ESPACIALIZACIÓN DE LA ATRACCIÓN DEL SUELO PARA LA<br>AGRICULTURA Y LA GANADERIA..... | 94  |
| 5.4.1 Modelo AGRIOLOCAL .....  | 95  |
| 5.4.2 Modelo COSTOPFOR.....  | 95  |
| 5.4.2.1 Establecimiento de los parámetros relevantes .....                               | 96  |
| 5.4.2.2 Determinación de la forma de la función .....                                    | 97  |
| 5.4.2.3 Determinación del grado de influencia de cada parámetro .....                    | 98  |
| 5.5 COINCIDENCIA ENTRE EL CO Y LA ATRACCIÓN DEL SUELO.....                               | 99  |
| 5.6 PRUEBAS ESTADÍSTICAS .....   | 99  |
| 5.6.1 Prueba de Shapiro-Wilk .....   | 99  |
| 5.6.2 Pruebas no paramétricas .....  | 100 |
| 5.6.2.1 Prueba de Kruskal-Wallis.....  | 100 |
| 5.6.2.2 Prueba de Dunn.....  | 101 |
| 5.6.2.3 Eta cuadrado .....   | 102 |
| 5.6.2.4 Coeficiente de Spearman .....  | 102 |
| 5.7 VARIABLES TOPOGRAFICAS .....   | 103 |
| CAPÍTULO 6 RESULTADOS .....  | 105 |
| 6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA .....                               | 105 |
| 6.1.1 Agricultura en la cuenca baja del Ayuquila .....                                   | 105 |
| 6.1.2 Ganadería en la cuenca baja del Ayuquila.....                                      | 106 |
| 6.1.3 Agricultura y Ganadería como causas de deforestación y degradación .               | 106 |
| 6.2 SUPERFICIE POR CAMPESINO.....  | 109 |
| 6.3 UTILIDAD DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA.....                                       | 109 |
| 6.4 UTILIDAD Y PSA .....   | 110 |
| 6.5 LA UTILIDAD DE AGRICULTURA VS GANADERÍA .....  | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.6. ESCENARIOS DE CO DE GANADERIA PARA REDD+.....                                | 113 |
| 6.6.1. Escenario actual Ganadería con Parcela y Bosque .....                      | 113 |
| 6.6.2. Escenario 1 Ganadería con Parcela y sin Bosque.....                        | 113 |
| 6.6.3. Escenario 2 Ganadería sin Parcela y sin Bosque (Establos todo el año). 114 |     |
| 6.7 DIFERENCIAS ENTRE TIPOS DE CAMPESINOS.....                                    | 114 |
| 6.7.1 Tipos de campesino .....  | 114 |
| 6.7.2 Diferencias entre los 3 tipos de campesinos .....                           | 116 |
| 6.8 CORRELACIÓN ENTRE CO Y CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA ZONA. ....       | 121 |
| 6.9 LA ESPACIALIZACION DE CO USANDO EL MODELO COSTOPFOR.....                      | 134 |
| 6.9.1 Paso uno de la construcción de COSTOPFOR .....                              | 135 |
| 6.9.2 Paso Dos. Especificar las funciones de preferencia para la ganadería ..     | 139 |
| 6.9.3 Paso tres. Establecimiento del grado de influencia.....                     | 140 |
| 6.10 CORRELACIÓN ENTRE ATRACCIÓN Y UTILIDAD .....                                 | 147 |
| CAPÍTULO 7 DISCUSIÓN.....   | 150 |
| CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                    | 164 |
| BIBLIOGRAFIA .....  | 166 |
| ANEXOS .....  | 176 |

## LISTADO DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 3.1 Gastos por actividad productiva  | 39 |
| Tabla 4.1 Ejidos estudiados, municipio al que pertenecen y superficie que abarcan  | 48 |
| Tabla 4.2 Tipos de clima presentes en el área de estudio   | 51 |
| Tabla 5.1 Ejemplo de cálculo de rendimiento y CO para el caso del cultivo de maíz en un sistema de RTQ                   | 63 |
| Tabla 5.2 Ejemplo de cálculo de rendimiento y CO para el caso de ganadería   | 63 |
| Tabla.6.1 Actividad asociada a los procesos de deforestación y degradación   | 74 |
| Tabla 6.2 Utilidad total de Agricultura y Ganadería  | 76 |
| Tabla 6.3 Utilidad/ha de Agricultura y Ganadería   | 76 |
| Tabla 6.4 Utilidad promedio /ha /año, de la actividad ganadera en parcela y bosque                                       | 77 |
| Tabla 6.5 Utilidad promedio /ha /año, de la actividad ganadera en parcela  | 77 |
| Tabla 6.6 Utilidad/ha y PSA/ha   | 78 |
| Tabla 6.7 Prueba de Kruskal-Wallis / Prueba bilateral  | 79 |
| Tabla 6.8 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn  | 79 |
| Tabla 6.9 Prueba de Kruskal-Wallis que evalúa si la utilidad entre tipo de campesino es significativamente diferente     | 82 |
| Tabla 6.10 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral                        | 82 |
| Tabla 6.11 Prueba de Kruskal-Wallis que evalúa si la utilidad/ha entre tipo de campesino es significativamente diferente | 83 |
| Tabla 6.12 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral                        | 84 |
| Tabla 6.13 Prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad de los datos  | 85 |
| Tabla 6.14 Categorías de geoformas presentes en la zona  | 86 |
| Tabla 6.15 Valores de utilidad/ha y la geoforma a la que están asociados   | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 6.16 Datos con los que se hizo la correlación de Spearman entre altitud y utilidad por hectárea de la agricultura   | 89  |
| Tabla 6.17 Correlación de Spearman entre altitud y rentabilidad por hectárea de la agricultura                            | 89  |
| Tabla 6.18 Datos con los que se hizo la correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea de la agricultura | 90  |
| Tabla 6.19 Correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea de la agricultura                              | 90  |
| Tabla 6.18 Geoformas y la utilidad por hectáreas en actividad ganadera  | 92  |
| Tabla 6.19 Altitud y utilidad por hectárea de la ganadería  | 93  |
| Tabla 6.20 Correlación de Spearman entre altitud y utilidad por hectárea ganadería  | 93  |
| Tabla 6.21 Pendiente y utilidad por hectárea de la ganadería  | 95  |
| Tabla 6.22 Correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea ganadería                                      | 95  |
| Tabla 6.23 Relevancia de Altitud y Pendiente en la distribución de ganadería  | 98  |
| Tabla 6.24 Relevancia de relaciones de proximidad en la distribución de ganadería   | 99  |
| Tabla 6.24 Pesos por parámetros   |     |
| Tabla 6.25 Categorías de probabilidades, según el método Natural Breaks   | 111 |

## LISTADO DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Mapa 4.1 Localización del área de estudio   | 49  |
| Figura 5.1 Diagrama de flujo de la secuencia metodológica   | 59  |
| Mapa 5.1 Geoformas de la zona de estudio  | 71  |
| Gráfica 6.2 Superficie de parcela por ejidatario (% de la muestra)                                      | 75  |
| Gráfica 6.2 Tipo de campesinos en la muestra de acuerdo con la actividad que realizan                   | 81  |
| Gráfica 6.3 Gráfico de caja y bigotes de la utilidad en cada uno de los tipos de campesinos             | 83  |
| Gráfica 6.4 Gráfico de caja y bigotes de la utilidad/ha en cada uno de los tipos de campesinos          | 84  |
| Gráfico 6.5 Curva que siguen los datos  | 86  |
| Gráfica 6.6 Gráfico de caja y bigotes de la asociación entre utilidad/ha de la agricultura y geoformas  | 88  |
| Gráfico 6.7 Muestra el comportamiento de la utilidad por hectárea de la agricultura y la altitud        | 89  |
| Gráfico 6.8. Muestra el comportamiento de la rentabilidad por hectárea de la agricultura y la pendiente | 90  |
| Gráfico 6.9 Asociación entre las geoformas y la utilidad por hectárea en ganadería                      | 92  |
| Gráfico 6.10 Altitud y utilidad por hectárea en ganadería   | 94  |
| Gráfico 6.11 Pendiente y utilidad por hectárea en ganadería   | 96  |
| Figura 6.12 Grados de preferencia   | 101 |

## RESUMEN

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) en México se ha implementado con el objetivo de detener la deforestación y la degradación forestal, para de esta forma proteger los servicios ambientales y además mejorar la calidad de vida de los campesinos, pero en la práctica el PSA ha tenido problemas para lograr estas metas. Una de las causas de esta ineficiencia es que no se tiene en cuenta el costo de oportunidad (CO) que asumiría un campesino al elegir un programa de conservación. Por lo que en esta investigación se planteó como objetivo, proponer unos principios sobre el diseño de un sistema de pago más eficiente para servicios ambientales, (CO) reales, en lugar de utilizar pagos de tarifa nacional plana que se utilizan actualmente en el programa de México. Para esto se determinaron las actividades productivas que se desarrollaban en la cuenca baja del río Ayuquila y que están asociadas a la generación de procesos como deforestación y degradación, en este caso agricultura y ganadería. Se calculó la utilidad económica de cada una de estas actividades, usando una herramienta económica tipo precios de mercado, que permitió determinar los beneficios asociados a cada actividad. Se estimó el CO, comparando la utilidad económica de cada actividad con la tarifa de pago de un PSA en selva baja. Para conocer la variación espacial del CO, se utilizó un modelo (COSTOPFOR) que predice la atracción de la tierra, a partir de ciertas características espaciales/biofísicas que pueden usarse como un proxy de los CO, para determinar, las zonas con condiciones óptimas para desarrollar actividades productivas, áreas dónde se generen mayores utilidades y que por tanto impliquen un CO variable a la hora de compararse con estrategias de conservación. Los principales resultados obtenidos indican que hay una diferencia entre las utilidades de la agricultura y la ganadería, que ambas utilidades son mayores que las tarifas de PSA, haciendo que el CO de la conservación frente a estas dos actividades sea muy alto y por lo tanto los campesinos se desmotiven a participar en los PSA. El modelo y finalmente la correlación CO-atracción del terreno, demuestran que las condiciones físicas (altitud, pendiente, distancia a caminos, entre otras) del territorio determinan las utilidades de las actividades desarrolladas en el territorio. Es debido

a estas condiciones que se desarrollan las actividades actuales, en estas áreas. Se estima deseable la aplicación del modelo COSTOPFOR en regiones forestales dónde se desee implementar el programa de PSA, con miras a desarrollar un sistema de pago más eficiente que distinga dentro de cualquier territorio como el de un ejido, pagando tasas por hectárea más altas en aquellas áreas con mayor probabilidad de ser deforestadas (es decir, aquellas áreas donde hay mayores CO).

Palabras Clave: Pago por Servicios Ambientales, Costo de oportunidad, Modelo COSTOPFOR.

## **ABSTRACT**

The Payment for Environmental Services (PES) in Mexico has been implemented with the aim of stopping deforestation and forest degradation, in order to protect environmental services and also improve the quality of life of peasants, but in practice the PES has had trouble achieving these goals. One of the causes of this inefficiency is that the opportunity cost (OC) that a farmer would assume when choosing a conservation program is not considered. Therefore, the objective of this research was to propose some principles on the design of a more efficient payment system for real environmental services, (CO), instead of using flat national rate payments that are currently used in the program of Mexico. For this, the productive activities that were developed in the lower basin of the Ayuquila River and that are associated with the generation of processes such as deforestation and degradation, in this case agriculture and livestock, were determined. The economic utility of each of these activities was calculated, using an economic tool such as market prices, which made it possible to determine the benefits associated with each activity. The CO was estimated, comparing the economic utility of each activity with the rate of payment of a PES in lowland jungle. To know the spatial variation of CO, a model (COSTOPFOR) was used that predicts the attraction of the earth, based on certain spatial / biophysical characteristics that can be used as a proxy for CO, to determine the areas with optimal conditions for develop productive activities, areas where higher profits are generated and therefore imply a variable CO when compared with conservation strategies. The main results obtained indicate that there is a difference between the profits of agriculture and livestock, that both profits are higher than the PES rates, making the CO of conservation compared to these two activities is very high and therefore the peasants are discouraged from participating in the PES. The model and finally the CO-attraction correlation of the terrain, show that the physical conditions (altitude, slope, distance to roads, among others) of the territory determine the profits of the activities carried out in the territory. It is due to these conditions that current activities are developed in

these areas. The application of the COSTOPFOR model is considered desirable in forest regions where the PES program is to be implemented, with a view to developing a more efficient payment system that distinguishes within any territory such as an ejido, paying higher rates per hectare in those areas. areas with the highest probability of being deforested (that is, those areas where there are higher CO).

Keywords: Payment for Environmental Services, Opportunity cost, COSTOPFOR Model.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA**

El cambio de uso de suelo, motivado generalmente por razones históricas, económicas y/o físicas (Garibay y Bocco, 2012) ha sido en México una de las causas fundamentales de la deforestación (pérdida permanente de áreas de bosque) y la degradación forestal (que es la pérdida de densidad de biomasa leñosa en bosques que permanecen como bosques, desde la óptica de la política de cambio climático), contribuyendo así al deterioro ambiental por influencia antrópica. En el caso de la degradación forestal, el proceso, ha sido mucho menos estudiado que el de deforestación y los factores involucrados son mucho menos conocidos.

La deforestación y la degradación forestal son procesos diferentes (Morales-Barquero *et al.* 2012) pero ambos tienen dentro de sus consecuencias la pérdida de servicios ambientales, la inestabilidad climática (Heistermann *et al.* 2006; Lambin y Geist, 2006) y el incremento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (Clark, 2009). La pérdida anual de vegetación forestal en México se traduce principalmente en variabilidad en la calidad del agua, daño a embalses y vías fluviales, originados por sedimentos, afectando sus usos (generación de energía hidroeléctrica, riego, recreación, pesca y agua potable); inundaciones y corrimientos de tierra; pérdida de biodiversidad, fundamentalmente por afectación del hábitat y emisiones de carbono (EEM, 2000).

Sin embargo, para las investigaciones de fuentes oficiales como Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (CONAFOR, 2010), la tasa de deforestación anual ha disminuido considerablemente en los últimos años, en comparación con las tasas calculadas para períodos anteriores. Al analizar los resultados más recientes (Cenador, 2012 y Sánchez *et al.* 2009, Skutsch *et al.* 2019), es evidente que, aunque los procesos de deforestación continúan, al mismo tiempo, esto se compensa en parte por el rebrote de áreas de bosque que fueron deforestados anteriormente, sea por procesos naturales o por reforestación (Rosete-Vergés *et al.* 2014).

Pero hay también muchas áreas con vegetación forestal secundaria en México, que son el resultado de la alteración del bosque primario por procesos de degradación (Rosete *et al.* 1997; Sánchez *et al.* 2003 y Cuevas *et al.* 2010). Cuando un área muestra un nivel de vegetación leñosa que está por debajo de lo que se esperaría en el estado natural, es difícil saber si se está degradando actualmente, perdiendo existencias de biomasa o recuperándose y ganando el stock de biomasa. La dirección de estas dinámicas es muy difícil de determinar utilizando la teledetección basada en satélites. Sin embargo, procesos de degradación y recuperación son de importancia considerable para determinar el balance general de pérdidas y ganancias de carbono en los paisajes forestales, por lo que en esta investigación además del interés en la deforestación, nos enfocamos sobre todo en la degradación forestal, como fenómeno complejo y preocupante.

Muchas de las actividades que el ser humano desarrolla como la ganadería, la agricultura y la explotación forestal, que generan grandes beneficios económicos, pueden causar degradación (White y Minang, 2011).

El proceso de degradación de la vegetación se produce cuando se altera la cubierta vegetal original sin llegar a su total remoción, muchas veces permaneciendo sólo ciertas especies o comunidades vegetales, y reduciendo la tasa total de biomasa. Este proceso, si bien no tiene un impacto tan alto como la pérdida total, produce cambios que alteran la estructura de los ecosistemas y con ella los bienes y servicios que la vegetación ofrece.

Mientras se puede decir que la expansión de los pastos cultivados e inducidos y la apertura de nuevas áreas de cultivo permanente representan el principal motor de deforestación, la introducción de ganado en zonas forestales para pastoreo libre y sistemas de agricultura migratoria (roza, tumba y quema) han sido los factores desencadenantes del proceso de degradación (Cuevas *et al.* 2010).

En la actualidad los gobiernos y diversas ONGs de varios países están tratando de buscar una solución a estos problemas, aunque muy rara vez distinguen claramente entre los procesos de deforestación y degradación. Han emprendido diversas acciones como regular el cambio de uso de suelo, conservación por el

establecimiento de parques estatales y nacionales y la promoción de usos más sostenibles de los bosques. También en el campo de la investigación se buscan métodos de producción agrícola y forestal que sean amigables con el medio ambiente (Perevochtchikova y Ochoa–Tamayo, 2012). Sin embargo, la imposición de multas por violar las regulaciones de cambio de uso de suelo, prácticamente es imposible llevarla a cabo dado lo vasto del territorio nacional y a la amplia distribución en él de zonas forestales. Las medidas de mitigación de daños son muy caras y no detienen el daño causado.

De aquí que en México se han implementado varios programas para enfrentar la situación, por ejemplo:

Planes de Ordenamiento Territorial Comunitario (POT) y Planes de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) que se elaboran con el objetivo de llevar a cabo la planificación del territorio para reducir los impactos al medio ambiente, y desde 2000 son promovidos por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

También existen distintos proyectos, programas, acciones de restauración y preservación ecológica que se enfocan a la restauración y recuperación de los ecosistemas por medio de la reforestación de cuencas, principalmente son responsabilidad de la SEMARNAT.

Por ejemplo, el programa de manejo de cuencas hidrográficas, que está encaminado a un manejo integral del agua, cuyo objetivo es lograr la autosuficiencia en la provisión de recursos para las diversas actividades humanas y se desarrolla al interior de las cuencas. Su implementación está a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), desde 1990.

El Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) con el que se busca promover la conservación ambiental por medio de incentivos económicos, desde 2003 lo opera la CONAFOR. Otro de los programas se llama Reducción de Emisiones de Deforestación y Degradación (REDD+). Este programa está relacionado con la iniciativa internacional REDD+ de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Muchos de estos programas, especialmente PSA y REDD +, ofrecen una compensación financiera a las personas como un incentivo para cambiar la forma en que usan el bosque. Sin embargo, todos estos programas tienen que enfrentar el problema de que las personas pueden no estar dispuestas a cambiar su comportamiento actual, si al hacerlo perderán económicamente, es decir, si los pagos no cubren por completo las pérdidas que sufren al realizar dichos cambios. En esta tesis los costos de oportunidad son el tema central de la investigación, y se definen como “el costo en el que incurre el tenedor de un recurso (en este caso, el campesino posesionario de su parcela o pedazo de monte) al decidir no realizar alguna actividad productiva para optar por la alternativa de conservación que propone un Pago por Servicios Ambientales (PSA)”. Este costo se puede calcular a partir de la diferencia entre la utilidad derivada del uso actual y la utilidad derivada del uso para la conservación, a través del PSA. Esta es la definición propuesta por la autora para esta investigación y será la que se utilizará durante todo el documento.

Por otra parte, a nivel regional y local existen muchos estudios sobre cambio de uso de suelo que han utilizado diferentes enfoques y objetivos, siendo una característica casi generalizada la carencia del análisis de las causas que provocan el cambio (Velázquez, 2003 y Rosete, 2008), en particular hay una carencia de estudios que distinguen claramente las causas de deforestación y de degradación.

Por tanto, es necesario generar resultados que analicen estas causas, de ambos procesos, a profundidad y se tengan en cuenta las motivaciones que hay detrás y que pueden ser muy variadas, para poder tomar decisiones y diseñar instrumentos que tengan éxito. Estos instrumentos deben tener en cuenta los costos de oportunidad de las actividades que las personas actualmente llevan a cabo y que producen deforestación y degradación forestal.

La investigación se desarrolló en la cuenca baja del río Ayuquila, en 10 ejidos, pertenecientes a cinco municipios que forman parte de la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la gestión Integral de la Cuenca Baja del Río Ayuquila (JIRA) en esa zona se hizo el trabajo de campo, se tomaron los datos, se realizaron

entrevistas, así que los hallazgos y conclusiones solo aplican al contexto del sitio estudiado.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Existe evidencia de que el PSA y otros programas de conservación, aunque son populares entre la población rural en México, no están cumpliendo con sus objetivos de detener la deforestación y la degradación forestal (Rosete-Vergés *et al.*, 2014), ni tampoco el de mejorar la calidad de vida de los campesinos que son propietarios de las áreas forestales (Ibarra *et al.*, 2011). Las razones de esta falla no han sido totalmente comprendidas, pero uno de los problemas es probablemente que en su diseño no se tienen en cuenta profundamente las causas que generan la deforestación y degradación forestal, ni la utilidad alternativa que se puede obtener y a la que se renuncia al dejar de realizar diferentes actividades económicas (CO). Por esta razón, en esta tesis se abordará la cuestión de los CO de la conservación frente a actividades que causan deforestación y degradación, en particular, la distribución espacial de estos costos. Los costos de oportunidad, en el contexto de uso de la tierra, se definen en los textos de economía como los costos de no usar la tierra para el óptimo uso, es decir, el uso que brindaría los máximos beneficios económicos (White y Minang, 2011). Por lo tanto, para mejorar el diseño de políticas públicas de subsidio como PSA o REDD+ es necesario un método para determinar los CO, pero también explorar las implicaciones de los sistemas de pago por CO. En esta tesis, relacionada con conservación, se cree que una mejor comprensión de los CO y de la influencia de las relaciones espaciales en la variación de estos, permitiría un enfoque mejorado para el diseño e implementación de programas de PSA y para intervenciones similares como REDD+ que son destinadas a reducir la deforestación y la degradación.

## **1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

Las preguntas que estructuran esta tesis son las siguientes:

- ¿De qué forma los costos de oportunidad (CO) de los campesinos varían en el espacio dentro de la cuenca baja del río Ayuquila?
- ¿Cómo los CO varían entre los grupos sociales (según el tipo de campesino) dentro de la cuenca baja del río Ayuquila?
- ¿Qué diferencia hay entre los costos de oportunidad de detener los procesos de deforestación y degradación dentro de la cuenca baja del río Ayuquila?
- ¿Es posible predecir la variación espacial del CO utilizando el modelo COSTOPFOR y otros modelos de aptitud de tierras, para que estos modelos se puedan utilizar en la estimación de CO dentro de la cuenca baja del río Ayuquila?
- ¿Qué implicaciones tienen las respuestas a las primeras cuatro preguntas con respecto al diseño de políticas ambientales?

#### **1.4 HIPÓTESIS**

La utilidad de los usos actuales del suelo es determinada por las características físicas del paisaje (altitud, pendiente, distancia a caminos y a asentamientos), por lo que se predice su variación y espacialización a partir de un modelo basado en estas variables. De esta manera se calcularía y predeciría la distribución espacial y social de los costos de oportunidad de la conservación implicados en programas de PSA o de REDD+ dentro de la cuenca del río Ayuquila.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

La estimación de la utilidad y los CO de la conservación ambiental frente a las actividades que causan deforestación y degradación forestal, puede ser un punto de partida para calcular compensaciones apropiadas en mecanismos de PSA. Pero para hacer mecanismos de pago que cumplan con sus objetivos, tanto en términos económicos como ambientales, se debe entender la variación espacial y social de los CO.

La estimación de los CO permite conocer cuáles son las causas y los factores que motivan la deforestación y la degradación, y saber también cuáles de estos factores pueden ser prioritarios de enfrentar. Por tanto, este trabajo se justifica en la medida

que ayude a los responsables de diseñar políticas de conservación a que estas sean adecuadas y efectivas, porque el conocimiento de los CO puede contribuir a identificar cuál es la compensación apropiada para quienes cambian su uso de la tierra o degradan el bosque (White y Minang, 2011).

Así, la propuesta de investigación consiste en realizar un análisis espacial y económico de los CO asociados a las actividades que causan deforestación y degradación con el objetivo de brindar información oportuna para la toma de decisiones en la diferenciación de las compensaciones económicas. Además, la investigación propuesta aquí tiene vinculación con otros trabajos del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), como el proyecto Climate Works que investigó las causas de degradación en el área de Ayuquila, y que ya generó un estudio sobre CO de degradación (Borrego y Skutsch, 2014), y el proyecto WOTRO, en donde se desarrollaron y probaron nuevos métodos para medir la degradación en selvas bajas.

## **1.6 OBJETIVOS**

### ***1.6.1 Objetivo general***

Proponer unos principios sobre el diseño de un sistema de pago más eficiente para servicios ambientales, en base a costos de oportunidad reales, en lugar de utilizar pagos de tarifa nacional plana que se utilizan actualmente en el programa de México.

### ***1.6.2 Objetivos específicos***

- Analizar la variación social del CO de la conservación ambiental frente a las actividades que causan la degradación y la deforestación, mediante la caracterización de los tipos de actividades productivas dentro de la cuenca baja del río Ayuquila.
- Determinar la distribución espacial de este CO, ubicándolos en mapas de la cuenca baja del río Ayuquila.

- Probar si estos CO pueden predecirse usando indicadores biofísicos en el paisaje, a través de pruebas estadísticas que evalúen la correlación entre estas variables, en la cuenca baja del río Ayuquila.
- Evaluar la posibilidad de usar los CO en el diseño e implementación de políticas ambientales como PSA y/o REDD+, mediante el análisis de los resultados generados por este estudio.

### **1.6.3 Etapas necesarias para llegar al objetivo**

- Identificar y caracterizar las actividades antrópicas que causan a) deforestación y b) degradación en la cuenca baja del río Ayuquila, Jalisco.
- Calcular la utilidad de estas actividades para estimar el CO de la conservación ambiental a nivel del campesino.
- Determinar y mapear la distribución espacial de la probabilidad de deforestación y degradación sobre la base de factores biofísicos que se sabe que influyen en la deforestación y degradación en el área de estudio.
- Determinar las relaciones espaciales que influyen en esta distribución.
- Determinar la variación del CO según el grupo social al que pertenece el campesino.
- Probar si este mapa predice con precisión la ubicación de las actividades que causan (a) la deforestación y (b) la degradación a nivel, de campesinos individuales.
- Analizar las implicaciones de pagos en base al CO para el desarrollo de políticas ambientales, en particular el PSA y la REDD+.

## **CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1 DEFORESTACIÓN**

La deforestación se enfoca estrictamente en el cambio del uso de la tierra forestal y puede implicar una completa destrucción de la cobertura forestal. Para Kaimowitz y Angelsen (1998), la deforestación describe una situación de remoción completa de largo plazo de la cobertura forestal. Para la FAO (2006), el criterio decisivo es la suficiente remoción de cobertura forestal para permitir usos alternativos de la tierra. Según el PNUD (2008), la deforestación es un proceso de conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales, mientras que la remoción de bosque genera una pérdida de biomasa y de captura de carbono.

Wachholtz, *et al.* (2006) conceptualizan la deforestación de manera operativa, como la forma de cambio del uso de la tierra forestal a gran escala a partir del desmonte mecanizado. Otras formas de deforestación, tales como el aprovechamiento no sostenible de los recursos maderables, chaqueo y cicatrices de incendios forestales, no son tomadas en cuenta en esta definición.

Actividades asociadas a la deforestación: CIGA (2012)

- Agricultura permanente.
- Pastizal permanente.
- Minería.
- Turismo.
- Crecimiento urbano.

### **2.2 DEGRADACIÓN FORESTAL**

Es un gran reto, definir y medir, la degradación forestal. Es importante definir la degradación forestal a partir de un punto de referencia, ya sea temporal o espacial, aunque también es complicado encontrar este punto de comparación. La degradación es un proceso que debe ser evaluado a nivel de paisaje.

Algunas definiciones de degradación forestal:

La más conocida es la de la FAO: la reducción de la capacidad de los bosques para proporcionar bienes y servicios (FAO, 2008). El Convenio para la Diversidad Biológica (CDB) considera la pérdida de biodiversidad como el principal signo de degradación. La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) la define como ‘reducción a largo plazo del suministro potencial de los beneficios del bosque, incluida la madera, la biodiversidad y otros productos o servicios’. Además, una pérdida directa de los valores forestales (especialmente el carbono) inducida por el hombre, probablemente se caracterice por una reducción de la cobertura de la copa del árbol. No se incluye la gestión de rutina a partir de la cual se recuperará la cobertura de la corona dentro del ciclo normal de las operaciones de gestión forestal (OIMT, 2002)

Pero en el contexto de la mitigación del cambio climático, la degradación de los bosques implica simplemente reducir las reservas de carbono en los bosques, en áreas clasificadas como bosques. Dado de que esta tesis se centra en programas para la mitigación de cambio climático, esta última definición está adoptada para el marco general.

La propuesta es que la degradación se necesita definir en términos de comparación con bosques intactos del mismo tipo de vegetación: “La degradación de los bosques es la reducción de las reservas de carbono en un bosque natural, en comparación con su carbono natural (capacidad de carga), debido al impacto de todas las actividades humanas de uso de la tierra” Cadman (2009).

Para operacionalizar esta definición, Penman *et al.* (2003) y la UNFCCC (2003) establecieron lo siguiente: (la degradación implica) “una pérdida a largo plazo directa inducida por el hombre (que persiste durante X años o más) de al menos el Y% de las reservas de carbono forestal (y los valores de los bosques) desde el tiempo T y que no califican como deforestación o una actividad elegida en virtud del Artículo 3.4 de Kyoto Protocolo 1 IPCC 2003a, pero no logró establecer los valores necesarios.

La información acerca de la degradación de los bosques de México es sumamente fragmentada. Sin embargo, la evidencia existente nos permite concluir que es

severa y se encuentra en aumento, dado los siguientes factores: las áreas forestales perturbadas han aumentado de 17.8 millones en el primer inventario forestal (1961–1985) a 22.2 millones de hectáreas en el inventario (2000). Estas zonas se concentran en lo que otrora fueran bosques templados de los estados del centro y sur del país y en la península de Yucatán. (Masera *et al.* 2008).

Un análisis agregado de la demanda de productos forestales indica que existe una extracción total de aproximadamente 50 millones de m<sup>3</sup>/año, de la cual un 80% se dirige a la satisfacción de necesidades de subsistencia (principalmente leña, 38 millones de m<sup>3</sup>/año). Este cálculo contrasta con las estadísticas oficiales, que sólo cuantifican la extracción comercial, equivalente a 8.1 millones de m<sup>3</sup> para 1990 (es decir, solamente el 20% de la extracción total de madera). Como consecuencia de un manejo técnico deficiente la mayor parte de las zonas forestales comerciales presentan una pérdida de volumen comercial de madera y cambios indeseados en la composición del bosque.

La tala insostenible, corta selectiva, la agricultura de roza, tumba y quema, recolección de leña, la extracción de carbón de leña, de postes de cercas y el pastoreo dentro del bosque (ganadería), son de las principales actividades que inducen gradualmente la pérdida de reservas de carbono (Masera *et al.* 2008).

Dadas las dificultades en cuantificación de degradación, algunos reportes mexicanos suelen utilizar el concepto del área de bosque, por años, desde la categoría 'bosque primario' hasta la categoría 'bosque secundario'. México, en sus Comunicaciones Nacionales, 2 (2001), 3 (2006) y 4 (2009) al CMNUCC, para cuantificar las emisiones resultantes de degradación, ha utilizado esta clasificación, que aunque permite un tipo de cuantificación, no es válida en el contexto de políticas de mitigación de cambio climático, porque (1) en realidad es difícil distinguir entre bosques primarios y secundarios desde imágenes de satélite, (2) la cifra es en términos de área y no en términos de cantidad de carbono perdido, porque la cantidad de carbono en cualquier bosque secundario es variable y desconocida, y (3) muchas veces un bosque secundario no está en proceso de degradación sino

en proceso de recuperación (rebrote y acumulación de carbono) (Gao *et al.* 2020), entonces no está emitiendo sino absorbiendo carbono de la atmósfera.

### **2.3 ANTECEDENTES DEL PSA**

La degradación ambiental es una disminución de los servicios de los ecosistemas, que resulta de sobre usar los recursos naturales, para resolver los problemas que se presentan para la sobrevivencia de los individuos. En el caso de la deforestación y la degradación forestal en México, a menudo la causa es la agricultura, la ganadería y la recolecta de productos forestales como leña y postes, etc.; es decir, tiene que ver con medios de subsistencia. El problema subyacente es que los individuos a menudo sobreexplotan los recursos debido a la necesidad de satisfacer sus necesidades, pero el daño a los recursos tiene un efecto más amplio a nivel social, como ha sido tipificado por Garrett Hardin en su argumento Tragedia de los Comunes (1968). Entre otros problemas identificados destacan dos: (1) la producción individual está normalmente dirigida por las fuerzas del mercado, mientras que los beneficios públicos de los servicios ambientales no (Azqueta *et al.* 2007); y (2) gran parte del paisaje está bajo formas de tenencia comunitaria, y si no existen instituciones comunales sólidas para manejarlo, puede sufrir los abusos de acceso abierto, que para algunos observadores también se ve como una falla del mercado. Sin embargo, los gobiernos y las organizaciones ambientales han intentado contrarrestar estos efectos mediante una variedad de políticas diseñadas para moderarlas. En este capítulo se presenta una visión general de las políticas públicas que se han aplicado para enfrentar la degradación ambiental.

La siguiente sección explica la naturaleza de los servicios ambientales. Después las fallas del mercado con relación a los servicios ambientales son explicadas. El resto del capítulo se dedica a presentar una breve reseña de diferentes tipos de políticas ambientales para contrarrestar la degradación, finalizando con una revisión en profundidad del Pago por Servicios Ambientales, una política que se usa mucho en México y es el fundamento de programas internacionales como REDD+.

### **2.3.1 Servicios ambientales**

Existen beneficios tangibles e intangibles que proporciona la naturaleza a la sociedad, denominados servicios ambientales. Estos beneficios se clasifican en cuatro categorías (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005):

- Servicios de aprovisionamiento: productos obtenidos de los ecosistemas, alimentos, agua, madera, fibra, combustibles entre otros, que son utilizados por el hombre.
- Servicios de regulación: estos están relacionados con la regulación de los procesos de los ecosistemas, regulación del clima, enfermedades, regulación del ciclo hidrológico, (calidad del agua, control de inundaciones) polinización, etc.
- Servicios culturales: beneficios inmateriales obtenidos de los ecosistemas, estéticos, religiosos, recreativos, de inspiración espirituales educativos.
- Servicios de soporte: servicios necesarios para la producción del resto de los servicios, entre estos se encuentra la formación de suelo, el reciclaje de nutrientes y la producción primaria.

En el caso específico de los ecosistemas forestales, además de varios servicios de aprovisionamiento y culturales, normalmente a las personas que viven en el área, también brindan los servicios de regulación y soporte que son beneficiosos además para las personas que viven lejos (Pagiola y Platais, 2002) como:

- Beneficios hidrológicos: protección de la cuenca hidrológica. Control del volumen del flujo del agua, su variabilidad en el tiempo y su calidad. Los bosques pueden desempeñar un papel importante en la regulación de los flujos hídricos, en el mantenimiento del caudal durante la temporada de secas y el control contra inundaciones.
- Reducción de sedimento: prevención de daños a embalses y vías fluviales originados por sedimentos, contribuyendo a preservar sus usos (generación de energía hidroeléctrica, riego, recreación, pesca y suministro de agua potable).
- El control de la erosión del suelo.
- Prevención de desastres: prevención de inundaciones y corrimientos de tierras.

- Conservación de la biodiversidad: el mantenimiento de los hábitats que permite, no solamente, la supervivencia de especies en el área del bosque, sino en áreas más adelante (por ejemplo, la reducción de la temperatura del agua mediante la sombra sobre ríos o corrientes).
- Secuestro de carbono.

Estos servicios, al ser públicos y de libre acceso ('bienes públicos') no son valorados en términos monetarios y carecen de un mercado donde intercambiarse, lo que es conocido en la teoría de Economía Ambiental como "falta de mercado". Según este pensamiento, este estatus puede traer consigo un mal manejo o sobreexplotación del recurso, pasando a un estado de deterioro que afecta el beneficio que este brinda (González y Riascos, 2007).

### **2.3.2 Fallas de mercado**

La economía clásica (con su principal exponente Adam Smith) planteaba que el crecimiento económico podía ser ilimitado, lo cual se lograría con el mercado. Eso porque el mercado mediante una eficiente asignación de precios evitaría la escasez de recursos debido a que en la medida que un recurso se va terminando, el mercado elevaría su precio y se dejaría de consumir, dando pie a que los emprendedores descubrirían recursos sustitutos. Un corolario de este paradigma es que cualquier intento de regulación del mercado (por parte del gobierno) dará como resultado una menor eficiencia, y este argumento es usado por varios grupos sociales para promover la privatización y desregulación de recursos naturales, entre otras cosas (Kolstad, 2001).

Muchos economistas que se dedican a cuestiones ambientales, particularmente los que se adhieren a las escuelas de modernización ecológica y desarrollo sostenible, afirman que el deterioro ambiental y el uso ineficaz de los recursos naturales, se debe a que el mercado no funciona bien. Los precios no reflejan los costos y beneficios sociales que implica el uso de un recurso, los precios no incluyen la posibilidad de escasez de un recurso y no propician el establecimiento de incentivos o impuestos para administrarlo y conservarlo (Field y Field, 2003).

Las fallas del mercado se refieren a situaciones en donde los mercados no resultan en una distribución eficiente de los recursos escasos. Las fallas más importantes del mercado según (Kolstad, 2001) son:

- Derechos de propiedad mal definidos o no existentes.
- Recursos sin precio y mercados inexistentes.
- Altos costos de transacciones que desalientan los intercambios benéficos.
- Bienes públicos que el sector privado no puede o no debe promover a través del mercado.
- Falta de competencia plena, a causa de monopolios, oligopolios y mercados fragmentados por barreras físicas o políticas.
- Horizontes de planificación demasiados cortos o tasas de descuento muy altas, ya sea por pobreza, impaciencia, riesgo o incertidumbre.

### ***2.3.3 Instrumentos de política ambiental***

Los instrumentos de política de medio ambiente surgen para minimizar las fallas de mercado. Se pueden agrupar en tres tipos: instrumentos de comando y control, muchas veces conocidos como 'instrumentos de primera generación'; instrumentos de segunda generación, incluyen instrumentos económicos, e instrumentos de tercera generación cubren estímulos de información.

#### **2.3.3.1 Instrumentos de Primera Generación: comando y control.**

Ellos son instrumentos básicos de política ambiental que surgieron en los Estados Unidos, Europa y Japón en los finales de la década de los 60 y durante la de los 70 del siglo XX. Esos instrumentos son conocidos como Instrumentos de Comando y Control (ICC), también llamados 'regulación directa'. Se redactan reglamentos que dictan el comportamiento, las regulaciones son detalladas y universales, además se desarrollan medios para hacer cumplir las regulaciones, sanciones y castigos (Field y Field, 2003). Muchos de ellos se basan en legislación ambiental, incluso la prohibición de ciertas actividades totalmente y sistemas de multas para

contravención, pero destacan varias medidas, en particular: evaluaciones de impacto ambiental, zonificación y legislaciones.

### **Ventajas y desventajas de los instrumentos de comando y control.**

Es claro que las medidas de comando y control funcionan mejor en algunos casos específicos que en otros, depende de las posibilidades de monitorear el cumplimiento y aplicar sanciones por el incumplimiento. Por ejemplo, son usadas para controlar contaminantes tóxicos (desde vehículos, fábricas) porque es en principio posible controlarlos. Las multas, en general, constituyen incentivos fuertes para acogerse al cumplimiento. En otras áreas no tienen tanto éxito, por ejemplo, hay una ley contra la deforestación en México, pero es muy difícil hacerla cumplir porque la deforestación se lleva a cabo a pequeña escala en muchos lugares no registrados. En general, el éxito de los instrumentos de comando y control requiere una gran cantidad de información sobre los niveles de vertimiento, ubicación de las fuentes, parámetros de calidad, etc. para poder aplicar una norma. Requiere también altas inversiones en procesos de control y monitoreo e implementación de sistemas policíacos capaces de imponer la norma. Son muy exigentes en cuanto al control y coacción por parte de la autoridad ambiental. Generan inequidad entre los agentes contaminadores dadas las diferencias que existen en los costos de descontaminación que cada agente enfrenta. Los costos de no deforestar también varían: son más altos si la alternativa, por ejemplo, aguacate, generaría un ingreso alto, para el caso en que la alternativa (maíz) generaría un ingreso bajo, entonces la implicación lógica es que sería necesario tener multas más altas contra la deforestación en áreas con mucho potencial para otras actividades. Pero esta postura probablemente no es factible desde un punto de vista político, por ser vista como ilegítima (Field y Field, 2003).

### **2.3.3.2 Instrumentos de Segunda Generación**

Los instrumentos de segunda generación se basan en el mercado con el uso de incentivos monetarios y se desarrollaron como una alternativa a Comando y Control durante los años ochenta y noventa del siglo XX, fundamentalmente por dos causas:

- Frustración con las políticas de comando y control que como se explica arriba, no son apropiadas o efectivas en muchos casos.
- Los economistas vieron la posibilidad de aplicar las lecciones del mercado a las políticas ambientales. La meta era lograr la misma reducción de la contaminación a un costo menor.

Con la creciente crítica a los instrumentos de comando y control, nuevos instrumentos de política ambiental fueron desarrollados. La principal preocupación de los proponentes de los instrumentos de segunda generación era la búsqueda de mayor eficiencia con relación a los de primera generación. Los nuevos instrumentos de política ambiental surgen en los Estados Unidos, Europa y Japón a los finales de los 1970s y durante los 1980s. La gestión del medio ambiente de esos países pasó a combinar comando y control con los nuevos instrumentos de política, que se llaman instrumentos económicos (Azqueta, 2002). Hay varios tipos, tributos ambientales, subsidios ambientales, licencias negociables e incentivos para la conservación, el último de los cuales incluye PSA.

### **Ventajas y desventajas de los instrumentos económicos**

El cobro tiene como objetivo resarcir los daños causados al recurso y de esta forma también a la sociedad, la tranquilidad pública y el medio ambiente en general. Este tipo de instrumentos da flexibilidad para alcanzar el nivel de calidad ambiental deseado al mínimo costo (costo efectividad).

Crean incentivos dinámicos para que las fuentes contaminadoras busquen mecanismos más baratos para descontaminar, y abren oportunidades para la creación de mercados e inversión en tecnologías limpias. Disminuyen notoriamente los costos de información, control y monitoreo, y obligan a la concertación de metas ambientales. Al mismo tiempo, sus efectos dependen crucialmente del nivel de la

tarifa fijada. Se debe encontrar la tasa consistente con el objetivo deseado de calidad ambiental. Los resultados dependen fundamentalmente de un diseño institucional adecuado, no corrupto, eficiente, con altos niveles de coordinación y planificación. Estos instrumentos no son aplicables a fuentes dispersas de contaminación por las dificultades de medición: “lo que no se puede medir, no se puede cobrar” (Field y Field, 2003).

### **2.3.3.3 Instrumentos de Tercera Generación**

A pesar de su mayor eficiencia, los instrumentos económicos también presentan limitaciones, en particular su dificultad de suplantar asimetría de información. Nuevos instrumentos surgen a partir de los finales de los 80s y principios de los 90s, del sigloXX, en particular en América del Norte (Estados Unidos y Canadá). Ellos son conocidos como instrumentos de adopción voluntaria, a saber, *'right to know'* (divulgación de información ambiental relevante); y comportamiento empresarial proactivo (Field y Field, 2003). Un ejemplo de instrumento voluntario usado para combatir la deforestación es la certificación forestal, específicamente en México. La certificación forestal es un proceso voluntario por el cual una tercera parte independiente, asegura, mediante un certificado, que la gestión de un bosque se lleva a cabo cumpliendo un conjunto de criterios y normas previamente establecidos. Sus objetivos principales son, contribuir a conservar los bosques e incrementar los ingresos de los pobladores de dichos predios.

## **2.4 EL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA)**

### **2.4.1 Definición de PSA**

El PSA se define convencionalmente como una transacción voluntaria, donde un servicio ambiental bien definido (o un uso de la tierra que pueda asegurar ese servicio) está siendo 'comprado' por un comprador de servicios a un proveedor de servicios (Wunder, 2005).

Es un instrumento típico de la segunda generación, y se ha utilizado ampliamente en México, donde está considerado como un instrumento exitoso y popular, por las

autoridades gubernamentales, aunque ha tenido muchas deficiencias como se explica en las secciones 2.4.4 y 2.5.7 en más detalle. En un programa de PSA, un comprador de Servicios Ecosistémicos (SE) ofrece un pago a un vendedor de SE si ese vendedor emprende una actividad que beneficia al comprador (Engel *et al.* 2008).

Así, PSA busca internalizar lo que de otro modo sería una externalidad (Pagiola y Platais, 2007). En efecto, los programas de PSA intentan poner en práctica el teorema de Coase, que estipula que los problemas de los efectos externos pueden, bajo ciertas condiciones, ser superados a través de negociación entre las partes afectadas (Coase, 1960).

En los programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) se trata de establecer un mercado para los servicios ambientales. Esto implica que en las comunidades/pequeños propietarios reciben subsidios o compensaciones desde consumidores de los servicios (por ejemplo, las empresas responsables del abastecimiento de agua en zonas urbanas, o agencias u organismos internacionales que se ocupan de las compensaciones de carbono para la mitigación del cambio climático) si las comunidades están de acuerdo en llevar a cabo ciertas prácticas de gestión que mejoren la cantidad y calidad de los servicios, lo que, en general, implica una reducción de la deforestación y la degradación (Moreno-Sánchez, 2012).

Los servicios de los que se ocupa el PSA son a menudo bienes ambientales públicos (tanto locales como globales). Su provisión implica un problema de acción colectiva, en la medida en que requiere la coordinación de diversos actores para evitar resultados indeseables desde un punto de vista social. El principal objetivo de PSA debería ser la creación de incentivos para la provisión de tales bienes, cambiando así el comportamiento individual o colectivo que, de lo contrario, provocaría un deterioro excesivo de los ecosistemas y recursos naturales. Por lo tanto, puede ser conveniente definir PSA como una transferencia de recursos entre los actores sociales, que tiene como objetivo crear incentivos para alinear las decisiones de uso de la tierra individuales y / o colectivas con el interés social en la

gestión de los recursos naturales. Tales transferencias (monetarias o no monetarias) están integradas en relaciones sociales, valores y percepciones, que son decisivas en acondicionamiento de diseño y resultados de PSA (Muradian *et al.* 2010).

El alcance para la aplicación de PSA, entonces, es un conjunto estrecho de problemas: aquellos en los que los ecosistemas están mal gestionados porque muchos de sus beneficios son externalidades desde la perspectiva de los administradores del ecosistema (Pagiola y Platais, 2007). Si una parte sustancial de los beneficios de un ecosistema son externalidades, otros enfoques voluntarios es poco probable que den fruto. Otorgar derechos de propiedad a los gerentes locales sobre el ecosistema puede no ser suficiente, ya que solo percibirán una pequeña porción de sus beneficios totales, y estos pueden ser menos que los beneficios de los usos alternativos de la tierra (Behera y Engel, 2006; Palmer y Engel, 2007).

Dentro de los problemas a los que se podría aplicar el PSA, es importante la distinción que puede hacerse sobre la base de si los SA proporcionados, son bienes públicos y aquellos en los que no lo son. A menudo se supone que todos los SA son bienes públicos puros, es decir, que no se puede evitar que los usuarios se beneficien de la SA proporcionados, y que el consumo de un usuario no afecta el consumo de otro (no rivalidad). Esto ciertamente se cumple para algunos SA: el secuestro de carbono, es posiblemente el ejemplo más claro de un bien público, pero muchos otros SA son, de hecho, excluibles o rivales en el consumo en particular, muchos servicios de agua son bienes club (son bienes excluyentes, pero no son rivales) solo para aquellos que tienen derechos de agua o aquellos ubicados en zonas beneficiadas de cuencas, esto tiene implicaciones importantes sobre cómo implementar los PSA (Engel *et al.*, 2008).

#### **2.4.2 Compradores y vendedores de SA**

Una de las diferencias más importantes entre los programas de PSA es quiénes son los compradores de los SA. En algunos casos los compradores son los usuarios reales del SA y en otros casos los compradores son (generalmente el gobierno, una

ONG, o una agencia internacional) actuando en nombre de los usuarios. En un programa de PSA "financiado por el usuario", los compradores son los verdaderos usuarios de un SA: un programa de PSA en el que una potencia hidroeléctrica productora paga a los usuarios de la tierra río arriba para conservar la cuenca encima de su planta sería un ejemplo de este tipo de programa (Pagiola y Platais,2007).

Argumentan que este tipo de PSA es particularmente probable que sea eficiente, ya que los actores con la mayor información sobre el valor del servicio están directamente involucrados, tienen un claro incentivo para garantizar que el mecanismo funcione bien, puede observar directamente si el servicio se está entregando, y tiene la capacidad de renegociar el acuerdo si es necesario. En los programas de PSA "financiados por el gobierno", los compradores son un tercero que actúa en nombre de los usuarios del servicio. Esto típicamente es una agencia gubernamental, pero también podría ser una agencia financiera internacional (Engel *et al.* 2008).

Los 'vendedores' potenciales de un SE son aquellos actores que están en una posición de salvaguardar la entrega del SE. Pueden ser individuales (campesinos privados p.e.) o grupos, si las comunidades locales tienen derechos comunales de propiedad o al menos los derechos de uso y gestión de la tierra y pueden actuar como proveedores colectivos de SE (Rojahn y Engel, 2005), como es el caso de los núcleos agrarios de México.

Las prácticas de uso de la tierra pueden afectar los servicios de agua corriente abajo, a través de su efecto sobre la infiltración, la evaporación, la erosión y otros procesos. En general, esto significa que los posibles vendedores son propietarios de tierras, y en términos globales la gran mayoría de los programas de PSA están dirigidos a terratenientes privados, aunque en México la mayoría de los fondos son dirigidos a núcleos agrarios.

### **2.4.3 Cómo funciona el mecanismo de PSA**

La gran mayoría de programas de PSA funciona pagando proveedores para usos específicos de la tierra que se cree que generan el SE deseado, no por el producto (el SE) por sí. Eso porque es muy difícil medir el SE. El uso forestal de la tierra es frecuentemente promovido por programas de PSA, particularmente en países en desarrollo, pero aparte de su impacto en la provisión de SE, el uso de la tierra promovido por un programa de PSA también puede tener otros importantes impactos. Cuando los programas implican cambiar los usos de la tierra (por ejemplo, reforestar tierras que han sido deforestadas) los costos tienden a ser mucho más altos que cuando los programas se centran en retener los usos de la tierra existentes (por ejemplo, preservar los bosques amenazados por el desmonte) (Engel *et al.* 2008).

La condicionalidad es crítica para PSA, pero la condicionalidad no necesariamente debe ser basada en evidencia de la provisión del SE ('resultados'), sino en la evidencia de que ciertas actividades han sido implementadas ('insumos'), como p.e. el mantenimiento de un área forestal para que no se deteriore, en la creencia de que esto daría lugar a los SE, y es mucho más simple de observar/medir. Los pagos serían condicionales y serían verificados con una línea de base que permite medir la situación antes y después. Este pensamiento se basa en un modelo de cambio con vías causales ('procesos'), reconociendo extensión espacial y distribución ('patrones'), desarrollando 'proxis' o 'indicadores' para el monitoreo, con medidas simplificadas (Tomich *et al.* 2004).

Para ser basados en insumos, generalmente los programas de PSA tienen un enfoque en el monitoreo. En monitorear si los proveedores de SE están cumpliendo con sus contratos mediante el uso específico de la tierra. También a veces monitorean (o contratan a expertos para monitorear) si estos usos de la tierra están de hecho generando el SE deseado. En la práctica muchos programas de PSA no van más allá de monitorear el cumplimiento del uso del suelo (Pagiola y Platais, 2007).

Idealmente, los pagos se realizarían directamente sobre la base de los SE proporcionados (como, por ejemplo, pagos por captura de carbono en términos de toneladas capturadas, con un precio fijo por tonelada). Pero dichos pagos "basados en resultados" como se explica arriba a menudo no son posibles, porque el nivel de provisión de muchos SE no puede ser observado por los usuarios de la tierra. Por lo que la mayoría de los PSA se basan en pagos por la adopción de usos particulares de la tierra. En estos programas de PSA "basados en insumos", los pagos son en términos de un precio fijo por hectárea (por ejemplo, pago por hectárea de bosque conservado). Alternativamente otras métricas se han utilizado para medir las entradas (cantidad de árboles plantados, u horas de trabajo dedicadas a la limpieza) (Engel *et al.* 2008).

### **La relación entre pagos y costos**

En el diseño de un programa PSA, la cuestión de cuánto pagan y para qué, es crucial para el posible éxito. Aunque parece 'obvio' que el pago ofrecido a los administradores del ecosistema debe exceder el beneficio adicional que recibirían de la alternativa de uso de la tierra, denominado el 'CO', y debe ser menor que el valor del beneficio para los usuarios de SE (o los usuarios no estarán dispuestos a pagar por ello), no siempre es así (Engel *et al.* 2008). El hecho es que muchas veces los programas pagan a los productores mucho menos que los costos de oportunidad, pero sin embargo los programas son capaces de lograr sus objetivos. Esto se puede explicar por el hecho de que los productores a menudo reconocen y atribuyen beneficios no monetarios a las mejoras en el manejo de la tierra. Por lo tanto, sus cálculos no se basan solo en consideraciones de mercado sino también en preocupaciones más amplias por el cuidado a largo plazo de su entorno.

También es interesante observar que, aunque los costos de oportunidad pueden ser diferentes para cada individuo, debido a las variaciones en el suelo y otras condiciones locales, la mayoría de los esquemas de PSA lo igualan y pagan una suma fija por hectárea, al menos para un tipo particular de ecosistema. En México, por ejemplo, la escala salarial actual permite \$ 382 por ha al año en selva baja. La

alternativa es que los pagos pueden ser diferenciados en el espacio y / o entre los agentes, sobre la base del SE proporcionado (orientación a los beneficios), los costos de provisión del SE (objetivo de costo) o una mezcla de ambos (Wünscher *et al.* 2008). Hay argumentos en favor de ambos enfoques (pagos fijos, y pagos variables). Los pagos fijos normalmente reflejan los insumos necesarios y son simples de calcular y comprender, aunque no son equitativos en el sentido de que no reflejan los costos reales experimentados por diferentes personas, a menudo se están considerando como equitativos porque todos reciben la misma cantidad. Este sistema minimiza también las posibilidades de corrupción y conflicto, porque el sistema de pagos es transparente.

Economistas de la escuela de mercado puro argumentan firmemente que los pagos fijos son ineficientes, ya que a algunas personas se les pagará mucho más que sus costos de oportunidad (o los costos que serían necesarios para convencerlos de participar). El caso de Costa Rica es muy citado, donde gran parte del fondo PSA va a personas que tienen terreno con casas vacacionales en áreas boscosas, que nunca habrían talado los árboles porque aman el paisaje rústico (Newton *et al.* 2012). También se encuentran fallas en el programa Bolsa Floresta en Brasil, con el argumento de que los pagos deben adaptarse mucho más a los costos reales de cada familia participante; afirman que grandes cantidades de dinero se desperdician innecesariamente. Otros autores temen que, sin pagos diferenciados, el incentivo para muchos puede no ser lo suficientemente alto como para garantizar su participación. Entonces estas diferencias de posición con respecto a cómo se deben distribuir las recompensas en PSA son fundamentales y deben considerarse con mucho cuidado en cualquier contexto en el que se deba aplicar el PSA.

### **Cómo se establecen los mecanismos de PSA**

Los mecanismos de PSA se desarrollan en particular en contextos ambientales, económicos, sociales y políticos, y están sujetos al empuje y atracción de muchas partes interesadas. Aunque el objeto principal es el mantenimiento de SE, si los programas son organizados por el gobierno u ONGs, muchas veces otros objetivos

se agregan a la mezcla, como la reducción de la pobreza, desarrollo regional o mejora de la gobernanza. Estos objetivos adicionales ya sea implícita o explícitamente, también pueden tener una influencia significativa en el diseño del programa. Por ejemplo, si la selección de comunidades para participar está basada más en su estatus social (pobreza) que en la probabilidad de que deforestarán, es obvio que el logro del objetivo principal puede verse comprometido. Algunos programas se desarrollan solo para lograr el objetivo principal, mientras otros se basan en arreglos preexistentes, tal vez originalmente destinados a fines muy diferentes. Un problema relacionado es si es mejor introducir un programa de PSA y luego más tarde mejorarlo, o si la mejora de dicho programa más adelante es más difícil que diseñarlo cuidadosamente desde el principio (Engel *et al.* 2008).

#### **2.4.4 Crítica al PSA**

En general el PSA ha tenido impactos notables y positivos, es el caso de la disminución de actividades como la tala ilegal y la conversión de bosques en zonas agrícolas y ganaderas, contribuyendo así a la recuperación y conservación de la cobertura forestal. También ha tenido buenos resultados en cuanto al decrecimiento de los incendios forestales, la disminución de la erosión del suelo, incremento de la biodiversidad, la reducción de la presión por leña del bosque natural, la protección de hábitats, disminución de sedimentos y reducción de gases de efecto invernadero (Alix-García *et al.* 2013).

Ha habido impactos también a nivel social como la generación de empleo, la transferencia de tecnologías, la capacitación forestal, la generación de una alta sensibilidad ambiental entre la población participante y el incremento de ingresos para esta población y las comunidades dónde se llevan a cabo los proyectos, aliviando en alguna medida la pobreza, aunque el objetivo principal es garantizar la provisión de un servicio ambiental (Alix-García *et al.* 2013).

Pero la combinación de objetivos ecológicos y sociales ha resultado en casos en donde el PSA como instrumento de política pública no ha tenido tanto éxito. Por ejemplo, hay evidencia de que, en México, el PSA ha sido dirigido a comunidades

pobres simplemente porque eran pobres y no porque había un gran riesgo de deforestación (Almeida-Leñero, 2017; Le Velly *et al.* 2015, Sims *et al.* 2014). Dentro de las comunidades, los beneficiarios son muchas veces los ejidatarios o comuneros y, por lo tanto, los beneficios no llegan a los más pobres, que son posesionarios o vecindados viviendo en la misma comunidad (López-Bárceñas, 2017). También hay evidencia de que las áreas elegidas por comunidades para incluir dentro del programa son las más aisladas y que de hecho no están amenazadas por deforestación (Alix-García *et al.* 2010). Dentro de la comunidad, se puede dar la situación de que personas que nunca habrían deforestado, están recibiendo pagos para no deforestar. Esto quiere decir que el instrumento tiende a no ser muy eficiente, porque no siempre está dirigido a las personas con mayor probabilidad de deforestación. Además, los pagos en la mayoría de los casos son con tarifas uniformes por hectárea, lo que no tiene en cuenta el hecho de que los CO pueden variar mucho, en parte según la naturaleza del sitio y en parte por los tipos de actividades que compiten en ese sitio con la conservación forestal.

Estas realidades en muchas ocasiones provocan que el programa no cumpla con sus objetivos o lo haga a costos mayores de los deseados. Teniendo en cuenta los problemas de distribución, el arraigo social y las relaciones de poder, se reconoce que es muy importante tomar en serio la variedad de contextos y entornos institucionales en los que opera el PSA. No sólo en México, sino en muchas comunidades rurales en América Latina, la distribución de los ingresos y bienestar de la población no siempre se efectúa, ya que tanto los actores aguas arriba como los de abajo poseen la misma condición socioeconómica, con lo que un PSA no necesariamente funcionaría como un mecanismo de redistribución de ingresos, al contrario, bajo esta estructura el PSA se continuaría excluyendo a los habitantes que no poseen tierra para ofrecer el servicio ambiental y que son los que presentan un caso más severo de pobreza (González y Riascos, 2007).

Cuando los proveedores más pobres también son los que tienen el menor CO y el mayor potencial de provisión de servicios, políticas de PSA son las más adecuadas para ayudar a aliviar la pobreza. Mecanismos basados en incentivos apuntan a los

proveedores que tienen menores costos de oportunidad. Por ejemplo, los agricultores más pobres pueden tender a poseer tierras marginales con mayor pendiente y menor calidad del suelo, en las cuales el CO de dejar la tierra en vegetación natural para aumentar la provisión del servicio ecosistémico puede ser menor. En este caso, los esquemas de PSA tienen el potencial de dirigir pagos hacia los más pobres y hacia los proveedores de servicios de ecosistémicos de menor costo de lo deseado. Además, cómo los ingresos de los propietarios varían con la producción de beneficios ambientales es relevante porque así las políticas de PSA podrán mejorar la equidad. Cuando la tierra que produce un alto nivel de servicios es gestionada por los miembros pobres de la sociedad, entonces un enfoque de PSA puede contribuir a la reducción de la pobreza pagando a estos propietarios por los servicios que prestan. Sin embargo, es probable que los esquemas de PSA hagan una verdadera mejora la reducción de la pobreza solo si pagan a los propietarios una cantidad sustancialmente más alta de lo que de otro modo podrían haber ganado con la tierra. Esto implica una compensación probable entre la utilidad de la programa y alivio de la pobreza (Jack *et al.* 2007).

### **Otros retos para el PSA**

En algunos otros casos, los programas de PSA ofrecen pagos que son insuficientes para inducir la adopción de usos de la tierra socialmente deseables. Un ejemplo es el caso del programa de PSA de Costa Rica donde se ofrece un pago muy bajo, no diferenciado, que sólo atrae a participantes con un CO muy bajo (Pagiola, 2008). Otro caso es en el cual pagan por la adopción de prácticas que ya habrían sido adoptadas de todos modos, conocido como “dinero por nada” (Ferraro y Pattanayak, 2006). Este no es un problema social, de hecho, las prácticas adoptadas son socialmente eficientes, es una situación de eficiencia financiera para el programa, que genera menos SE por dinero gastado, se percibe más cuando los fondos para PSA son limitados y se reducen los fondos disponibles para inducir el cambio de uso de la tierra en otro lugar (Engel *et al.* 2008).

Estos problemas surgen a partir de que la valoración monetaria de los servicios ambientales es muy difícil. Otras situaciones que se pueden dar en un programa de PSA son: la fuga a veces también llamada derrame, se refiere al desplazamiento inadvertido de actividades perjudiciales para el medio ambiente, la fuga puede ocurrir directamente, por ejemplo, si los terratenientes que protegen los bosques bajo el cambio de PSA pasan las actividades productivas a otras áreas forestales. También puede ocurrir indirectamente a través de mecanismos de mercado. Por ejemplo, la inscripción de tierras en PSA para la conservación de los bosques puede conducir a un aumento en los precios de los productos forestales o cultivos agrícolas, alentando actividades extractivas o de conversión agrícola en otras áreas forestales (Chomitz, 2002).

La falta de permanencia se refiere a la capacidad de PSA para lograr mejoras a largo plazo en el servicio ambiental provisión, incluso más allá del período de los pagos propiamente dichos, cuando los horizontes de pago son finitos, la permanencia puede verse obstaculizada por cambios en las condiciones externas (por ejemplo, aumentos en los precios de mercado) cultivos agrícolas que compiten con la conservación forestal o por falta de financiamiento a largo plazo para PSA (Swart, 2003).

Newton *et al.* (2012), realizaron un estudio del PSA que desde 2007 se desarrolla en una reserva forestal dentro del Amazonas, bajo el nombre de Bolsa Floresta. Compiló opiniones como la siguiente "Bolsa Floresta no compensa la pérdida de no poder plantar mandioca en una zona despejada, un área de bosque primario, ya que los campos de siembra en las otras áreas forestales no son tan productivos" (entrevistado185). Por el contrario, un entrevistado de una comunidad forestal estacionalmente inundada cuyos ingresos provienen principalmente de la pesca y no del cultivo de la mandioca afirmó que apoyaba el programa "porque yo no necesito cambiar nada de lo que hago para calificar para la beca BFF" (entrevistado131). Y es que la heterogeneidad es tanta en el área, que "algunas comunidades tienen más bosque secundario disponible que otras"

(entrevistado184), lo que permite continuar la expansión de la agricultura al bosque secundario, mientras sigue siendo compatible con los requisitos del PSA.

En el caso de estudio de Bolsa Floresta se explora cómo la heterogeneidad local en factores demográficos, económicos o de medios de vida afectan los costos de oportunidad incurridos por las zonas rurales de Amazonia, porque el programa (como la mayoría de los programas de PSA) trata con una estructura de pago indiferenciada/uniforme, que no refleja del todo las diferencias reales de costos de oportunidad entre individuos. Aunque se propuso que "para promover la conservación de los bosques y la sostenibilidad del desarrollo, se deben formular diferentes estrategias para cada subregión amazónica, ya que es claramente heterogénea" (Viana, 2008), no había mucho escrito sobre las diferencias entre familias u hogares. De hecho, se destaca la importancia de tener en cuenta la escala local y del paisaje la heterogeneidad en los ingresos y estrategias de medios de vida de los participantes para maximizar el valor de los programas de conservación mientras se minimizan los costos de oportunidad locales (Newton *et al.* 2012).

La evidencia sugiere que las economías de los hogares individuales y las comunidades de los habitantes de los bosques tropicales varían significativamente de acuerdo con la geografía y la demografía local (Takasaki *et al.* 2001; Newton *et al.* 2012). Datos como el tamaño de la familia y la estrategia de los medios de vida muestran que el hogar y los ingresos de la comunidad varían ampliamente a través de las dos reservas focales. Es probable que esto contribuya a costos de oportunidad que varían de manera similar a los que se enfrentan los actores individuales (hogares) cuando deciden unirse al programa Bolsa Floresta, o para cumplir con su política de conversión de bosque primario cero después de la inscripción (Newton *et al.* 2012).

Esto nos indica que el CO puede variar atendiendo a diferentes variables y es además un tema muy importante para tener en cuenta si se desea el éxito de un PSA.

## 2.5 PSA EN MÉXICO

### 2.5.1 Los inicios

La idea inicial, en el año 2002, propuesta por el Instituto Nacional de Ecología (INE) junto con académicos de la Universidad Iberoamericana (UIA), debía focalizar los pagos hacia áreas del país definidas como de "alto" o "muy alto riesgo de marginalidad" según un indicador municipal de marginalidad basado en información del censo de población (Alix-García *et al.* 2009).

En octubre de 2002, el proyecto piloto propuesto tenía una duración de dos años comenzando en la primavera de 2002 con las siguientes características:

- El programa piloto sería responsabilidad de una Subsecretaría de SEMARNAT, incluiría 100 ejidos y un pago anual de 260 pesos por hectárea.
- El proyecto se centraría en los servicios de agua.
- Los beneficiarios serían ejidos y comunidades con bosques en cuencas hidrográficas, es decir, aquellas que están sobreexplotadas y que sirven como principal fuente de agua para grandes centros de población. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), aceptó asumir la responsabilidad por ello, INE, con técnicos de apoyo de la UIA, Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE), y UC Berkeley (Alix-García *et al.* 2009).

El equipo de diseño recomendó la creación de un instrumento para financiar el programa en forma de una tasa en el uso del agua. La tarifa federal de agua, que se establece anualmente, fue un candidato ideal. Lagos, lagunas, acuíferos y ríos se consideran propiedad nacional, por lo que La Ley Federal de Derechos (LFD) incluye tarifas para su uso. El equipo propuso que las tasas del agua se elevaran y un porcentaje fuera destinado a pagar los servicios ambientales. La modificación propuesta del artículo 223 de LFD inicialmente asignó una parte específica (2.5%) de los ingresos anuales por agua, para pagos PSAH (Cortina, 2002).

Ocurrieron varios cambios en la propuesta original. Primero, la idea de enfocarse en comunidades marginadas fue eliminada de la discusión. El segundo cambio importante fue que el programa ya no se dirigiría hacia cuencas hidrográficas sobreexplotadas, sería implementado en todo el país (Muñoz-Piña *et al.* 2008). El

mayor impacto en el programa fue la inclusión de tierras bajo manejo para la producción de madera, que previamente había sido excluido de la consideración (Alix-García *et al.* 2009).

En abril/mayo de 2003, las negociaciones internas sobre las reglas de operación dentro CONAFOR resultaron en los siguientes cambios. Queriendo evitar el problema técnico de medir la densidad de los bosques, el calendario de pagos cambió de tres pagos (\$ 520 / ha para bosques lluviosos, \$ 390 para bosques de densidad media y otros bosques de alta densidad, y \$ 260 para bosques de densidad media) a dos (\$ 520 / ha para el bosque denso y \$ 390 para los demás). El monto de apoyo fue definido con base a cálculos aproximados sobre el costo que tendría el conservar el uso del suelo forestal si este compitiera con el costo que alcanzarían los predios si en ellos se cultivara maíz. Al no contar con información que permitiera asociar a nivel regional o local los costos de otros usos de suelo (por ejemplo, distintos tipos de cultivo o de ganado) que compiten con el uso de suelo dedicado a la conservación de los ecosistemas forestales que apoya el programa (CGPPb, 2012).

La solicitud del programa fue muy simple: todo lo que se requería era un formulario de dos páginas y la prueba de propiedad legal. Para ejidos, un documento que verificara que en una asamblea general se había convocado a la comunidad participante y que se había votado por el lugar tomado. Los contratos del programa dieron pagos por un monto especificado por área de bosque dentro de los límites de cada comunidad de acuerdo con el precio del sistema dual de \$ 520 / ha para el bosque denso y \$ 360 / ha para otros tipos. En la mayoría de los casos, el contrato especificó que la eliminación de árboles de toda el área forestal de la comunidad (incluso fuera del área para la cual se realizaban los pagos) constituía una violación al contrato y subsiguiente falta de pago. Los contratos fueron evaluados y renovados sobre una base anual según el cumplimiento del contrato el año anterior (Alix-García *et al.* 2009).

El seguimiento debía realizarse en una muestra aleatoria de participantes, utilizando imágenes satélites. Los criterios para seleccionar propiedades fueron tres: 1)

aquellas con bosques con más del 80% de densidad (es decir, hectáreas con más del 80% de cobertura arbórea), 2) aquellas ubicadas en acuíferos sobreexplotados, y 3) aquellas con centros de población cercanos con más de 5,000 habitantes (Alix-García *et al.* 2009).

El hecho de que había un solo técnico, para analizar las imágenes de satélite resultó en la eliminación del criterio de densidad de bosque a favor de la cobertura forestal, lo que significa que solo las propiedades que tenían más del 80% cubierto con bosque fueron seleccionados. Esto resultó en la selección de propiedades mucho más grandes, y con menor densidad de población y probablemente una menor probabilidad de deforestación que si se hubiera utilizado el criterio de densidad de bosque del 80%.

En regiones donde no se compraron imágenes no se permitió el programa. Además, si las propiedades no estaban geo-referenciadas, no podrían recibir pagos ya que colocarlos en una imagen de satélite sería imposible.

A principios de 2004, se agregaron dos criterios de selección importantes como resultado de un cambio interno de responsabilidades dentro de CONAFOR. Un pedazo de tierra podría estar en un Área Nacional Protegida o en una "Montaña Prioritaria" y recibir la misma prioridad que una propiedad en una cuenca hidrográfica sobreexplotada. El programa también fue administrado por CONAFOR, y se enfoca en el agua, protección- producción, captura de carbono y biodiversidad en 60 montañas en todo el país (Alatorre-Troncoso, 2014).

### **2.5.2 Estadísticas de la implementación**

En el año 2003, las solicitudes para el programa se recibieron de 25 estados, pero sólo 15 fueron favorecidos con contratos de PSA, con casi 127,000 hectáreas inscritas. Algunos estados como Oaxaca, Durango y Veracruz obtuvieron una gran parte del presupuesto (43%). Los estados con el menor número de hectáreas inscritas fueron el Distrito Federal, Nuevo León, Baja California Sur y Nayarit (INE, 2004).

Durante el primer año de operación, 2003, los ejidos y las comunidades representaron el 47% de los contratos, para el 93% del área contratada. El tamaño promedio de los ejidos participantes fue de 3,961 hectáreas. La cantidad media de hectáreas inscritas en el programa es 466, el 2.8% del total de hectáreas en la muestra son bosques lluviosos. El 75% de la tierra en los ejidos participantes se considera propiedad común. De 23 propiedades comunes que reciben pagos, 15 (65%) habían experimentado deforestación en el período 1994-2000. La tasa anual promedio de pérdida de bosques entre aquellos con deforestación positiva fue del 1.5%. 63% de los participantes cosechaban madera para la venta, y dentro de estos ejidos, el 74% había reportado tala ilegal en sus propiedades. En algunos de estos ejidos, los volúmenes legales de producción superan los 32,000 metros cúbicos, mucho más allá de la media nacional de 4.546 metros cúbicos por año (INE,2004). De acuerdo con esta información, los pagos no fueron a áreas donde los acuíferos estaban sobreexplotados. Esencialmente, ninguna hectárea bajo PSA es de bosques con acuíferos que califiquen como extremadamente o muy sobreexplotados. 78 y 85% de las hectáreas de PSA, en 2003 y 2004, respectivamente, se encuentran en acuíferos que no están sobreexplotados, y el resto de las hectáreas en acuíferos califican como moderadamente sobreexplotados (Alix-García *et al.* 2010).

Curiosamente, aunque se eliminó la marginalidad, como criterio de selección, la mayoría de las hectáreas inscritas 71.9% en 2003 y 82.9% en 2004 están ubicadas en áreas con alta o muy alta marginalidad. Es importante enfatizar el hecho de que el 60% de los bosques en México está en manos de ejidos y comunidades, y dentro de este grupo, el 86.3% del bosque está ubicado en comunidades con una marginalidad alta o muy alta (Alix-García *et al.* 2010).

Como parte de la estrategia para la promoción de mecanismos de PSA en México, el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional Forestal emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) a partir de 2003, y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el

Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA) desde el año 2004. A partir de 2006, los dos programas se fusionaron bajo un sólo concepto denominado Servicios Ambientales que ahora forma parte de ProÁrbol. A partir del año 2007 el presupuesto destinado al Programa de Pago por Servicios Ambientales se incrementó cinco veces. En el periodo 2003-2010, la CONAFOR asignó 5 289 millones de pesos bajo el esquema de Servicios Ambientales para la ejecución de 4 646 proyectos de conservación, en una superficie de 2 767000 hectáreas. También apoyó la elaboración de 760 documentos para proyectos (2004 a 2009) con una inversión adicional de 85 millones de pesos, beneficiando así a más de 5 400 ejidos, comunidades y pequeños propietarios en todo el país (CONAFOR, 2010).

La CONAFOR opera su estrategia de pagos por servicios ambientales a través de diferentes políticas y esquemas: I) El Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales, II) el Fondo Patrimonial de Biodiversidad y III) la creación de mecanismos locales de pagos por servicios ambientales a través de fondos concurrentes; el Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales, a través de este programa se ofrecen apoyos para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas forestales. El concepto de apoyo denominado Servicios Ambientales considera dos modalidades: servicios ambientales hidrológicos y conservación de la biodiversidad, ambas modalidades están basadas en compensaciones económicas a los dueños de los terrenos forestales, y se crearon con el objetivo de mantener ciertas condiciones de los ecosistemas que favorecen la generación de diversos servicios ambientales, para lo cual se crea un contrato entre el dueño de la tierra y la CONAFOR en donde los primeros aceptan mantener la cobertura forestal o realizar prácticas para conservar los ecosistemas naturales del predio, y la CONAFOR se compromete a pagar una compensación fija por hectárea durante un periodo de cinco años. Al convertirse en beneficiarios de los programas de pago por servicios ambientales, los dueños de las tierras aceptan evitar el cambio de uso de suelo, y son motivados a realizar actividades de vigilancia en las áreas bajo pago, con la finalidad de evitar la tala ilegal, cacería desregulada, incendios forestales, así como otras actividades nocivas para los

ecosistemas. Las actividades de monitoreo corren por cuenta de la CONAFOR y permiten la continuidad de los pagos (CONAFOR, 2018).

### **2.5.3 PSA-CABSA**

Inició en 2004 con un presupuesto fiscal de \$10 millones de USD, luego se le asignaron anualmente, alrededor de \$30 millones USD . Se buscó construir capacidades en los proveedores de SA para vincularlos a los mercados internacionales de biodiversidad y carbono forestal. Los pagos son por 5 años. El monitoreo es realizado a través de verificaciones de campo. Se priorizan ecosistemas con buen grado de conservación y regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad (ANP, AICAS, RTP, RAMSAR) (CONAFOR, 2010).

### **2.5.4 Fondo Patrimonial de Biodiversidad**

Se constituyó con el objeto de generar un esquema de financiamiento de largo plazo que permita la conservación de ecosistemas forestales que albergan biodiversidad de importancia global. Este fondo inició con un capital semilla de 10 millones de dólares, provenientes en partes iguales del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y del Gobierno de México a través de la CONAFOR. En el año 2011 se incrementa con 10 millones de dólares más, en la misma proporción. Este innovador esquema sólo utilizará los intereses generados por el capital para realizar pagos por servicios ambientales (PSA) en las áreas elegibles identificadas con un enfoque regional y con énfasis en corredores biológicos. El fondo actuará a través de paquetes de inversión por cada área elegible regional, buscando que sea detonante para incentivar mayor inversión de otras fuentes privadas o públicas en la misma área, con fines de conservación. Los recursos del Fondo Patrimonial de Biodiversidad serán asignados a través de un comité técnico, el cual ha sido conformado tanto por instituciones del sector público como por organizaciones del sector privado, con amplia experiencia en el tema de conservación de biodiversidad (CONAFOR, 2010).

### ***2.5.5 Creación de mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes***

A pesar de que la CONAFOR ha pagado desde el año 2003 por los servicios ambientales que generan los terrenos forestales de México, los recursos federales son finitos y no sería posible cubrir la totalidad del país. Por ello, se promueve la creación de mecanismos locales de pago por servicios ambientales, los cuales son arreglos institucionales que permiten transferir recursos de los usuarios de un servicio ambiental a los dueños de la tierra en donde se genera dicho servicio, con la finalidad de que se adopten prácticas de manejo sustentable del territorio que permitan mantener o mejorar su provisión. La estrategia de mecanismos locales de la CONAFOR obedece a una visión de cuenca hidrológica y/o corredores biológicos, y de áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas forestales. La CONAFOR apoya a los usuarios de servicios ambientales a que se involucren en estos mecanismos locales, a través del esquema de financiamiento llamado fondos concurrentes, mediante el cual se convoca a los usuarios de servicios ambientales (gobiernos estatales, municipales, empresas y las organizaciones de la sociedad civil) a que realicen aportaciones financieras que se destinan a actividades de buen manejo para la conservación y restauración de ecosistemas forestales (CONAFOR, 2016).

El esquema es temporal y la CONAFOR aporta hasta el 50% sobre el monto necesario para establecer un acuerdo de pago por servicios ambientales en periodos no menores a cinco años y no mayores a 15 años. Este novedoso esquema de financiamiento comenzó en el año 2008 y ha permitido la colaboración con quince organizaciones de la sociedad civil, dos organismos operadores de agua, la Comisión Nacional del Agua, cuatro gobiernos estatales, cuatro municipios y un organismo público descentralizado intermunicipal, fortaleciendo capacidades locales que han permitido apoyar la conservación de los bosques de México y el desarrollo de sus habitantes (CONAFOR, 2016).

### **2.5.6 Distribución de Pagos**

De esta forma se distribuyeron los pagos recibidos dentro de las comunidades. El uso de los pagos de 2003 varió de distribuir 100% igualmente entre todos los miembros, a invertir todo el dinero en bienes públicos para la comunidad, con muchos casos intermedios donde la asignación incluía una combinación de la distribución directa de pagos y la inversión en bienes públicos locales. El 18% de los ejidos decidieron distribuir todos los pagos directamente entre los miembros del ejido, 22% invirtió la totalidad en actividades forestales relacionadas con la conservación, el 18% asignó el importe total a bienes públicos no relacionados con la silvicultura, mientras que el 42% restante adoptó una combinación de las tres estrategias (Alix-García *et al.* 2010).

### **2.5.7 Experiencias**

A la hora de diseñar este tipo de programas es necesario establecer objetivos claros y criterios, antes de que las actividades promocionales tengan lugar. En el caso de México, la gira nacional para promocionar el nuevo programa, causó confusión con respecto al propósito, las reglas y mecanismos del programa. Esto resultó en una sobreabundancia de aplicaciones no calificadas, que meramente agudizó las limitaciones de personal y tiempo de CONAFOR. Criterios claramente definidos y los objetivos también podrían haber ayudado a minimizar los problemas que ocurrieron durante la fase de implementación y aumentar la transparencia del programa (Alix-García *et al.* 2009).

Los estudios de casos y las estadísticas con respecto al riesgo de deforestación muestran, que gran parte del bosque actualmente bajo contrato es probable que tenga un muy bajo CO, es decir, uno no tendría que pagar mucho para compensar la pérdida de ingresos de las actividades que se llevan a cabo en estos bosques (Alix-García *et al.* 2009).

El programa de PSA de México fue diseñado con los objetivos de conservar la biodiversidad y los SA de México, también mitigar la pobreza, al proporcionar ingresos alternativos a las personas pobres, sin embargo, el análisis de brecha

realizado, muestra que hay áreas en este país megadiverso que son en gran medida importantes para cumplir ambos objetivos y no están siendo objeto del régimen de PSA (Alatorre-Troncoso, 2014).

Para predecir qué tan efectivos pueden ser los pagos para reducir la deforestación, es interesante considerar la distribución de los pagos según el predicho riesgo de deforestación. La mayoría de las áreas participantes son bosques que tienen índices de riesgo de deforestación bajos y muy bajos, lo que sugiere que se habría conservado incluso en ausencia del programa (Alix-García *et al.* 2009). Con respecto a este tema es importante destacar que casi todos los estudios de PSA son dirigidos a deforestación. Es alarmante la falta de estudios sobre el impacto de PSA en degradación. La mayoría de los pagos de PSA parecen haber sido gastados en lugares con pocos riesgos de deforestación, por lo tanto, teniendo un dudoso efecto de adicionalidad (Alix-García-García *et al.* 2012; García-Amado *et al.* 2011).

El análisis de los datos mostró que los pagos tal como fueron distribuidos en 2003 y 2004 no necesariamente alcanzaron los objetivos del programa; fueron asignados en gran parte a hectáreas de tierra que no estaban dentro de las cuencas hidrográficas críticas. Pero también, dentro de un ejido, eligieron áreas aisladas, no las áreas amenazadas, posiblemente las mejores conservadas y de difícil accesibilidad. Los pagos son tan fragmentados en su distribución que es poco probable que proporcionen servicios a proveedores de agua aguas abajo. Además, no fueron dirigidos a bosques que estaban en riesgo de perderse. Los estudios de caso mostraron que había poca presión para deforestar en las comunidades elegidas para recibir pagos y que, como resultado, hubo muy pocos cambios de comportamiento inducidos por los pagos del programa. Un efecto fortuito de la focalización fue que la mayoría de los pagos fue a los propietarios de bosques y pobres. La calibración de los pagos debe tener en cuenta el hecho de que los bosques con mayor riesgo de deforestación, es decir, con un mayor CO, requerirá pagos más grandes. La conclusión lógica es que los pagos deben ser diferenciados

de acuerdo con el nivel de riesgo asociado con un bosque dado (Alix-García *et al.* 2009).

## **2.6 EL COSTO DE OPORTUNIDAD**

En la ciencia económica el concepto de CO es esencial y viene dado por el hecho de que, como regla, todos los recursos son escasos y tienen un uso alternativo al que se le da, puesto que de cualquier recurso nunca se tiene tanto como se necesita para hacer todo lo deseado, y por tanto siempre hay que elegir. En consecuencia, cuando se decide el destino de un determinado recurso material, tecnológico o laboral, financiero o incluso del tiempo (algo que casi siempre se olvida) se está renunciando a emplearlo en otra actividad donde también pudiera generar un determinado efecto útil, igual o superior. El efecto útil al que se renuncia, al utilizarlo en una cosa y no en otra, es el CO de la decisión tomada en lo que a ese recurso respecta (González-Jordán, 2001).

El CO se asocia a una famosa controversia de principio del siglo pasado, donde los economistas ingleses discípulos de Marshall se oponían a los economistas continentales de la Escuela Austríaca a la cabeza de los cuales se encontraba Friedrich Von Wieser con su Teoría del Coste Alternativo o de oportunidad en los siguientes puntos:

- Para los ingleses, el coste era un concepto técnico, el gasto necesario para producir algo.
- Para los austríacos, el coste era resultado de la demanda, puesto que esta fijaría el nivel de producción, dependiendo de la disposición de los compradores a pagar ese coste. La demanda, dependiente de la acción de los compradores, sería la utilidad, no la técnica que dota de coste a las cosas. En este contexto, el concepto de coste de oportunidad neoaustriaco pretende arruinar el concepto tecnológico de coste de los ingleses. El coste de oportunidad sería al que renuncia el comprador, en términos de disposición, aceptando pagar el coste de la opción elegida (Wieser, 1914).

Aunque el CO puede ser difícil de cuantificar, su efecto es universal y muy real a nivel individual. De hecho, este principio se aplica a todas las decisiones, no sólo las económicas. Gracias a la labor del economista austriaco Friedrich von Wieser, el CO se ha visto como el fundamento de la teoría marginal del valor (Case y Fair, 1997).

El CO se entiende como el costo en que se incurre al tomar una decisión y no otra. Es el valor o utilidad que se sacrifica por elegir una alternativa y desprestigiar otra. Tomar un camino significa que se renuncia al beneficio que ofrece el camino descartado (González- Jordán, 2001).

En toda decisión que se tome hay una renunciación implícita a la utilidad o beneficios que se hubieran podido obtener si se hubiera tomado cualquier otra. Para cada situación siempre hay más de una forma de abordarla, y cada forma ofrece una utilidad mayor o menor que las otras, por consiguiente, siempre que se tome una u otra decisión, se habrá renunciado a las oportunidades y posibilidades que ofrecían las otras, que bien pueden ser mejores o peores (CO mayor o menor) (Brealey y Myers, 1993). Hay que tener en cuenta que el CO no es la suma de las alternativas disponibles, sino más bien el beneficio de la única alternativa mejor.

El CO se refleja como utilidad dejada de obtener, es decir se refiere a la utilidad a la que se renuncia al decidir por una actividad y no por otras de similar riesgo donde se pudiera alcanzar también un determinado resultado. Siempre hay que tener en cuenta la utilidad alternativa que pudiera haberse obtenido (González-Jordán, 2001). Es el valor o utilidad que se sacrifica por elegir una alternativa y desprestigiar otra. Tomar un camino significa que se renuncia al beneficio que ofrece el camino descartado" (González-Jordán, 2001).

Luego de analizar todas estas ideas se concluye que lo que de forma sistemática no genere utilidades suficientes en una magnitud cercana al CO, está causando pérdidas, disminuyendo su valor en forma acelerada, dejando de ser interesante y por lo general se somete a transformaciones.

En otras palabras, es el valor monetario de los productos no percibidos si el agricultor o comunidad decide colocar las tierras bajo conservación. Detener la

degradación forestal, depende, actualmente, de la creación de actividades alternativas, que normalmente implican menos ingresos monetarios al agricultor o comunidad.

El reconocimiento de esta situación ha dinamizado en el último tiempo la realización de varios estudios económicos sobre cambios en el uso de la tierra que intentan entregar antecedentes sobre el tema. Ellos ilustran principalmente sobre situaciones particulares, a nivel local o regional y que son representativas de sólo parte del panorama forestal de la región. Pero, más importante, las aproximaciones utilizadas para llevar a cabo esos análisis, parecen diferir en sus metodologías y/o enfoques, lo que nos muestra un amplio espectro de posibles caminos a seguir en el tema y detectar qué falta por hacer.

Si no se toma en cuenta el costo de oportunidad a la hora de diseñar una alternativa de conservación, se pasa por alto la forma de pensar del dueño de la tierra que es la más importante porque en sus manos está la decisión de incorporarse o no a este tipo de alternativas.

Entonces, en teoría es crucial tener en cuenta el CO para diseñar cualquier incentivo económico que pretenda propiciar la conservación del bosque, toda propuesta que sea mucho menor al CO no será tomada en cuenta, sin embargo, un incentivo que iguale o esté ligeramente por debajo del CO será muy valorado porque se tendría un beneficio eliminando el riesgo que implica cualquier actividad productiva. Por lo que el CO es una variable fundamental en una transacción de este tipo.

En esta tesis, definimos los costos de oportunidad en términos del costo en el que incurre el tenedor de un recurso (en este caso, el campesino posesionario de su parcela o pedazo de monte) al decidir no realizar alguna actividad productiva para optar por la alternativa de conservación que propone un Pago por Servicios Ambientales (PSA), como ya se explicó en el capítulo 1.

## **2.7 EVIDENCIA BIBLIOGRÁFICA DE QUE EL CO INFLUYE EN EL ÉXITO DE PSA**

Ramírez (2006), realizó un estudio de viabilidad económica de los PSA en el caso del acueducto regional del Táchira, Venezuela. Se calculó el CO apoyándose en un modelo econométrico, el cual buscaba una explicación económica de la disponibilidad de estos granjeros a cambiar el uso de la tierra dado un PSA, que compensaría o mejoraría su situación actual. Se determinó que la disposición a cambiar el uso de la tierra dado un PSA era el resultado de los bajos rendimientos económicos de las fincas, entre otros.

Martínez y Kosoy, (2007) analizaron la relación entre el PSA y la pobreza en una comunidad rural en Honduras, establecieron el impacto del PSA en la economía de los usuarios de servicios ambientales, así como el grado de cumplimiento de las condiciones del mercado. Encontraron que el PSA no cubre el CO de la tierra, y que su incremento tendrá efectos negativos en la economía de los usuarios. El PSA es bajo en comparación con los costos de oportunidad de los proveedores al cambiar sus prácticas.

El PSA en México contempló el CO de una ha de maíz de baja producción, pero esto no es realista sobre todo para áreas, dónde, “nos dedicamos a la ganadería porque da más ganancias y lleva menos trabajo” “el maíz ya sólo lo producimos para la casa nadie quiere comprarlo y si no, lo quieren regalado” (Margarito González, 2015).

Borrego y Skutsch (2014), presentaron los resultados de un estudio en el que los costos de oportunidad se estimaron en 30 comunidades en los bosques tropicales secos en Jalisco, oeste de México. Se centraron en los costos de oportunidad de las actividades que causan la degradación del bosque, ya que se conoce poco sobre los aspectos económicos de la degradación con respecto a la deforestación. Tuvieron en cuenta tanto, los rendimientos netos para cada actividad, como los costos de oportunidad del uso alternativo de la tierra, estratificada por tamaño de área en explotación de los bosques y por la condición de la propiedad. Concluyendo

que las principales implicaciones para el diseño de un sistema de pagos de REDD+ son: (1) como mínimo, los pagos por carbono tendrían que ser más altos que el subsidio que paga actualmente el gobierno para el uso maíz/pastoreo (sobre los programas PROCAMPO/PROGAN), (2) Las consecuencias sociales de que la conservación de carbono sea más rentable que el uso actual también tienen que ser consideradas, porque muchas parcelas son alquiladas por los propietarios a campesinos que no poseen tierras. Los pagos de carbono sin duda serán pagados a los propietarios, en lugar de los inquilinos de las tierras, lo que significa que algunos de los grupos económicamente más vulnerables dentro de las comunidades quedarían excluidos.

Ibarra *et al.* (2011) evaluaron los impactos de los PSA y de la creación de Áreas de Conservación Voluntaria (ACVs) formales, sobre la dieta local, prácticas agrícolas, cacería de subsistencia y sustento local de una comunidad chinanteca del sur de México. La comunidad ha asignado 4 300 ha de sus 5 928 de tierras comunitarias y bosques a ACVs, y ha recibido más de \$769 245 en PSA por la protección de 2 822 ha de cuencas que se traslapan con las ACVs. Miembros de la comunidad atribuyen disminuciones en la producción de maíz y otros cultivos de subsistencia, una reducción del área disponible para agricultura y un acortamiento del período de descanso de las tierras agrícolas, a las nuevas políticas de conservación. La continuidad de medidas de preservación estrictas, bajo la apariencia de una conservación comunitaria, podrían llevar a pérdidas de agrobiodiversidad, diversidad dietaria, habilidades de caza y el conocimiento ambiental asociado.

Luego de haber explicado con cierto detalle cómo funciona el PSA, pasamos al siguiente capítulo dónde se aborda el tema del CO y los componentes que influyen en su variación.

## **CAPÍTULO 3 COMPONENTES QUE INFLUYEN EN EL CO**

El CO de la conservación ambiental frente a actividades que causan deforestación y degradación, tiene tres componentes que es necesario tener en cuenta, por su importancia e influencia en la variación del CO. Estos componentes están muy relacionados entre sí y fundamentan la toma de decisiones de las personas.

### **3.1 COMPONENTES ECONÓMICOS**

En términos económicos, el CO de la tierra se compone de la diferencia entre un uso actual y otro uso hipotético o futuro. En nuestro caso, se trata del uso actual (para ganadería o agricultura por roza-tumba-quema RTQ) y la conservación, sobre un régimen de PSA. Para calcular los CO, es necesario estimar la utilidad del uso actual de un terreno dado, para compararlo con la utilidad del mismo terreno en el caso de PSA. La utilidad del uso actual es la diferencia entre los gastos y los ingresos de la producción y se puede expresar por hectárea, o por unidad de producción (toneladas de maíz o carne), en general.

#### **3.1.1 Gastos e Ingresos**

##### **Gastos**

Gasto es la utilización o consumo, de un bien o servicio, a cambio de una contraprestación, se suele realizar mediante una cantidad saliente de dinero. Es decir, cuando tenemos un gasto, lo que hacemos es realizar una transacción enviando dinero a cambio de recibir, un bien o servicio. Por ejemplo, comprar comida. Cuando realizamos un gasto, se produce una salida de dinero con la que obtenemos, un bien o servicio. Sin embargo, esa salida de dinero no tiene por qué producirse en ese momento, ya que podemos gastar algo y pagarlo después o al contrario (Parkin,2006).

##### **Diferencia entre gasto y otros términos**

En multitud de ocasiones, se confunde con los términos pagos, compras o inversión, y dependiendo en qué contexto lo hagamos (contable, fiscal, financiero, real) puede

tener un sentido diferente. Lo que distingue fundamentalmente a un gasto de una pérdida es precisamente la contraprestación, ya que en el caso de las pérdidas no obtenemos nada a cambio de la salida de dinero, pero sí perdemos dinero o dejamos de recibirlo, mientras que con el gasto recibimos algo a cambio.

Así pues, a veces también se confunde con el término pago. Un pago es el abono de una cantidad de dinero destinada a extinguir una obligación. Mientras que el gasto es voluntario, ya que podemos consumir o no, el pago es aquella cantidad de dinero que va a sufragar una obligación. Además, el término inversión es la puesta en práctica de todos aquellos recursos con los que se espera la obtención de una utilidad, beneficios e ingresos, mientras que de un gasto sólo puede esperarse una contraprestación y el consumo de esta. En una compra, consideraremos gasto aquella parte de la compra (o mercancía) que va destinada al consumo, mientras que el resto se considera un activo, es decir, inversión (Baca, 2013)

### **Gastos en el caso de estudio**

En el caso de esta investigación, los campesinos que conforman la muestra estudiada incurren en gastos para realizar sus actividades productivas, en cada actividad, sus gastos son diferentes y garantizan que la misma se pueda desarrollar.

| <b>Actividad</b>   | <b>Gastos</b>   |
|--------------------|---|
| <b>Agricultura</b> | Jornales<br>Riego<br>Maquinaria<br>Herbicidas<br>Fertilizantes                  |
| <b>Ganadería</b>   | Alimento<br>Sal mineralizada<br>Vacunas<br>Aretes<br>Exámenes<br>Garrapaticidas |

|  |                 |
|--|-----------------|
|  | Desparasitantes |
|--|-----------------|

Tabla 3.1. Gastos por actividad productiva.

Esperaríamos que los gastos relacionados con la agricultura varíen según el área total de tierra cultivada (por esta razón, se les estiman por hectárea) y normalmente la intensidad del cultivo (bajo ingreso - alto ingreso), la calidad del suelo (fertilidad, susceptibilidad a las plagas) que puede determinar la cantidad de gastos requeridos, y el carácter de la tierra (por ejemplo, la pendiente, que puede determinar qué tecnología se usa en el cultivo), o la disponibilidad de agua.

Para el caso de gastos relacionados con la ganadería, ciertamente esperamos que los gastos varíen según la cantidad de ganado en el hato (por lo que a menudo se calculan por cabeza de ganado), pero también con la forma en que se manejan, en particular la forma en que se organiza la alimentación. En el área de estudio, el ganado generalmente se alimenta en establos durante la temporada de cultivo, lo que implica el costo del forraje, pero hacen el pastoreo afuera en otras épocas del año. Algunos ganaderos liberan a su ganado en los bosques comunes, pero otros han desarrollado pastos permanentes al despejar el bosque antes, y esto puede afectar los costos involucrados. Estos serán más altos para el caso de los pastos permanentes, ya que se les debe mantener (limpiar de nuevo crecimiento de árboles) regularmente. Tanto para la agricultura como para la ganadería, la accesibilidad del sitio de producción implica un costo, y en general se esperaría que los sitios que están más cerca de las carreteras conllevarían menores costos de producción.

### **Ingresos**

Entendemos por ingresos a todas las ganancias que se suman al conjunto total del presupuesto de una entidad, ya sea pública o privada, individual o grupal. En términos generales, los ingresos son los elementos tanto monetarios como no monetarios que se acumulan y que generan como consecuencia un círculo de consumo-ganancia. También se puede considerar como ingreso toda transferencia

que reciban los agentes económicos, tales como subsidios, donaciones y otras (Salas, 2018).

En este estudio los campesinos reciben un ingreso de las actividades que realizan, que es igual al precio del producto que venden multiplicado por la cantidad que venden, es decir los agricultores perciben un ingreso que está compuesto por la cantidad de maíz que comercializan, por el precio de este, durante una cosecha. Los ganaderos tienen como ingreso la cantidad de kilogramos de carne que venden, multiplicado por el precio del kilogramo de carne en un año.

Tanto para la agricultura como para la ganadería, esperamos que los ingresos totales sean mayores, cuanto mayor sea la unidad productiva, por lo que generalmente se les expresan por hectárea o por tonelada producida. Además, esperaríamos mayores ingresos en áreas que son más fértiles, ya que los niveles de producción deberían ser más altos en estas áreas: más maíz por hectárea, más kilos de carne por hectárea en un período de tiempo determinado.

Sin embargo, el precio de venta (por tonelada de maíz, por kilo de carne) sería fijado por el mercado y no variaría según la manera producción o el lugar de producción, dentro del área de estudio. Lo mismo ocurre con los gastos de la unidad (costo por tonelada de forraje, costo por dosis de vacío); estos son también fijos.

### **3.1.2 Autoconsumo**

También es importante el autoconsumo debido a que si bien no es un ingreso es un gasto en el que no se incurre. Sobre todo, está presente en la agricultura. El autoconsumo se aplica fundamentalmente a la parte de la producción agrícola que no está destinada al mercado, sino que es utilizada por los habitantes del lugar para satisfacer sus necesidades personales. En líneas generales, el autoconsumo designa toda producción o servicio no vendido y utilizado directamente por el productor

Es la parte de una cosecha previamente separada con el fin de satisfacer las necesidades de los propios agricultores. Así, el agricultor ahorra el costo de distribución que debería haber pagado en el caso de vender la totalidad de la

cosecha, y compensa lo necesario para su consumo. Esta forma de autoconsumo presenta el inconveniente de una alimentación menos variada que la de los habitantes de las ciudades, y también de menor calidad. Otro caso de autoconsumo consiste en cultivar productos especialmente destinados al consumo en el lugar (huerta, pequeña producción de aves, etc.). El tercer tipo corresponde a lo que ciertos economistas denominan autoconsumo forzado, y se aplica a los campesinos que no lograron vender sus productos, ni siquiera a bajo precio, y que se ven obligados a consumirlos más allá de sus necesidades (Salas, 2018).

### **3.1.3 Utilidad**

Si a los ingresos que recibe un campesino, derivados de la actividad que realiza, se le restan los gastos en los que tuvo que incurrir para llevar a cabo dicha actividad, se obtiene la utilidad que genera de desarrollar esta actividad.

Siguiendo las explicaciones dadas anteriormente, está claro que la utilidad variará según (1) el tamaño del establecimiento, aunque esto puede descontarse al menos en cierta medida expresándolo por hectárea o por tonelada de producción, (2) de la manera de manejo, particularmente para el caso de ganadería (uso de pastos permanentes o bosques comunes) y (3) por la calidad y el carácter de la tierra en sí (Baca, 2013).

### **3.1.4 Costo de oportunidad**

A la utilidad se le sustrae el (PSA) que se otorga y se obtiene el CO al que se enfrenta un campesino al escoger una alternativa de conservación frente a las actividades que desarrolla actualmente.

En el caso que estudiamos el monto ha/año es el más bajo \$382, por la zona elegible, ecosistema selva baja caducifolia (CONAFOR, 2019).

**Ingresos–Gastos=Utilidad**

**Utilidad–PSA=CO**

El CO puede variar de acuerdo con los ingresos y a los gastos de una persona, debido a que están basados en los precios de los insumos y los productos y sobre todo en la escala a la que se realiza la actividad productiva. Sin embargo, como se muestra arriba, los gastos y los ingresos de cualquier campesino individual varían debido al tamaño y los métodos de gestión aplicados, y debido a las variaciones en la calidad de la tierra que se manifiestan a través del paisaje, es decir, necesitan ser analizados por medio de un componente espacial. Los tamaños y aspectos de manejo (que se consideran factores sociales) se presentan en la sección 3.2 y el componente espacial se presenta en la sección 3.3.

### **3.2 COMPONENTES SOCIALES**

Nos parece interesante que en la literatura que describe la región no se encontró mucho sobre cómo influían las diferencias entre grupos de personas con determinadas características socioeconómicas y en su potencial impacto en la deforestación/degradación. Esto es bastante sorprendente, dado que es muy probable que tanto los medios como la motivación para la deforestación dependan del tipo de actividad para sustento, que un individuo o una familia lleva a cabo. En esta tesis, abordamos esta cuestión en términos del 'tipo' de campesino, donde por 'tipo' nos referimos a la actividad primaria (cultivo o cría de ganado) y al tamaño del sistema que cada individuo lleva a cabo. Lo que vamos a probar es si estas características, influyen o no en su motivación a deforestar y a degradar, debido a sus propios CO, lo cual sería un tópico muy interesante de investigar, debido a que para el diseño de las políticas de conservación es crucial conocer cuál es el público potencial al que se deben dirigir. Sería posible usar otros términos para 'tipos de campesinos', como 'tipo de unidad de producción' o 'tipo de productor' pero el término 'tipos de campesino' tiene resonancia con otros estudios implementados en el área de investigación y que han sido de mucha influencia en el estudio presente (Gerritsen, 2004).

### **3.2 .1 Tipos de campesinos**

Hay varias maneras de clasificar a los campesinos. La categorización que utilizamos aquí está basada en Gerritsen, (2004), que ha trabajado en esta misma región y conoce bien la situación socioeconómica. Su clasificación incorpora no solo la actividad más importante del productor, sino también la escala a la que realizan sus actividades. Para esta investigación se agregó un tipo de campesino, debido a que se encontró en el área de estudio y de esta forma se representa de manera más exhaustiva la realidad de la zona de estudio.

- **Los agricultores**, por lo general poseen pocas hectáreas de parcelas de riego o de temporal que cultivan de maíz para autoconsumo o de pasto que después venden a otros campesinos que tienen ganado.
- **Los agricultores con poco ganado**, estos campesinos también siembran maíz para su autoconsumo, pero a diferencia de los anteriores dedican parte de su tiempo a la ganadería y dentro de sus cultivos se encuentra el pasto que sirve de alimento a su ganado que es muy poco y por lo general es utilizado para cubrir algún gasto que se presente. “Los bienes son para remediar los males” como ellos expresan.
- **Los ganaderos**, tienen hatos de ganado con más de 20 cabezas y se dedican exclusivamente a esta actividad, invierten en insumos y sus ganancias son a corto plazo y mayores que la de los agricultores con poco ganado. Para ampliar la caracterización de este grupo hecha originalmente por Gerritsen, distinguimos en este estudio entre los que pastan su ganado en bosques comunales, abiertos, y aquellos que pastan el ganado en pastos permanentes privados que han sido inducidos dentro de los bosques.

También hay un grupo de **grandes agricultores**, realizando a gran escala la actividad agrícola, que están involucrados generalmente en actividades industriales como la azucarera, con gran utilidad. Sin embargo, este grupo se ha quedado afuera del análisis, porque en esta área, despejaron el bosque para la producción hace muchas décadas, y no hay expansión de granjas de este tipo, ya que están ubicadas en un terreno llano y nivelado del que ya no hay disponibilidad. Por lo tanto, la

probabilidad de una mayor deforestación y degradación debido a este tipo de actividad es mínima; además, se sabe que su nivel de beneficios está muy por encima de lo que podría compensarse con la tasa actual de PSA, por lo que no existe posibilidad de que este programa pueda atraerlos para que sus tierras vuelvan a la cubierta forestal.

Es claro que el componente social es muy importante e influye en la variación que tiene el CO de la conservación ambiental frente a actividades.

### **3.3 COMPONENTES ESPACIALES**

Además de los componentes económicos y sociales que influyen en el CO, existen componentes espaciales que influyen fuertemente en él, como ya he explicado brevemente arriba.

En la literatura, la especialización de los costos de oportunidad de paisajes en transición suele integrar las probabilidades de conversión ponderadas, usando información geográfica y de esa manera estimar los costos de planes de conservación. En este estudio seguiremos una metodología similar para ver si es posible predecir la distribución y variación espacial de los costos de oportunidad por factores como características físicas del terreno y accesibilidad. La idea es establecer la probabilidad de deforestación o degradación utilizando un modelo (COSTOPFOR) que calcula el grado de atracción de cada parte de la tierra para la agricultura y la ganadería, es decir, que calcula la probabilidad de que cada área sea deforestada o degradada por su aptitud para desarrollar una actividad productiva.

Luego compararemos esto con la variación espacial de la utilidad de los agricultores. Si están altamente correlacionados, significa que el modelo se puede usar para predecir el CO y en principio se podría usar para planificar un sistema de PSA más sofisticado y eficaz. La meta de esta sección es describir y justificar las variables que hemos incluido en el modelo para estimar la probabilidad de deforestación.

#### **Elementos del paisaje que influyen en el uso de suelo**

El uso del suelo está influenciado por las características de la superficie de la tierra, que aquí hemos denominado elementos del paisaje. Los elementos del paisaje que influyen sobre el uso del suelo se pueden diferenciar por su origen en: elementos naturales del paisaje y elementos antrópicos del paisaje (Shim *et al.*, 2002; Nizeyimana *et al.*, 2002; Buzai *et al.*, 2011; Kou *et al.*, 2011). Los elementos naturales del paisaje son las características de la tierra de origen natural. Los elementos naturales que se abordaron en la presente investigación son: la pendiente del terreno (como aproximación a la accesibilidad topográfica) y la altitud del terreno (como aproximación a las condiciones climáticas de temperatura del aire). Otros elementos naturales del paisaje pueden ser: la hidrología, la topografía, los grupos de suelos, entre otros elementos del paisaje siempre y cuando sean de origen natural (Nizeyimana *et al.*, 2002). Los elementos del paisaje de origen antrópico que se estudiaron en el presente proyecto de investigación son: caminos, asentamientos humanos, cultivo anual, y matorral-pastizal inducido. Todos los elementos del paisaje de origen natural y antrópico influyen en la decisión de uso del terreno para el establecimiento de zonas productivas, aunque en grados diferentes; por las relaciones espaciales que sostienen con estas últimas (Morales, 2014).

### **Relaciones espaciales que influyen en el grado de atracción del terreno para el establecimiento de zonas productivas**

La ubicación de los elementos del paisaje crea relaciones espaciales con la superficie de las zonas productivas. Las relaciones espaciales se definen por la interacción, potencial o actual, entre los elementos del paisaje y las zonas productivas. Existen varios tipos de relaciones espaciales, tales como: orientación, exposición, inclusión, coincidencia, conectividad y proximidad, entre otros, como ya está explicada arriba (Morales, 2014). Hipotéticamente, las relaciones espaciales que se crean entre las zonas productivas y la ubicación de los elementos del paisaje pueden ser de coincidencia. Relación espacial que mantienen estas zonas con los elementos naturales del paisaje a partir de la coexistencia, en tiempo y espacio,

tanto de los elementos como de las propias zonas (Ramírez, 2009; Adame, 2011; Morales, 2014). La proximidad es una relación espacial que sostienen las zonas productivas con los elementos antrópicos del paisaje a partir de la distancia, por ejemplo: distancia de los caminos a zonas agrícolas. Esta proximidad puede tener influencia en la atracción del terreno para el establecimiento de zonas agrícolas (Adame, 2011; Morales, 2014). Las relaciones espaciales que determinan la atracción del terreno para el establecimiento de zonas productivas generan en las tierras una presión de uso, condición relacionada con el uso de la tierra.

Las relaciones espaciales se usan para indicar interacciones espaciales existentes o deseables entre eventos geográficos que componen un sistema agrícola o ganadero. Los valores de estas relaciones son establecidos por la respuesta de los agricultores y los ganaderos al desarrollo y las condiciones ambientales, esbozando un tipo de óptimo local para la agricultura y la ganadería (Morales- Manilla, 2012).

Las relaciones espaciales juegan un papel importante en restringir o promover actividades económicas. Un ejemplo bien conocido es la teoría de renta de la tierra de Ricardo, donde la proximidad a los mercados es un elemento esencial. También se reconoce que la proximidad a las carreteras promueve el acceso a nuevas tierras (Barbier, 1997).

Butler (1994) señala que los costos de producción y transporte están relacionados con el grado de aspereza del terreno. Las regiones de terrenos ásperos por lo general presentan costos más altos porque necesitan insumos específicos para la producción y el transporte de un producto cualquiera. En el caso de la deforestación, los modelos económicos desarrollados sobre el tema predicen que mejores suelos y tierra con pendientes bajas o planas permiten un mayor desmonte, desde que los terratenientes prefieren deforestar las tierras más productivas (Kaimowitz y Angelsen, 1998).

Los agricultores prestan gran atención a las relaciones de proximidad, priorizando la distancia a puntos de referencia importantes tales como viviendas, caminos, puntos de agua, etc., de manera muy parecida a la de los ganaderos, que gestionan el uso de las tierras de acuerdo con la distancia que los animales deben cubrir para

alcanzar las áreas de pastoreo (Girard *et al.* 2001). Por supuesto, la proximidad es solo una de las relaciones que parece ser de importancia para los agricultores y ganaderos.

Los valores de relación para agricultores y ganaderos individuales pueden ser muy dispares, pero cuando estos valores son extraídos de la distribución espacial de las tierras de cultivo y pastoreo, emerge un patrón que muestra la relevancia de una relación, sus valores preferidos y su importancia local. Podemos usar esta información para construir un modelo de idoneidad que estima qué tan atractiva es la tierra para los agricultores y los ganaderos (Morales-Manilla, 2013).

En esta investigación las relaciones espaciales definen interacciones entre las zonas donde se desarrollan las actividades antrópicas que causan deforestación y degradación en la cuenca y algunos elementos naturales, sociales y económicos que determinan el uso del territorio para estas actividades. Las relaciones espaciales por explorar son de los siguientes tipos: *proximidad* y *coincidencia* (Morales-Manilla, 2013) porque son las que se observaron en la zona e influyen en la decisión de dar un uso determinado a la tierra. Es decir estos dos tipos de relaciones son los que en la zona se observaron, debido a las características óptimas del paisaje, que son necesarias para desarrollar las actividades agrícolas y ganaderas, la relación espacial del tipo proximidad está determinada por la distancia a caminos, a cuerpos de agua y a asentamientos humanos, que determina el desarrollo de estas actividades, en el caso de la relación espacial de tipo coincidencia, se refiere a los valores de altitud y pendiente con los que coinciden los sitios dónde se desarrollan las actividades.

En el caso de las relaciones espaciales de proximidad las variables son, la distancia a caminos, la distancia a cuerpos de agua, distancia a asentamientos humanos, de las zonas dónde se desarrollan las actividades productivas, referidas todas estas a factores socioeconómicos. Las relaciones espaciales de coincidencia se basan en factores físico-naturales y son: pendiente, altitud y tipo de suelo de las zonas dónde se realizan las actividades agrícolas o ganaderas (Morales-Manilla, 2013). Son las particularidades físicas de un territorio las que explican la concentración de las

actividades económicas y la población en ciertos lugares, una de las explicaciones es reducir los costes de producción y aumentar los beneficios, en cualquier actividad productiva que se desarrolle (Gaviria, 2010).

Las variables espaciales son las que determinan la atracción del terreno. La atracción es una cualidad que el ser humano le da al terreno. Mayor atracción es mayor posibilidad de que se desarrolle una actividad y de que tenga mayores ganancias. Si una actividad se desarrolla en un lugar con condiciones óptimas, su costo de producción bajará y generará más ganancias. Por ejemplo, un cultivo que se desarrolle en un tipo de suelo adecuado va a ser más productivo, o si se localiza cerca de un cuerpo de agua, ya no se va a gastar en riego.

Las prácticas de los agricultores locales tienden a ser óptimas dentro de las condiciones ambientales y socioeconómicas que favorecen o restringen el uso del territorio. Los valores de esas prácticas están contenidos en los patrones espaciales actuales e históricos de uso de suelo.

Si los costos de producción bajan las ganancias aumentan y, por tanto, el CO es mayor, si los campesinos tienen en cuenta las condiciones físicas del terreno para desarrollar sus actividades en lugares óptimos por sus características, entonces un modelo que predice la atracción del terreno para desarrollar ciertas actividades, puede ser un proxy a los CO. Es por esto por lo que se utiliza un modelo para predecir atracción, a mayor atracción mayor CO.

El CO está estrechamente relacionado con estas variables espaciales, debido básicamente a que valores específicos de cada una de ellas van a favorecer el óptimo desarrollo de las actividades, mientras que valores alejados, van a hacer más difícil llevar a cabo estas actividades y a aumentar sus costos. Un cultivo que crezca en un tipo de suelo adecuado va a ser más productivo que uno que crezca en un tipo de suelo que no le favorece, el rendimiento va a ser diferente y posiblemente los insumos en los que haya que invertir para que la cosecha se logre, sean muchos más, todo esto hace que el CO varíe, por tanto, se deben tener en cuenta y analizar cada una de estas variables. Por todo lo anteriormente comentado es que es necesario representar la distribución espacial del CO, su

variabilidad en el espacio, lo que aunado al análisis de las otras variables que lo componen, brindará el resultado adecuado para una toma de decisiones acertada sobre las alternativas de conservación.

### **3.4 MOTIVACIONES NO MONETARIAS PARA LA CONSERVACIÓN**

Esta investigación se enfoca en los CO a los que se enfrentan las personas, que toman la decisión de cambiar el uso de la tierra para implementar una alternativa de conservación. Pero es importante reconocer que en realidad las personas no sólo están motivadas por razones económicas, a la hora decidir conservar o no. Otros valores – como la estética, amor por la naturaleza, o tradición - pueden influir en la decisión de participar o no en un sistema de PSA. Para que los incentivos sean efectivos deben estar basados en la comprensión de las motivaciones detrás de las conductas favorables o contrarias a la conservación (Langholz *et al.* 2000).

Uphoff y Langholz (1998), proponen que las personas toman decisiones sobre el uso de las tierras, basadas en cuatro categorías de motivaciones: legalidad, utilidad, aceptación social y “altruismo ambiental”, donde la posibilidad de legado a la propia descendencia o a la comunidad juega un papel fundamental en la decisión de conservar, se relacionan con la protección de lugares naturales, la conservación de su biodiversidad y el disfrute de los valores paisajísticos.

El caso de estudio de las áreas privadas protegidas de la Décima Región, una de las 15 regiones en las que se divide la República de Chile, considerada un importante corredor biológico, concluyó que sus gestores tienen escaso conocimiento sobre el valor ecológico y social de sus iniciativas, siendo su motivación principal el “amor a la naturaleza” y el disfrute de los espacios naturales, sin esperar a cambio ningún tipo de retribución (Villarroel, 2001).

Más recientemente, los resultados de la primera convocatoria del Programa de Fomento CIPMA-FMAM en Chile, mostraron que, si bien los propietarios reconocen una combinación diversa de motivaciones, la más frecuente fue “conservar la biodiversidad” (66,4%), seguida de “amor a la naturaleza” (56,4%). Otro tanto declaró estar motivado para dejar un legado a la familia (40,3%) o a los hijos (37,6%). El

análisis mostró una alta correlación entre este tipo de motivaciones. Por otro lado, un 55,7% señaló interés en desarrollar un proyecto ecoturístico y un 13,4% declaró querer realizar una “buena inversión”, ambas respuestas también con una alta correlación. Finalmente, alrededor de un 18% declaró motivaciones diversas, entre las cuales destacaron las culturales y de educación ambiental (CIPMA-FMAM, 2000).

En el caso específico de este trabajo, las entrevistas a los ejidatarios revelaron que ellos tienen un sentido de pertenencia muy grande por sus tierras y tienen conocimiento de que en caso de que continúen avanzando procesos como la deforestación y la degradación forestal, ellos y su familia serán los afectados, “ya casi no llueve en la zona porque el cerro está pelón” (González, 2015).

Cabe mencionar que en este análisis el énfasis queda en los valores (gastos e ingresos) que pueden medirse en términos monetarios. Se reconoce que algunos valores, por ejemplo, la belleza de la naturaleza, el sentido de propiedad de la tierra, el sentido de comunidad, no pueden traducirse a términos económicos, aunque en realidad estos factores pueden influir en las decisiones tomadas por el agricultor, quien como todos los seres humanos no actúa totalmente bajo la racionalidad económica. Esta es una limitación del método seleccionado, pero se espera que no afecte el resultado del estudio.

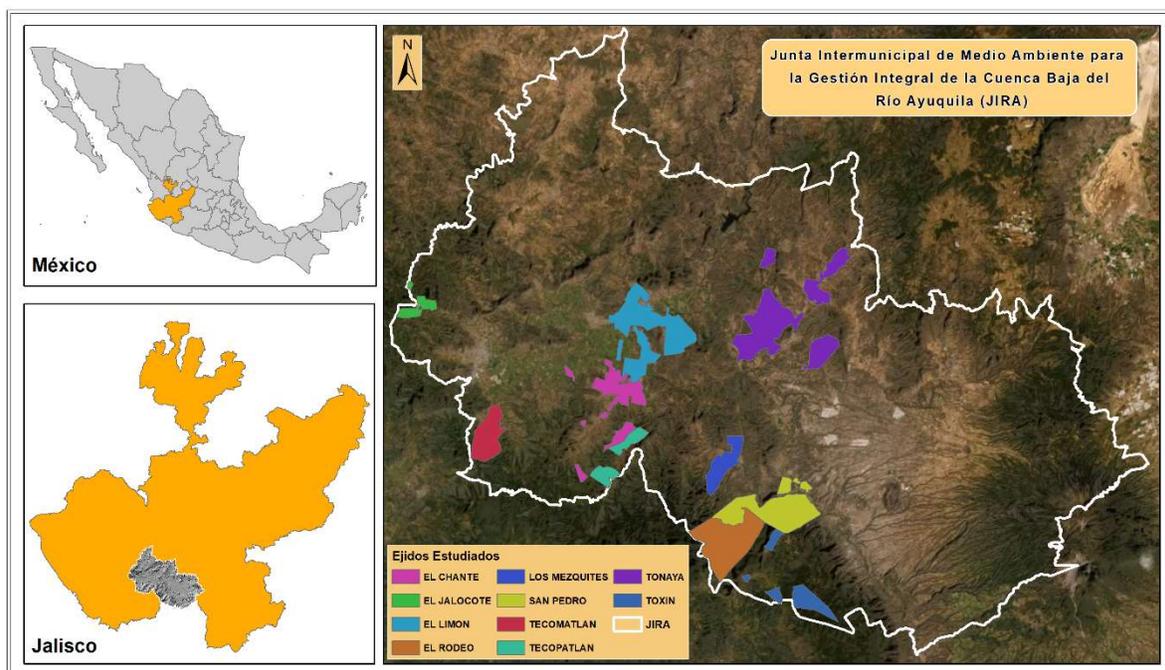
## CAPÍTULO 4 ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en 10 ejidos, pertenecientes a cinco municipios que integran a la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la gestión Integral de la Cuenca Baja del Rio Ayuquila (JIRA), ubicándose en las regiones administrativas de Sierra de Amula, Costa Sur y Sur del estado de Jalisco. En el capítulo 5 se presentará una explicación de las razones de la selección de estos ejidos. Los ejidos tienen una superficie de 321 km<sup>2</sup>, siendo el ejido Tonaya el que presenta la mayor superficie con 70 km<sup>2</sup>, y el ejido Jalocote con 7 km<sup>2</sup> el de menor superficie de los ejidos analizados (Cuadro 4.1), la zona de estudio pertenece a la región hidrológica XVI, con dos afluentes principales, el Rio Ayuquila y Tuxcacuesco que nacen en la Sierra de Quila y la confluencia de estas forman la corriente del Río Armería. Además de contar con el Área Natural Protegida Sierra de Manantlán, que se encuentra inmersa en los municipios Tolimán, Autlán de Navarro y Tuxcacuesco.

| <b>Municipio</b>         | <b>Ejido</b>  | <b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------------|---------------|------------------------------------|
| <b>Autlán de Navarro</b> | El Chante     | 29.21                              |
|                          | EL Jalocote   | 7.52                               |
|                          | Tecomatlán    | 20.33                              |
|                          | Tecomatlán    | 12.84                              |
| <b>EL Limón</b>          | El Limón      | 56.21                              |
| <b>Tolimán</b>           | El Rodeo      | 44.49                              |
|                          | Toxín         | 17.42                              |
|                          | San Pedro     | 46.48                              |
| <b>Tonaya</b>            | Tonaya        | 70.49                              |
| <b>Tuxcacuesco</b>       | Los Mezquites | 15.99                              |
|                          | <b>Total</b>  | <b>321.04</b>                      |

Tabla 4.1 Ejidos estudiados, municipio al que pertenecen y superficie que abarcan.



Mapa 4.1 Localización del área de estudio

#### 4.1.1 Geología

En términos geológicos el área de estudio presenta gran variabilidad de material de origen volcánico, tales como rocas ígneas extrusivas (Toba Intermedia, Toba ácida) e intrusivas (Granito) con un 23 y 13 % de la superficie respectivamente, así como de origen sedimentario (Caliza, Arenisca-Conglomerado) con un 42 % de la superficie, además de tener cinco formaciones geológicas principales, las cuales son: 1.- rocas ígneas intrusivas del Cretácico; 2.- rocas sedimentarias del Cretácico; 3.- rocas ígneas extrusivas del Terciario, Cuaternario y recientes; 4.- rocas sedimentarias del Cuaternario y recientes, y 5.- sedimentos aluviales.

El área de estudio se encuentra en tres regiones fisiográficas importantes a nivel nacional: el eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental, Dentro del área de estudio, la Sierra de Manantlán (incluyendo Cerro Grande) y la Sierra de Tuxcacuesco, corresponden a la provincia morfo-tectónica de la Sierra Madre del Sur. La orogénesis de las cadenas montañosas de la región está asociada a la interacción de las placas tectónicas Mesoamericana, de Cocos y

Rivera, se inició durante el Cretácico y sigue manifestándose en la actividad sísmica en toda la región.

#### **4.1.2 Edafología**

De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO en la zona de estudio predominan los suelos de tipo Regosol, Litosol y Phaeozem, con 35, 33 y 17% del área de estudio principalmente.

Los **Regosoles** (del griego rhegos: manto, cobija. Denominación connotativa de la capa de material suelto que cubre la roca). Se caracterizan por no presentar capas distintas, en general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace cuando no son profundos. Se encuentran en las laderas de todas las sierras mexicanas, muchas veces acompañadas de litosoles y de afloramientos de roca o Tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad. Son de susceptibilidad variable a la erosión, su símbolo es (R) y presenta las siguientes subunidades: éutrico, dístrico y calcárico.

Los **Litosoles** (del griego lithos: piedra literalmente, suelo de piedra), son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca. Se localizan en todas las sierras de México, en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas y Malpais, así como en lomerios y en algunos terrenos planos.

El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques su utilización es forestal; cuando presentan pastizales se puede llevar a cabo algún pastoreo más o menos limitado, y en algunos casos se usan con rendimientos variables para la agricultura, sobre todo en frutales. Este empleo agrícola se halla acondicionado a la presencia de suficiente agua y se ve limitado por el peligro de la erosión que siempre existe. Su símbolo es L.

Los **Phaeozems**, (del griego phaeo: pardo; y del ruso zemljá: tierra. Literalmente, tierra parda). Son suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto

tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Phaeozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego. Su símbolo en la carta edafológica es H y presenta las siguientes subunidades: háplico, calcárico y gléico.

En menor proporción en la zona de estudio se pueden encontrar suelos como los Cambisoles, Andosoles, Vertisoles, Luvisoles, Fluvisoles, Gleysoles, Acrisoles y Rendzinas.

#### **4.1.3 Clima**

De acuerdo con la clasificación de W. Köppen modificada para México por E. García, la zona de estudio tiene cuatro grupos de climas: cálido, semicálido, semiárido y templado, con un 52, 38, 6 y 2% de la superficie de los ejidos respectivamente (Cuadro 4.2). Estos climas son el resultado de la combinación de factores como el amplio gradiente altitudinal, y relieve entre otros. De igual manera se desarrollan actividades específicas de acuerdo con el tipo de clima que se tenga, por ejemplo, en el clima cálido subhúmedo se localizan las áreas de cultivo de hortalizas, frutales y la caña de azúcar, en donde también se encuentra el distrito de riego. En tanto en el semicálido podemos encontrar los cultivos de agave, principalmente en los municipios de San Gabriel, Tolimán, Tuxcacuesco y Tonaya.

| <b>Tipo climático</b>   | <b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>Superficie (%)</b> | <b>Ejidos</b>                               |
|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|
| <b>Cálido Subhúmedo</b> | 167.98                             | 52.32                 | Tonaya, El Limón, San Pedro, El Chante, Los |

|                             |        |       |   |
|-----------------------------|--------|-------|---|
| <b>Semicálido Subhúmedo</b> | 124.38 | 38.74 | El Rodeo, San Pedro, Tecamatlán, Toxín, El          |
| <b>Semiárido cálido</b>     | 20.23  | 6.30  | El Chante, Los Mezquites, Tecamatlán, El Limón, San |
| <b>Templado</b>             | 8.42   | 2.62  | Toxín   |

Tabla. 4.2. Tipos de clima presentes en el área de estudio.

#### 4.1.4 Vegetación y uso del suelo

En los terrenos de los ejidos al igual que en la cuenca baja del río Ayuquila, se tienen diferentes tipos de ecosistemas que albergan una gran diversidad de tipos de vegetación, donde los más representativos, de acuerdo con la superficie que poseen en el área de estudio son: Selva Baja Caducifolia, Bosque de Encino, Bosque Mesófilo de Montaña, y Selva Mediana Subcaducifolia, esto es en torno a la vegetación natural y en cuanto al uso del suelo tenemos; Agricultura, Pastizales y Zonas urbanas.

##### 4.1.4.1 Vegetación natural

**Selva Baja Caducifolia:** es la vegetación natural con mayor superficie (113 km<sup>2</sup>), en la zona de estudio, la podemos encontrar entre los 400 y 1,200 msnm sobre suelos someros de drenaje rápido, compuesto por plantas que alcanzan hasta 10 m de altura. Algunas de las principales especies son tepemezquite (*Lysiloma acapulcensis*, *L. microphyllum*), bejucos (*Ipomea bracteata*), burseras o papelillos (*Bursera spp.*), pochote (*Ceiba pentandra*), palo blanco (*Celtis caudata*), palo brea o palo verde (*Cercidium praecox*), palo santo (*Fouquieria formosa*), guayacán (*Guaiacum coulteri*), Ciqua (*Heliocarpus terebinthaceus*), hoja de barba de chivo (*Pithecellobium acatlense*), clavellino (*Pseudobombax ellipticum*), pitayos (*Stenocereus queretaroensis*) y otros cactus (*Pachycereus pecten-aboriginum*, y *Neobuxbaumia mezcalensis*).

**Bosque de Encino:** con cerca de 64 km<sup>2</sup> del área de estudio, están los encinares, que los hay de dos tipos; 1.- Los encinares caducifolios, en este grupo encontramos

especies que se desarrollan entre los 400 y los 1,200 msnm, y alcanzan alturas de 4 a 6 m, llamados localmente “robladas”. Las especies representativas de las robladas son *Quercus castanea*, *Q. glaucencens*, *Q. magnoliifolia*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa* y algunas leguminosas como *Acacia pennatula* y 2.- Los encinares subcaducifolios, estos están en lugares más húmedos y alcanzan alturas hasta 30 m. Las especies que lo integran son *Quercus laurina*, *Q. candicans*, *Q. conspersa*, *Q. crassipes*, *Q. uroxis* y *Clethra hartwegii*. Por las condiciones microclimáticas que generan estos bosques, se desarrollan diversas especies de orquídeas y bromelias epífitas, que son características de estos bosques.

**Bosque mesófilo de montaña:** este tipo de vegetación cubre una superficie aproximada de 8.6 km<sup>2</sup> y se caracteriza por presentar una alta diversidad de especies de árboles de hoja ancha, pero también integra elementos como los pinos y otras especies de bosques templados. Generalmente se desarrollan en sitios húmedos y templados como cañadas, laderas de pendientes fuertes o depresiones del terreno, protegidas del sol y vientos fuertes. La altura del estrato arbóreo puede ser superior a 30m. Entre las especies dominantes están la magnolia (*Magnolia iltisiana*), zapotillo (*Ilex brandegeana*), aceitunillo (*Cornus disciflora*), árbol de tila (*Tilia mexicana*), olotillo o guajada (*Dendropanax arboreus*).

**Selva Mediana Subcaducifolia:** con tan solo 1 km<sup>2</sup> del área de estudio, este tipo de vegetación se encuentra en altitudes que van de los 400 a los 1,200 msnm, en zonas con precipitación pluvial mayor a 1,400 mm como en cañadas húmedas. A diferencia de la selva baja caducifolia, en esta comunidad vegetal se encuentran plantas que alcanzan hasta 35 m de altura. Algunas de las especies representativas son capomo o mojote (*Brosimum alicastrum*), huizilacate (*Bumelia cartilaginosa*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), cabra (*Aphanantes monoica*), tescalamillo (*Coussapoa purpusii*), mapilla rosa (*Tabebuia palmeri*), habillo (*Hura poliandra*), cedrillo o palo blanco (*Guarea glabra*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), olotillo o guajada (*Dendropanax arboreus*), papelillo (*Bursera simaruba*), aceite cachicamo (*Calophyllum brasiliense*), diferentes especies de ficus (*Ficus spp.*), y Caobilla o caoba del pacífico (*Swietenia humilis*).

#### **4.1.4.2 Uso de suelo**

**Agricultura:** en el área de estudio la agricultura ha sido un factor importante en la degradación de bosques y selvas, siendo devastador en los suelos que presentan un alto potencial agrícola en la región. Los principales cultivos que podemos encontrar son caña de azúcar, maíz, pepino, hortalizas, melón, sandía, entre otros y más recientemente el cultivo de agave.

**Pastizales:** en la mayoría de los casos los pastizales corresponden a zonas que, con anterioridad, estaban siendo utilizados para agricultura o son tierras en descanso, y son estos terrenos los que los agricultores utilizan para pastar al ganado bovino principalmente.

#### **4.2 DESCRIPCIÓN ECONÓMICA**

El territorio que comprende la Cuenca Baja del Río Ayuquila, contempla una población total de 144,472 personas (INEGI, 2010). Cuatro municipios concentran el 76.4% del total de la población, entre los que destacan Autlán de Navarro, El Grullo y San Gabriel.

Siete municipios tienen más del 50% del total de su población viviendo en la cabecera municipal, mientras que Tuxcacuesco, Tolimán y San Gabriel son eminentemente rurales.

Se tiene un registro de 99 núcleos agrarios (ejidos, comunidades indígenas y nuevos centros de población ejidal), la mayoría de ellos (69.6%) distribuidos en los municipios de Autlán de Navarro, San Gabriel, Unión de Tula y Tolimán. El 47.7% de la superficie total de la región son comunidades agrarias, el resto es propiedad privada o federal. Respecto de los núcleos agrarios que integran el territorio de la cuenca baja del Río Ayuquila, el 59.5% son tierras de uso común o también llamadas comunales y el 40.4% son terrenos parcelados. En el orden municipal los porcentajes respecto de la tenencia de la tierra son muy asimétricos, por ejemplo, la propiedad de uso común en las comunidades agrarias de Tuxcacuesco y Tolimán, Autlán de Navarro, así como Zapotitlán de Vadillo van del 65 al 80%. Por su parte,

el municipio de Tonaya presenta una situación opuesta ya que el 68.6% del territorio de las comunidades agrarias son terrenos parcelados. En los terrenos de uso común para los municipios de Ejutla, Zapotitlán de Vadillo, Tolimán y San Gabriel es donde se encuentran los mayores porcentajes de terrenos forestales. (Rosales-Adame y Cevallos-Espinosa, 2013)

En la región se han determinado más de 142,000 ha con uso productivo, entre las que se encuentran las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, en estas últimas consideradas superficies de plantaciones en producción. Los municipios con los valores más altos en cuanto al número de hectáreas con estos usos del suelo son Autlán de Navarro, San Gabriel y Unión de Tula, mientras que los de menor número de hectáreas son El Limón y Ejutla, con pocas áreas de valle, pero un número importante de zonas de montaña. (Rosales-Adame y Cevallos-Espinosa, 2013)

En la región de estudio, se consideran varias formas de regionalización con relación a los municipios que la conforman. Una de ellas es la que considera el Gobierno del estado por consideración meramente económica, en la cual se contempla a las regiones 06- Sur que incluye a los municipios de San Gabriel, Zapotitlán de Vadillo y Tolimán, la región 07-Sierra de Amula que considera a los municipios de Tonaya, Tuxcacuesco, El Limón, El Grullo, Ejutla y Unión de Tula; finalmente la región 08-Costa Sur, que considera al municipio de Autlán de Navarro (COPLADE, 2009).

Adicionalmente, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) considera dos Distritos de Desarrollo Rural (DDR), que agrupan a los municipios de la JIRA; el DDR No. 7-Ciudad Guzmán (Tolimán, San Gabriel y Zapotitlán de Vadillo) y DDR No. 5-El Grullo (Autlán de Navarro, Ejutla, El Grullo, El Limón, Tonaya, Tuxcacuesco y Unión de Tula), ambas regionalizaciones en este caso son coincidentes en la mayoría de los municipios.

De acuerdo con esta última regionalización, se presentan algunas estadísticas de producción de cultivos industriales, granos (Maíz de grano, Caña de azúcar y Agave azul) y/o con superficies considerables en el área, las cuales se asocian con actividades productivas como la ganadería (pastos). (Rosales -Adame y Cevallos-Espinosa, 2013)

### **Cultivos agrícolas de importancia por su extensión**

En lo que respecta a la producción de Maíz de grano (*Zea mays*), Unión de Tula en el DDR No. 5 y San Gabriel en el DDR No. 7; presentan la mayor superficie de producción, en ambos la superficie es mayor a las 7,000 hectáreas por año. Le siguen Zapotitlán de Vadillo y Tolimán, en el distrito Ciudad Guzmán, con más de 3,000 ha. Es de resaltar la tendencia general a la disminución en la superficie dedicada a este cultivo básico en los últimos tres ciclos; si bien parece imperceptible, es realmente notorio el hecho de que los productores han dejado de cultivar este grano básico. Caso contrario se presenta en municipios como El Grullo y Autlán de Navarro, donde en el ciclo de cultivo 2010-2011 se observa un incremento, el cual puede deberse al mantenimiento del precio de la tonelada de maíz y las facilidades que ofrece el sistema de riego en estos municipios. (Rosales-Adame y Cevallos-Espinosa, 2013).

Con relación al cultivo de Caña de Azúcar/Soca (*Saccharum officinarum L.*), este se desarrolla básicamente en cuatro municipios del área de estudio, El Grullo, Autlán de Navarro y El Limón dentro del DDR No. 5, así como en Zapotitlán de Vadillo en el DDR No. 7. Las superficies sembradas con este cultivo abastecen los ingenios Melchor Ocampo en Jalisco y Quesería en Colima. Este cultivo en los últimos años se ha venido incrementando, principalmente por las mejoras en la capacidad productiva de la industria para el caso de Jalisco (IMO, 2012), el mejoramiento de la infraestructura de riego en la región y la estabilidad de precios de la tonelada de caña. Sin embargo, se debe destacar que desde finales de 2012 y a la fecha los precios por tonelada de caña han disminuido considerablemente. La superficie total con este cultivo para el área de estudio durante el año 2011 fue de aproximadamente 10,500 ha, incluyendo la superficie para semilleros y las nuevas áreas de plantaciones en el valle. (Rosales-Adame y Cevallos-Espinosa, 2013).

Si bien, la agricultura en cuatro de los municipios de la región y particularmente en el valle de Autlán-El Grullo-El Limón está caracterizada por el cultivo de caña de azúcar, cuyo ciclo de producción es anual; el sistema de riego del distrito de desarrollo ofrece la oportunidad de cultivos de alta utilidad como las hortalizas

(sandía, chile, jitomate, etc.) y otros como el agave (González, 2012), los cuales suelen ser alternativas viables para algunos grupos de productores con capacidad económica para invertir en los costos que incurren estos cultivos (SAGARPA, 2009). El Agave azul (*Agave tequilana* Weber var. *azul*) es otro de los cultivos de mayor importancia en la región en cuanto a la superficie que se siembra. Sin embargo, también ha tenido una serie de variaciones importantes desde su incorporación a los sistemas productivos del área (Martínez *et al.*, 2007), en algunos períodos ha sido impactante el incremento, mientras que en otros se han presentado decrementos importantes de la superficie cultivada. Todo esto generado por los ciclos de sobreproducción y demanda promovidos por la industria de las bebidas destiladas, principalmente aquellas establecidas en el centro del estado de Jalisco. En los últimos años (a partir del año 2007) se han registrado serios decrementos en el cultivo, originados principalmente por el abaratamiento del precio de la materia prima para el destilado. Por lo que se han abandonado los predios o simplemente se han reemplazado los cultivos. Siete de los diez municipios de la región presentaron disminución en la superficie cultivada, sobresaliendo Autlán de Navarro, San Gabriel y El Grullo quienes redujeron en al menos un 50% las áreas de siembra. En otros municipios (Tonaya, Tolimán y Zapotitlán de Vadillo) a pesar de que se observa una disminución del cultivo, en los años recientes la superficie sembrada parece incrementar un poco y con tendencia a estabilizarse, lo cual puede deberse a la tradición de estos municipios con relación a la producción de estas bebidas espirituosas. Sin embargo, es importante señalar que se ha privilegiado recientemente la reutilización de agaves verdes como insumo para las bebidas destiladas en el área, que han sido empleadas posiblemente desde tiempos muy antiguos (Zizumbo-Villarreal *et al.*, 2009; Colunga-GarcíaMarín, 2012).

Las superficies sembradas con pastos, a nivel estatal y regional se mantienen en los primeros lugares en extensión, solo superadas por el cultivo de maíz. A nivel de la región, en el DDR No. 7 los pastos mantienen el segundo lugar, no así en el DDR No. 5 donde las áreas de pastos y praderas en verde dominan el paisaje agrario. La superficie total de pastizales en el área de estudio asciende a más de 17,500

hectáreas, sobresaliendo municipios como Tonaya con superficies mayores a 4,262 ha (para el año 2011), seguido por Unión de Tula con poco más de 3,500 ha, lo cual muestra el desarrollo de la ganadería.

Municipios como El Limón y Tuxcacuesco presentan un incremento considerable en el último año, mientras que los municipios de Tolimán, Zapotitlán de Vadillo y San Gabriel han mantenido una superficie constante. Lo cual muestra una tendencia a la estabilidad con respecto a la producción de forraje que se ofrece de libre acceso al ganado, lo que puede indicar una estabilidad de la actividad ganadera, o bien pudiera ser una optimización en el uso de otras fuentes de forraje como los pueden ser los rastrojos de maíz y otros cultivos como el sorgo forrajero, así como algunos otros granos. Si bien existen incrementos de las superficies de pasto para algunos municipios en los últimos años (Unión de Tula, El Limón, Tuxcacuesco, Tolimán y Zapotitlán de Vadillo) coincidiendo con estudios recientes que han evaluado los cambios en la cobertura y uso del suelo, también es evidente una clara tendencia a mantenerse estable la superficie de pastos en el área. (Rosales -Adame y Cevallos-Espinosa, 2013)

## CAPÍTULO 5 METODOLOGÍA

### 5.1 SELECCIÓN DE CASOS

El estudio se basa en información recogida en 10 ejidos dentro de 5 de los 10 municipios de la junta intermunicipal JIRA. Los criterios en los que se basa esta selección parten de los resultados de investigaciones anteriores, en los que se muestra que la ganadería es la actividad que actualmente está influyendo más en la degradación de la selva baja por lo que se decidió que los ejidos involucrados en este estudio (tabla 4.1), tuvieran en algún porcentaje cobertura vegetal de tipo selva baja, con diferentes niveles de degradación causada por ganadería. Se trató de que estos ejidos no coincidieran con los seleccionados en las investigaciones anteriores, realizadas por el CIGA en la zona, para evitar la duplicidad de información y que se generara conocimiento exhaustivo de ejidos que no se habían analizado anteriormente, debido a que generalmente en la JIRA los estudios se hacen a nivel de municipios de la Junta.

En general los pasos metodológicos que se siguieron para abordar el problema de esta investigación y para cumplir los objetivos planteados, se muestran en la figura 5.1

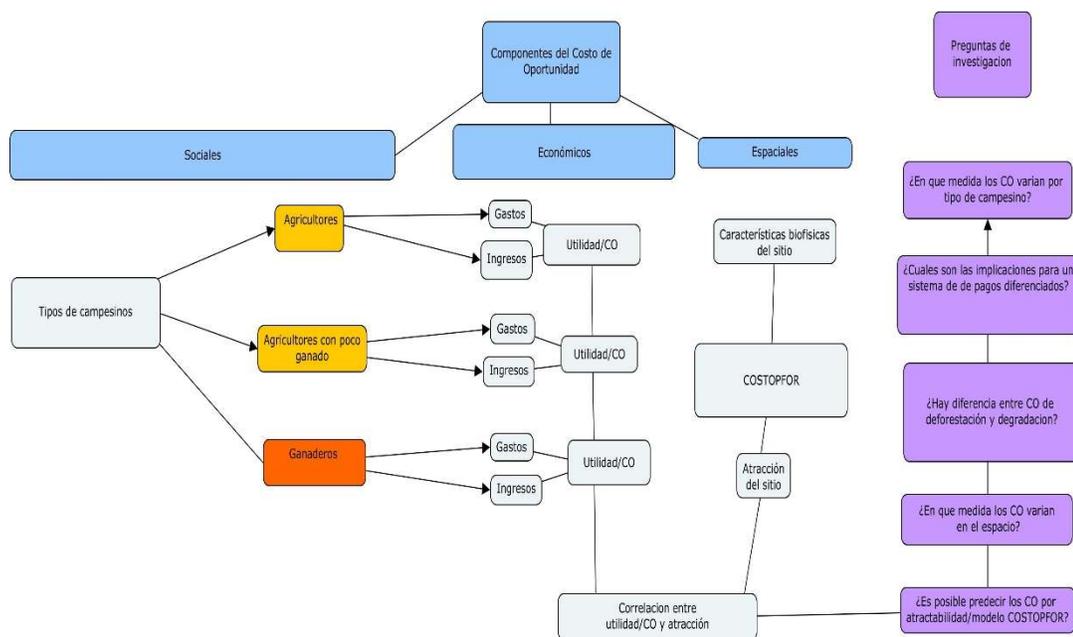


Figura 5.1 Diagrama de flujo de la secuencia metodológica

Como se aprecia en el diagrama el CO tiene tres componentes que determinan su variación y que deben ser analizados independientemente y en su interrelación.

El primero es el componente Social, que está integrado por los tipos de campesinos que se encontraron en la zona, los tres tipos tienen formas diferentes de desarrollar sus actividades productivas, lo que influye de manera directa sobre los gastos en los que incurren y los ingresos que reciben de dicha actividad, este es el componente económico del CO, en dependencia de estos gastos en ingresos el campesino obtiene una utilidad de la actividad que realiza, esta al ser mayor o menor, hace que el CO tenga una variación de un tipo de campesino a otro.

Y finalmente el componente espacial que en dependencia de las características físicas del terreno nos va dar una variación en esa utilidad por la similitud a las características óptimas para el desarrollo de la actividad. Esto se evaluó con un modelo de aptitud de tierras que en este caso se utilizó para determinar las zonas más aptas para desarrollar la actividad y se tomaron como las que mayor utilidad generarán.

Todo esto nos permitió dar respuesta a las preguntas de investigación que se plantearon en el capítulo 1.

## **5.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo se desarrolló en los meses de marzo, junio y octubre del 2015 y enero del 2016, en los ejidos mostrados en la figura 4.1. Los ejidos considerados relevantes debían tener cobertura vegetal de tipo selva baja, dónde se identificarán diferentes niveles de degradación.

El trabajo se dividió en dos etapas, la primera tenía el objetivo de informar a las autoridades tanto de La Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja del Río Ayuquila (JIRA) como del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara (CUCSUR) de nuestra investigación, se entrevistaron expertos de ambas instituciones que trabajan en la zona y con los resultados de las entrevistas se seleccionaron los ejidos a estudiar atendiendo a los siguientes factores, nivel de degradación de la cobertura vegetal, marginalidad e

intensificación de la actividad ganadera. Además, en esta etapa se hizo una reconstrucción histórica de la ganadería en la zona para lo cual se entrevistó al cronista del municipio de Autlán. Esto nos permitió entender el comportamiento actual de la actividad ganadera y la forma en la que se desarrolla dicha actividad en la zona.

La segunda etapa consistió en aplicar una entrevista semiestructurada (ver el anexo I y II), que tenía dos partes, la primera permitía el acercamiento a los sujetos tratando temas generales mediante los cuales se describían la agricultura y la ganadería en la cuenca, también se preguntó por la percepción que tenían los entrevistados sobre el impacto de estas actividades en su propio entorno. La primera parte de la entrevista se acompañaba de un mapa de la superficie de cada ejido elegido, donde los sujetos señalaban el lugar en que desarrollaban la agricultura y la ganadería. Además de una tarjeta en la que se construyó una tabla que reflejaba la temporada de lluvia y la de seca para saber dónde específicamente estaba el ganado en cada temporada.

La segunda parte de la entrevista se enfocaba en los costos en los que incurrían las personas al realizar sus actividades productivas y las ganancias que obtenían de estas actividades. Esta parte de la entrevista se aplicaba a los mismos sujetos a los que se le había aplicado la primera parte, en una segunda visita con el objetivo de que se sintieran más cómodos para hablar de temas, como los costos y ganancias en sus actividades, que generalmente evitan.

Se aplicaron 50 entrevistas, con esta cantidad total se hizo una distribución uniforme en excel que dio como resultado la cantidad de entrevistas que se debían aplicar en cada ejido según la cantidad de ejidatarios, posesionarios y vecindados, dato que se obtuvo del Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA) consultado: 15/01/2015. De los 50, 5 quedaron fuera del análisis porque eran grandes agricultores comerciales cuyas empresas operan con principios económicos muy diferentes a los demás, como se explica en el capítulo 3; 8 agricultores, 3 agricultores con poca cantidad de ganado y 34 ganaderos. La diferencia entre la cantidad de tipos de campesinos refleja la realidad de la zona, dónde la ganadería

es la actividad productiva que más se desarrolla en el área con mayor cantidad de campesinos que se dedican a ella y con mayor cantidad de hectáreas utilizadas.

En los ejidos que se seleccionaron para aplicar las entrevistas, el 90 % de los ejidatarios, posesionarios o avecindados eran hombres, es decir los derechos sobre la tierra por lo general lo tienen hombres, aunque hay mujeres ejidatarias, por herencia de su padre o esposo. La muestra para esta investigación se diseñó sin distinción de sexo, pero cuando se aplicaron las entrevistas se hizo a personas del sexo masculino porque, aunque se encontraron mujeres ejidatarias preferían que se entrevistara a los padres, esposos o hijos porque “ellos saben más de lo que se hace en el campo”. Las ejidatarias no practican la agricultura ni la ganadería, sólo sus esposos o hijos.

Las entrevistas se desarrollaron utilizando un guion semiestructurado, fueron personales, realizadas en el hogar y en el lugar en que los sujetos desarrollaban sus labores diarias. Cada sujeto se escogió por sugerencia del último entrevistado (método bola de nieve) y siempre se incluyó en las entrevistas al comisariado ejidal. Este método se escogió debido a la exhaustividad de información que proporciona. La duración media de las entrevistas fue de 20 minutos para cada una de las partes. También se tomó evidencia fotográfica y coordenadas en puntos de interés para el estudio, con el objetivo de poder comparar sitios que aparentemente no estaban perturbados por agricultura ni ganadería con otros que aparentemente sí estaban perturbados y obtener la distribución espacial de esta perturbación para analizar los factores que la determinan e investigar la influencia de otros factores que están estrechamente relacionados con este fenómeno.

### **5.3 CÁLCULO DE COSTOS DE OPORTUNIDAD**

Para determinar los costos de oportunidad en este estudio se determinó la utilidad económica de las actividades productivas de la zona (agrícola, pecuario, etc. a nivel de productor) usando una herramienta económica tipo precios de mercado que permitió estimar los beneficios asociados a cada actividad. En general, la utilidad,

R, es la diferencia entre de los gastos (G) y los ingresos (I) asociados con la producción, de forma general:

$$R = \sum I - \sum G$$

Entonces se calculó el valor económico al que se renunciaría por optar por un uso ambiental de la tierra; este está definido como el (CO) para cada productor. La información sobre utilidad se obtuvo mediante entrevistas a la población relevante, se trató con las actividades realizadas en la actualidad, no los usos potenciales del territorio. Los CO en este caso serían la diferencia entre la utilidad de las actividades actuales y el monto que se ofrecería bajo un régimen de Pago de Servicios Ambientales (PSA).

Para determinar la utilidad en la actividad agrícola, de la muestra estudiada en esta investigación, se estimaron los gastos totales de producción en los que incurren los sujetos, que son por el caso de agricultura: jornales, riego, maquinaria, herbicidas y fertilizantes, tomando como referencia el período de una cosecha. Después, se calculó el valor financiero de los ingresos (el dinero que recibe el productor por vender sus productos).

En cuanto los gastos de la agricultura, el dato de los jornales se obtuvo por mes, con el fin de homogenizar los datos. En el caso de los datos riego y maquinaria, se multiplicaron por la cantidad de hectáreas que posee cada individuo, debido a que pagan por hectárea, regada o trabajada con tractor. Al final del proceso los resultados se sumaron, para de esta manera obtener la inversión que realizan los ejidatarios anualmente.

Para obtener los ingresos anuales que tiene cada campesino agrícola, se procesaron los datos de la producción anual y esta se multiplicó por el precio de mercado que posee el producto en cuestión (en este caso el maíz). En primera instancia, todos los gastos e ingresos se calcularon a nivel del negocio (campesino). Para mayor análisis, se hicieron también cálculos por unidad de producción (utilidad por hectárea, por tonelada, etc).

## AGRICULTURA

Utilidad = ingresos - gastos

Ingresos = producción \* precio

Gastos =  $\sum$  gastos

Utilidad ha = utilidad / ha

Dónde:

**Utilidad**, es la utilidad total de la unidad de producción de agricultura.

**Ingresos**, son las entradas de dinero a la unidad de producción.

**Gastos**, son las salidas de dinero, a cambio de algún producto o servicio, que tiene la unidad de producción.

**Producción**, es la cantidad de toneladas que produce en una cosecha la unidad de producción.

**Precio**, es el precio de una tonelada de producto en el mercado. Esta cantidad es fija (\$xx)

$\sum$  **gastos**, todos los gastos en los que se incurre para llevar a cabo la actividad.

**Ha**, superficie que tiene la unidad de producción.

**Utilidad ha**, es la utilidad que se obtiene de una ha.

Para el caso de los ganaderos: la actividad ganadera que desarrollan los sujetos estudiados tiene normalmente dos fases por año.

- 1.- cuando el ganado se encuentra en el bosque o lo llevan a alimentarse al bosque. Esta actividad la realizan en la temporada de lluvias, que es la época que hay mayor disponibilidad de alimento en el bosque.
- 2.- cuando tienen al ganado semi-estabulado dentro de sus parcelas, que por lo general lo hacen después de la cosecha y aprovechan los remanentes de esta como alimento para el ganado.

Se llevó a cabo de esta manera, porque en dependencia de donde se encuentre el ganado, se generan costos diferentes, particularmente en cuanto a la alimentación.

En general los costos de producción ganadera van con relación a: A.- alimento (solo cuando se encuentra en la parcela), B.- sal mineralizada, C.- vacunas, D.- aretes, E.- exámenes, F.- garrapaticidas y G.- desparasitantes, donde los últimos cuatro se consideran gastos fijos y los dos primeros gastos variables.

El gasto de alimento se maneja de tres maneras principales;

- 1.- cuando los ganaderos compran alimento durante la época de estiaje, porque mantienen a su ganado dentro de sus parcelas (por lo general es durante seis meses del año);
- 2.- cuando mantienen y/o llevan al ganado al bosque, no le compran alimento (durante los otros seis meses del año);
- 3.- sin importar donde se encuentre el ganado, se hace el gasto de alimento durante todo el año.

Claro que el gasto de alimento depende de la cantidad de ganado y del objetivo que se persigue con su crianza, (producción de carne). Sin embargo, el factor más importante en la variación de gastos entre ganaderos es la duración de tiempo de que el ganado esté en el bosque. Esto a su vez depende de la disponibilidad de tierras de pastoreo comunes en los bosques. En muchas comunidades el área común ha sido repartida entre los ejidatarios y está dividida con lienzo, lo que significa que la oportunidad para el pastoreo libre se reduce mucho.

Para el caso del gasto de sal, se considera que se realiza durante todo el año y para obtener el gasto de vacunas, aretes y exámenes se consideraron la cantidad de vacas que tiene cada individuo, finalmente para el garrapaticida se calculó la cantidad de litros que gastan al año y esta se multiplicó por el precio del garrapaticida para saber lo que gastan.

## GANADERÍA

Utilidad = total ingresos - total gastos, por año, que tiene la unidad de producción.

Ingresos = producción \* precio

Gastos =  $\sum$  gastos por animal \* cantidad de ganado

Utilidad por animal = utilidad / cantidad de ganado

Vaca/ha= cantidad de ganado/ha usado para esta actividad

Utilidad por ha= utilidad/ha de la unidad que son usado para ganado

Dónde:

**Utilidad**, es la utilidad total de la unidad de producción.

**Ingresos**, son las entradas de dinero a la unidad de producción.

**Gastos**, son las salidas de dinero, a cambio de algún producto o servicio, que tiene la unidad de producción.

**Producción**, es la cantidad de kg de carne que produce en un año la unidad de producción.

**Precio**, es el precio de un kg de carne.

$\sum$ **gastos**, todos los gastos en los que se incurre para llevar a cabo la actividad.

**Cantidad de ganado**, número de cabezas de ganado que tiene la unidad de producción.

**Utilidad vaca**, es la utilidad que da una vaca.

**Vaca/ha**, es la densidad de vacas que se encuentran en una ha.

**Ha**, superficie que tiene la unidad de producción (pero, debe ser terreno utilizado para ganado. Si el campesino tiene unos campos de maíz, estos no cuenten).

**Utilidad/ha**, es la utilidad que se obtiene de una ha.

De igual forma que para la agricultura, para calcular la utilidad de la ganadería, se suman los gastos de producción. Para determinar los ingresos por ventas se multiplica la producción anual (número de vacas vendido y su peso promedio) por el precio del kilogramo de carne, este resultado se sustrae con el resultado de la sumatoria de los gastos de producción dando como resultado la utilidad de la actividad ganadera. Igual como en el caso de agricultura, la utilidad está calculada en la primera instancia en términos totales (a nivel del negocio ganadero), y después por unidad (utilidad/hectárea, utilidad/cabeza, etc).

### **5.3.1 Ejemplos de cálculo de CO**

#### **Cultivo de maíz por RTQ**

Los costos de producción de maíz se obtuvieron, como se describió anteriormente, a partir de entrevistas con los agricultores y el precio al que se vendió se obtuvo de la información del mercado. El método toma en cuenta que, para la mayoría de los agricultores, una porción del maíz no se vende, sino que es consumida por la familia. El valor de esta parte de la cosecha se estima en términos de los ahorros obtenidos al no comprar maíz para alimentos. Los cálculos se basan en el costo por tonelada, que asumamos son 3000 pesos por tonelada para vender y 5000 por tonelada para comprar (estos valores son fijos y no varían entre los campesinos). Entonces el valor económico del autoconsumo al campesino es la diferencia entre el precio de vender y el precio de comprar, es decir, 2000 pesos por tonelada. Los datos sobre los costos de los insumos, los rendimientos y el porcentaje de consumo doméstico fueron los reportados individualmente para cada campesino en las entrevistas. El pago para PSA en áreas de selva baja como el área de estudio es 382 pesos/hectárea. Asumamos que este monto sería pagado para toda el área cultivable del campesino, es decir, no solo el área cultivada en un año dado, sino incluso el área en barbecho que es parte integral de su sistema agrícola.

|                                       | Total negocio | Por tonelada producida | Por hectárea cultivada |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|
| Area total (cultivo plus barbecho)    | 12 ha         |                        |                        |
| Área cultivada por año                | 3 ha          | 0.5 ha                 | 1 ha                   |
| Rendimiento de maíz                   | 6 ton         | 1 ton                  | 2 ton                  |
| Costos de producción                  | \$ 9000       | \$ 1500                | \$ 3000                |
| Porcentaje maíz vendido               | 50%           | 50%                    | 50%                    |
| Toneladas vendidas                    | 3 ton         | 0.5 ton                | 1 ton                  |
| Ingresos por la venta de maíz (pesos) | \$ 9000       | \$ 1500                | \$ 3000                |
| Toneladas autoconsumo                 | 3 ton         | 0.5 ton                | 1 ton                  |
| Valor de maíz de autoconsumo (pesos)  | \$ 6000       | \$ 1000                | \$ 2000                |

|   |           |         |         |
|---|-----------|---------|---------|
| Total valor ingresos plus autoconsumo (pesos) | \$ 15,000 | \$ 2500 | \$5000  |
| Utilidad (pesos)                              | \$ 6000   | \$ 1000 | \$ 2000 |
| (Potencial) pago por servicios ambientales    | \$ 4584   |         |         |
| CO  | 1416      | 236     | 472     |

Tabla 5.1 Ejemplo de cálculo de rendimiento y CO para el caso del cultivo de maíz en un sistema de RTQ.

### Ganadería

Para dar un ejemplo de cómo calculamos los CO en el sector ganadería, consideramos un ganadero que tiene 45 cabezas. El precio de venta es fijo, a 50 pesos por kilo en pie.

|                        | Total negocio | Por cabeza | Por hectárea |
|------------------------|---------------|------------|--------------|
| Cabezas                | 45 cab        |            | 6 cab        |
| Pasto permanente (ha)  | 7.5 ha        |            |              |
| Área total             | 7.5 ha        |            |              |
| Uso de bosque libre    | No            |            |              |
| Densidad (cab/ha)      | 6/ha          |            | 6 cab        |
| Gasto total (pesos)    | \$112,500     | \$ 2500    | \$ 15,000    |
| Peso de bovino vendido | 100 kg        |            |              |
| Ingreso                | \$225,000     | \$ 5000    | \$ 30,000    |
| Utilidad               | \$112,500     | \$ 2500    | \$ 15,000    |
| (Potencial) PSA        | \$ 2865       | \$ 64      | \$ 382       |
| CO                     | \$109,635     | \$ 2436    | \$ 14,618    |

Tabla 5.2 Ejemplo de cálculo de rendimiento y CO para el caso de ganadería.

### Bovinos alimentados en pastizales (pastos permanentes).

Los costos de producción se obtuvieron para las entrevistas y los precios de venta del ganado a partir de información de mercado. Los costos se calcularon por cabeza de ganado, y el precio por hectárea se estimó sobre la base del número de cabezas de ganado por hectárea.

El siguiente es un ejemplo simple para demostrar el método utilizado por ganadero:  
Costos de insumos por cabeza de ganado: 2500 pesos.

Precio de venta: 5000 pesos.

Retorno por cabeza de ganado = 2500

Ganado por hectárea de pastizal = 6

Retorno por ha = 15,000

Los valores reales de las variables para costos de insumos y ganado por hectárea se derivaron de la entrevista y son diferentes para cada agricultor. Los precios de venta son precios de mercado y son estándar.

### **Bovinos alimentados en parcelas forestales no despejadas.**

Los cálculos para el ganado alimentado en parcelas forestales no despejadas siguen la misma lógica que para los pastizales, pero los costos de los insumos son en general mucho más bajos.

## **5.4 ESPACIALIZACIÓN DE LA ATRACCIÓN DEL SUELO PARA LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA**

El cálculo del CO, hecho en esta investigación, se basó en la respuesta a entrevistas que se les hizo a los campesinos de los 10 ejidos analizados. Si bien este enfoque es factible en un pequeño estudio de este tipo, claramente no es posible a mayor escala; se necesitaría un enfoque alternativo para aproximar el CO de agricultores individuales o tipos representativos de agricultores. Por esta razón se pensó en utilizar un modelo que predice la atracción de la tierra, comprobar si ciertas características espaciales/biofísicas, que pueden derivarse fácilmente de los mapas, podrían usarse como un proxy de los CO y determinar de esta forma su variación.

Para establecer la atracción del suelo se utilizó el modelo COSTOPFOR, que es un modelo explícitamente espacial, en él se combina uno de los objetivos del modelo AGRILocal (Morales-Manilla, 2007), el de definir la aptitud territorial para fines agrícolas y/o pecuarios, de acuerdo con el contexto local e histórico en que se han dado dichos cambios en la región objeto de estudio; con el objetivo de determinar, basado en esa aptitud, las zonas con condiciones óptimas para desarrollar actividades productivas, áreas donde se generen mayores utilidades y que por tanto impliquen un CO variable a la hora de compararse con estrategias de conservación. Por ello, se requirió información de uso/cubierta del suelo de al menos dos fechas. Para la región dentro de la que se seleccionó el área susceptible, se empleó información existente correspondiente a 2010 y 2015, a la escala 1:20,000 en ambos casos.

#### **5.4.1 Modelo AGRILocal**

De acuerdo con Ramírez-Sánchez, (2009), el modelo AGRILocal toma en cuenta las prácticas agrícolas locales, dado que, para evaluar las tierras, el modelo maneja como variables las relaciones espaciales existentes entre la distribución del cultivo o pastoreo y diversos aspectos del territorio, las cuales reflejan las prácticas productivas locales. El modelo tiene la forma de una regresión múltiple en donde las variables explicativas son la distancia y calidad de suelo y la variable dependiente es el uso de suelo.

El modelo AGRILocal se basa en dos supuestos: a) las prácticas de los agricultores locales tienden a ser óptimas dentro de las condiciones ambientales y socioeconómicas locales que favorecen o restringen el uso del territorio; b) los valores de esas prácticas están contenidos en los patrones espaciales actuales e históricos de uso del suelo agrícola de la región de estudio.

#### **5.4.2 Modelo COSTOPFOR**

El COSTOPFOR consta de las tres fases que el AGRILocal emplea para lograr su objetivo de definir la aptitud territorial para fines agrícolas o pecuarios.

Se utiliza cierto número de relaciones espaciales relevantes, específicas de la zona de interés, se investiga la forma particular de las funciones matemáticas que describen el grado de preferencia de los valores de cada relación y se determina el grado de influencia o peso de cada relación en la determinación de la disponibilidad de la tierra. Los umbrales de los valores preferidos por las prácticas locales, son obtenidos midiendo las relaciones espaciales entre los eventos geográficos que intervienen en estos procesos, los parámetros del modelo y los patrones espaciales actuales y/o históricos de estas relaciones.

Las medidas de los parámetros del modelo son derivados de una distribución estadística particular de cada relación espacial.

El modelo evalúa las condiciones que localmente se consideran adecuadas para los cultivos y el pastoreo, con base en una combinación de medidas de relevancia-preferencia-influencia, que las relaciones espaciales presentan en el sistema agrícola o ganadero. El uso del modelo es para cuantificar la 'atracción' de diferentes partes de un paisaje, es decir, la probabilidad de que un área sería deforestada porque es altamente 'atractiva' para otros usos como la agricultura o pastizales. Cuanto mayor sea la atracción, mayor será la probabilidad de que sea deforestada o degradada porque los valores altos significan mayores rendimientos de las actividades productivas. Lógicamente, esto quiere decir que los CO de conservación serían más altos también, ya que los campesinos estarían renunciando a actividades que de otra manera darían altas ganancias. A continuación, se describen en detalle los pasos que se siguen para la construcción del modelo.

#### **5.4.2.1 Establecimiento de los parámetros relevantes**

El concepto de relevancia implica una medición cualitativa de la importancia de cierta relación espacial en la decisión de usar cierto terreno para el cultivo y/o la ganadería. El grado de relevancia se puede obtener indirectamente determinando que tanto difiere el patrón de la relación entre la distribución del cultivo y/o de la ganadería y algún parámetro ambiental o socioeconómico respecto a un patrón

aleatorio de la misma relación en la misma zona. Si una relación espacial no es relevante su distribución estadística se aproximará a la del patrón aleatorio. Para encontrar las relaciones espaciales que resultan relevantes se siguen las siguientes técnicas:

- A. Preparación de una lista de las posibles relaciones espaciales relevantes.
- B. Preparación de mapas donde se muestra la relación actual de cada parámetro con respecto al cultivo en cuestión.
- C. Preparación de mapas donde se muestra un patrón aleatorio para cada relación.
- D. Eliminación del efecto tamaño.
- E. Para cada relación, se compara la frecuencia de la distribución de los valores en el mapa actual y en el aleatorio para determinar si la relación es relevante o no.

En el caso del modelo COSTOPFOR la relación de proximidad, se toma a partir del objeto geográfico de las zonas de pastoreo, se determina cuáles relaciones territoriales son relevantes localmente como factores de cambio. Estas relaciones relevantes constituyen los parámetros del modelo.

#### **5.4.2.2 Determinación de la forma de la función**

Para establecer el grado de preferencia en el uso del territorio para cada parámetro, se buscan las categorías con la mayor frecuencia de valores en la distribución, los cuales son los valores o rangos de valores más preferibles para la práctica del cultivo. En la práctica no solo se obtienen los valores considerados como preferibles, sino que, por complemento, aquellos que se consideran como aceptables y marginales. El procedimiento para determinar la preferencia de cada relación se describe a continuación:

- A. Se convierten los valores de frecuencia absoluta en valores de cada categoría, donde se asigna el valor más alto de probabilidad (1.0) al valor más alto de frecuencia y se divide con el resto de los valores para obtener así una probabilidad en una escala entre 0 y 1.

B. Se ajusta una función que describa la relación entre los valores de probabilidad y el valor intermedio de los intervalos de categorías. La mejor función es aquella que ofrece la correlación más alta entre las categorías de la relación y sus valores respectivos de probabilidad. Dependiendo de la forma de la relación se pueden obtener varias funciones que la describan, pero se puede optar por la forma más simple y con el coeficiente de determinación  $R^2$ , ajustado por grados de libertad, más alto posible.

Para cada parámetro escogido, se determina a continuación la probabilidad de que la superficie forestal objeto de interés cambie a un uso específico (generalmente agrícola y/o pecuario).

#### **5.4.2.3 Determinación del grado de influencia de cada parámetro**

Para establecer el grado de influencia que tiene cada relación en la toma de decisiones para la ampliación del cultivo y/o zona de pastoreo, se generan pesos a partir de los patrones espaciales de la cobertura actual del cultivo. Los pesos se necesitan en el modelo porque todas las relaciones espaciales tienen diferentes grados de influencia en la decisión de ampliar o no la cobertura del cultivo y/o las zonas de pastoreo. Los pesos se asignan a cada una de las relaciones espaciales antes de combinarlas en el modelo. La manera en que se realizó este procedimiento fue la siguiente:

Para establecer el grado de influencia de cada una de las relaciones espaciales relevantes para esta fecha, se analizó el valor “**D**” de la prueba estadística de **Kolmogorov-Smirnov**, obtenido de la comparación entre la distribución de las zonas ganaderas para esta fecha y la distribución hipotética aleatoria. Así mismo se transformaron los valores de “**D**” en pesos normalizados.

Para la aplicación del modelo COSTOPFOR, se suman los análisis paramétricos con la integración de los pesos que tiene cada relación espacial.

$$\mathbf{AAT = w_iP_i + w_{i+1}P_{i+1} + \dots w_nP_n}$$

Dónde:

AAT = Atracción agrícola del terreno

$w_i$  = peso del parámetro  $i$ ,  $i = 1 \dots n$

$P_i$  = parámetro  $i$ ,  $i = 1 \dots n$

## **5.5 COINCIDENCIA ENTRE EL CO Y LA ATRACCIÓN DEL SUELO**

En la siguiente etapa lo que se hizo fue cruzar los mapas de CO y los resultados del modelo de atracción para determinar si coincidían, experimentando así que el modelo se puede utilizar como proxy al CO.

Esto se hizo desarrollando una tabla (tabla 6.25 en el capítulo 6), en la que los rendimientos para cada agricultor se muestran junto con el nivel de "probabilidad de deforestación" (basado en la "atracción") en el área en la que se encuentra su granja situada. Una prueba no paramétrica, la R de Spearman, se utiliza para correlacionar los rendimientos con la probabilidad de deforestación. Esta es una prueba robusta que se usa cuando una o más o las variables (en este caso, la probabilidad de deforestación: expresada como alta, media y baja) se presentan en forma de ordinal en lugar de intervalo o de razón. Este tipo de prueba paramétrica también es válida para su uso con muestras relativamente pequeñas y, por lo tanto, es apropiada para el estudio actual.

## **5.6 PRUEBAS ESTADÍSTICAS**

### ***5.6.1 Prueba de Shapiro-Wilk***

En estadística, la prueba de Shapiro–Wilk se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos. Se plantea como hipótesis nula que una muestra  $x_1, \dots, x_n$  proviene de una población normalmente distribuida. Fue publicado en 1965 por Samuel Shapiro y Martin Wilk. Se considera una de las pruebas más potentes para el contraste de normalidad.

Cuando la muestra es como máximo de tamaño 50 se puede contrastar la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk. Para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral,  $S^2$ , y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A

continuación, se calculan las diferencias entre: el primero y el último; el segundo y el penúltimo; el tercero y el antepenúltimo, etc. y se corrigen con unos coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk.

El estadístico de prueba es:

$$W = \frac{D^2}{nS^2}$$

donde D es la suma de las diferencias corregidas.

Se rechazará la hipótesis nula de normalidad si el estadístico W es menor que el valor crítico proporcionado por la tabla elaborada por los autores para el tamaño muestral y el nivel de significación dado.

### **5.6.2 Pruebas no paramétricas**

Se denominan pruebas no paramétricas aquellas que no presuponen una distribución de probabilidad para los datos, por ello se conocen también como de distribución libre (*distribution free*). En la mayor parte de ellas los resultados estadísticos se derivan únicamente a partir de procedimientos de ordenación y recuento, por lo que su base lógica es de fácil comprensión. Cuando trabajamos con muestras pequeñas ( $n < 10$ ) en las que se desconoce si es válido suponer la normalidad de los datos, conviene utilizar pruebas no paramétricas, al menos para corroborar los resultados obtenidos a partir de la utilización de la teoría basada en la normal. En estos casos se emplea como parámetro de centralización la mediana, que es aquel punto para el que el valor de X está el 50% de las veces por debajo y el 50% por encima. (Siegel y Castellan, 1988).

#### **5.6.2.1 Prueba de Kruskal-Wallis**

En estadística, la prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos, en

oposición al tradicional ANOVA. Sí asume, bajo la hipótesis nula, que los datos vienen de la misma distribución. Una forma común en que se viola este supuesto es con datos heterocedásticos.

1. El estadístico está dado por:  $K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$ , donde:

- $n_i$  es el número de observaciones en el grupo  $i$
- $r_{ij}$  es el rango (entre todas las observaciones) de la observación  $j$  en el grupo  $i$
- $N$  es el número total de observaciones entre todos los grupos
- $\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$ ,
- $\bar{r} = (N + 1)/2$  es el promedio de  $r_{ij}$ .

Note que el denominador de la expresión para  $K$  es exactamente  $\frac{(N - 1)N(N + 1)}{12}$ .

$$\text{Luego } K = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2.$$

2. Se puede realizar una corrección para los valores repetidos dividiendo  $K$  por

$$1 - \frac{\sum_{i=1}^G (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N}, \text{ donde } G \text{ es el número de grupos de diferentes rangos repetidos, y } t_i \text{ es el}$$

número de observaciones repetidas dentro del grupo  $i$  que tiene observaciones repetidas para un determinado valor. Esta corrección hace cambiar a  $K$  muy poco al menos que existan un gran número de observaciones repetidas.

(Kruskal y Wallis, 1952)

### 5.6.2.2 Prueba de Dunn

Se utiliza para hacer comparaciones múltiples entre los grupos. Una manera efectiva de realizar inferencias simultáneas en parejas fue presentada por Dunn (1964). Primero combinamos los datos, los jerarquizamos, hallamos los rangos de las medias grupales y luego obtenemos las diferencias absolutas estandarizadas de estos rangos promedio.

Supongamos que  $k$  = el número de tratamientos,  $k > 2$

Sea  $R_i$  = la suma de los rangos para el  $i$ -ésimo tratamiento,  $i = 1, \dots, k$

Sea  $\bar{R}_i = \frac{R_i}{n_i}$

Donde  $n_i$  = el número de observaciones del i-ésimo tratamiento

Supongamos que 
$$\theta = \frac{|\bar{R}_i - \bar{R}_j|}{\zeta}$$

Donde  $j=1, \dots, k$  y  $j \neq i$

Donde 
$$\zeta = \sqrt{\left[\frac{N(N+1)}{12}\right] \times \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right]}$$

### Estadístico H

$$\left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_i \frac{R_i^2}{n_i}\right) - 3(N+1)$$

Donde 
$$N = \sum_i n_i$$

Entonces declararemos "significancia" si:

$$\theta \geq z$$

Donde 
$$z = Z \frac{\alpha}{k(k-1)}$$

Donde  $\alpha$  es un valor de nivel de significancia por familia especificado,  $0 < \alpha < 1$

### 5.6.2.3 Eta cuadrado

ETA cuadrado es el porcentaje de la variable dependiente controlada por la variable independiente. Cuando se trata de estimar el tamaño del efecto de  $\eta^2$  de forma total entonces hay que dividir la Suma de Cuadrados del Efecto por la Suma del Cuadrados Total. Si se trata de un diseño con dos factores o dos variables independientes (A x B) entonces el tamaño del efecto se estima para los dos efectos principales (A y B) y para el efecto de interacción A x B. Por lo tanto, habrá que estimar tres tamaños del efecto. (Frías-Navarro, 2015)

### 5.6.2.4 Coeficiente de Spearman

Un coeficiente de correlación mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. No es conveniente identificar correlación con dependencia causal, ya que, si hay una semejanza formal entre ambos conceptos, no puede deducirse de esto que sean análogos; en efecto es posible que haya una alta correlación entre dos acontecimientos y que, sin

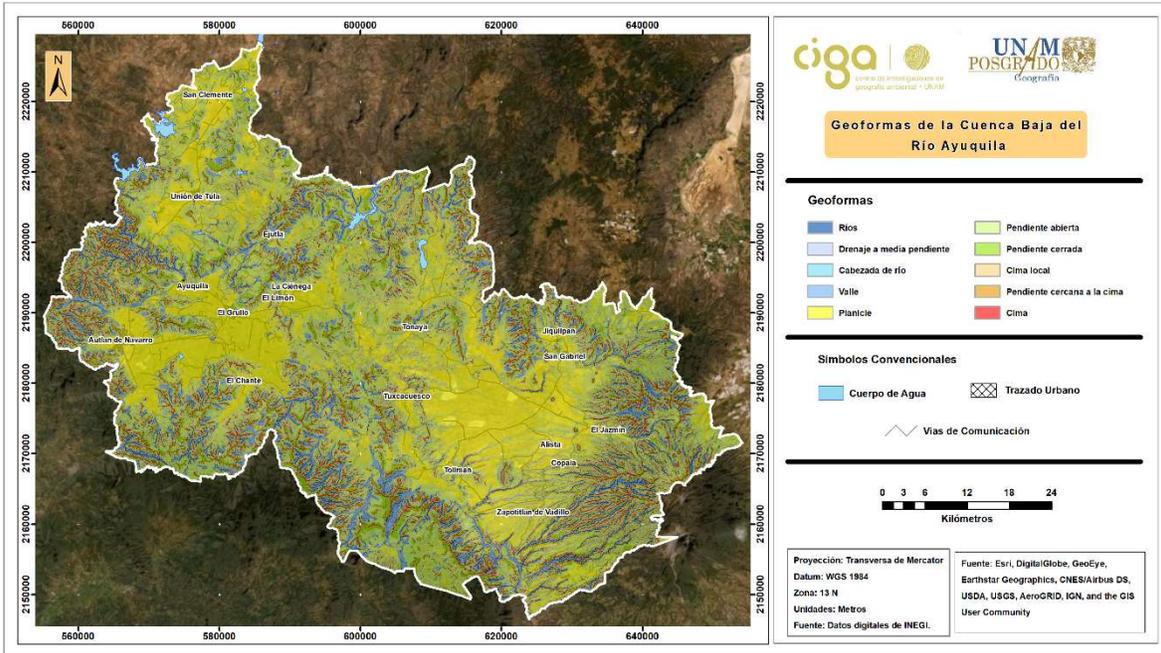
embargo, no exista entre ellos relación de causa o efecto; por ejemplo, cuando dos acontecimientos tienen alguna causa común, pueden resultar altamente asociados y no son el uno causa del otro. Cabe recordar que el coeficiente fluctúa entre  $-1 \leq \rho \leq 1$ . (Dallas,2000)

El coeficiente de correlación de Spearman es un coeficiente no paramétrico alternativo al coeficiente de correlación de Pearson cuando este no cumple algunos supuestos. Charles Spearman contribuyó al análisis del factor, a la teoría de la inteligencia, elaboró una prueba de la teoría mental. Se define el coeficiente de correlación de rangos de Spearman como el coeficiente de correlación lineal (Conover,1998)

## **5.7 VARIABLES TOPOGRAFICAS**

on el objetivo de obtener un mapa de formas de relieve para el área de estudio, se realizó un proceso que permite obtener de forma automatizada las formas de relieve. Para este proceso, primero se obtuvo el índice de posición topográfica y posteriormente se obtuvo el mapa de unidades de relieve usando como insumo el índice previamente obtenido en el módulo Landforms del programa SAGA ().

Debido a la experticia que se necesita para interpretar correctamente las curvas de nivel, se decidió utilizar un método morfométrico basado en los índices de posición topográfica, que permite indicar con mayor precisión las formas del relieve, se hizo un mapa de geoformas, del área de estudio, utilizando el software SAGA, y su módulo Landforms, (Mapa 5.1).



Mapa 5.1 Geoformas de la zona de estudio

En el capítulo 6 se utilizó la metodología descrita en este capítulo, mediante la cual se obtubieron los resultados de esta investigación.

## **CAPÍTULO 6 RESULTADOS**

### **6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA**

Luego de realizar un análisis de las actividades que se desarrollan en el área de estudio y descartar ciertas actividades como minería (mediante entrevistas y recorridos a campo), turismo (mediante entrevistas y recorridos a campo) y crecimiento urbano (consultando los datos poblacionales de INEGI de los últimos 20 años). Se concluye que en el área se llevan a cabo actividades como, la agricultura permanente y la temporal (roza, tumba y quema) y la ganadería, que se asocian a procesos de deforestación y degradación.

#### ***6.1.1 Agricultura en la cuenca baja del Ayuquila***

En la zona se practica la agricultura de temporal y la de riego. En el caso de la agricultura de temporal el cultivo que predomina es el maíz, este se siembra en dos terrenos diferentes. Podemos encontrarlo en los coamiles que están ubicados en las laderas y son de difícil acceso para las máquinas como tractores, el sitio se limpia y quema, aquí se cultiva el maíz, en época de lluvia, con una herramienta llamada coa con la que se abren orificios donde se deposita la semilla. Estos coamiles se usan por un período de cerca de tres años y luego se deja descansar por un par de años.

El maíz de temporal también se siembra en las parcelas o yuntas, que están en zonas llanas donde se utilizan tractores y arados para apoyar la agricultura. El maíz se abona con fertilizantes generalmente químicos y se le aplican herbicidas. Después de la cosecha se deja el rastrojo para alimentar el ganado, en algunos casos la cosecha también es para alimentar los animales, en caso de no tener ganado propio los campesinos venden el rastrojo a otros que si tienen y entonces este ganado es llevado a pastar a la parcela que se compró. En la agricultura de riego los cultivos fundamentales son maíz, sorgo, frijol, en parcelas donde es posible la irrigación, que se hace en la mayoría de los casos por gravedad. En los últimos años el agave ha reemplazado el cultivo del maíz. Ha bajado mucho el precio del maíz.

### **6.1.2 Ganadería en la cuenca baja del Ayuquila**

La importancia de la ganadería como actividad productiva ha aumentado mucho en la zona, en los últimos 10 años se duplicó la producción ganadera debido al alza en los precios de la carne. La ganadería anteriormente se hacía de forma extensiva, pero en los últimos años ha habido un gran cambio en este método, debido a varios factores, como la repartición de las tierras comunes, y la utilidad que genera la actividad a gran escala. En el 90% del área de estudio las áreas comunes se han repartido entre todos los ejidatarios y se han dividido con lienzos las propiedades, algunos ejidatarios han vendido su parte a otros campesinos que la utilizan para la ganadería, que tienen hatos más grandes y se dedican a la actividad comercial.

Existen dos maneras de practicar la ganadería, a pequeña escala, con hatos que van desde 1 hasta 10 animales, cuyo objetivo es tener una fuente de donde obtener dinero en caso de necesitarlo ante una emergencia que puede ser una enfermedad en la familia o una celebración, entre otras. La otra manera es con hatos muy grandes de entre 10 a 50 o más cabezas de ganado y el principal objetivo es comercializar la carne de res. Se necesita mucho alimento para el ganado que se comercializa, (debe alcanzar un peso máximo en un menor período de tiempo). Se siembra pasto en las parcelas o coamiles de maíz y cuando se cosecha el maíz las tierras son utilizadas como pastizales permanentes

### **6.1.3 Agricultura y Ganadería como causas de deforestación y degradación**

En la Cuenca del Río Ayuquila los campesinos desarrollan algunas actividades productivas, que están asociadas directamente a la deforestación (como el establecimiento de pastizales inducidos y parcelas de agricultura permanente), y otras que son una causa de impacto sobre la composición y estructura de la vegetación, entonces son causa de degradación. Las más importantes son generalmente identificadas como: agricultura migratoria y ganadería de pastoreo libre. Detrás de estas causas directas hay muchas causas indirectas (CIGA, 2012).

En los últimos 20 años los cambios de uso de suelo que más han resultado en deforestación, en esta región específica, son de selva baja a pastizal inducido y de agricultura de temporal (roza, tumba, quema RTQ) a pastizal inducido (CIGA, 2012). Esto se puede explicar de la siguiente manera, teniendo en cuenta las respuestas sobre este fenómeno en las entrevistas realizadas:

La agricultura de temporal, en la que ha predominado el sistema de cultivo de coamil (una forma de RTQ: cultivos de ladera con ciclo de barbecho, desmonte y quema), continúa siendo común en el área, aunque la tasa de su expansión es baja en los últimos años (0.2% anual) (CIGA, 2012)); las probabilidades de transición de bosques y selvas ya intactos a agricultura de temporal (RTQ) son relativamente bajas. La conversión directa de selva baja a pastizales es también muy limitada. Pero en muchos lugares se ha observado la conversión de área anteriormente usada para RTQ a pastizales permanentes. Parece que muchas veces un campesino que quiere más pastizal convierte la selva baja en dos etapas; primero limpia el bosque y utiliza el área durante uno o dos años para la producción de maíz, al año siguiente lo convierte en pastizal. Los análisis realizados con detección remota interpretarán esto como una conversión directa si las observaciones se realizan a intervalos de dos años o más.

Este proceso de conversión a pastizal permanente puede asociarse a los bajos rendimientos de la productividad agrícola de temporal y al deterioro de los términos de intercambio de los productos respecto a los insumos agrícolas (CIGA, 2012). El precio del maíz bajó mucho en los últimos años \$ 4.00 el kg, por tanto, no es rentable vender maíz y a menudo los campesinos sólo siembran 1ha, para el gasto, es decir autoconsumo (a pesar de todas las presiones del mercado moderno, existe un sentimiento de que la comida propia es más sabrosa). En otros casos no lo siembran ni para su consumo, prefieren comprar la tortilla ya hecha. También se siembra maíz solo para alimentar el ganado, propio o ajeno, es decir, si no tienen animales, venden el maíz a los que sí tienen. Pero otra modalidad, que se está volviendo cada vez más popular, es sembrar maíz para uno o dos años y luego que el ganado lo come (los residuos de maíz tales como tallos y hojas), siembran pasto, convirtiendo

de esta manera el bosque definitivamente en pastizal permanente, como se explicó arriba. La popularidad de esta ruta es porque permite a los agricultores obtener subsidios y apoyo de programas de gobierno como PROCAMPO que requieren que la tierra esté en uso durante al menos 5 años continuamente.

Dado que el área estudiada es sólo una parte del territorio de la JIRA, se deduce que el análisis de la información recopilada en las entrevistas aplicadas da como resultado, que, en este caso, de las actividades productivas que causan deforestación y degradación, las que se realizan en estos ejidos son fundamentalmente la agricultura y la ganadería.

Como se puede observar, la agricultura está en función de la ganadería y la relación entre estas es indisoluble, borrando en muchas ocasiones los límites entre un campesino y un ganadero. Estas actividades vinculadas a la deforestación y degradación garantizan el sustento económico de las personas que las realizan y de sus familias, son extremadamente importantes en sus vidas, por lo que a la hora de decidir entre ellas y una alternativa de conservación siempre las primeras tienen un peso mayor.

En el área se desarrollan la actividad ganadera y la agrícola, en cada una de ellas se realizan acciones asociadas los dos procesos deforestación y degradación. RTQ es cultivo, pero generalmente resulta en degradación, no en deforestación. El pastoreo libre del ganado en el bosque da como resultado la degradación, pero el desarrollo de pastizales inducidos para el pastoreo da como resultado la deforestación. Además, no hay un monto diferenciado de PSA para detener deforestación o degradación. Por tanto, la diferencia de CO de detener ambos procesos va a depender de la actividad que los causa y no de los procesos en sí.

| <b>Actividad</b> | <b>Deforestación</b>   | <b>Degradación</b>                   |
|------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Agricultura      | Agricultura permanente | Agricultura de temporal (RTQ/Coamil) |
| Ganadería        | Pastizal inducido      | Pastoreo libre en el bosque.         |

Tabla.6.1 Actividad, asociada a los procesos de deforestación y degradación

## 6.2 SUPERFICIE POR CAMPESINO

De acuerdo con las entrevistas desarrolladas en estos ejidos el 96% de los entrevistados es dueño de la tierra, sólo el 4% trabaja tierra prestada por amigos o familiares. El derecho ejidal en la zona oscila entre 6-8 hectáreas, los que tienen más hectáreas es porque las han comprado y los que tienen menos las han vendido o cedido a hijos que se casan.

Los resultados que arrojan las encuestas muestran que el 46% de los ejidatarios poseen una superficie de 8 hectáreas de parcela, un 26% tienen 10 hectáreas, y vale la pena mencionar que el 4 y 2% de los entrevistados poseen 30 y 60 hectáreas de parcela, estos últimos corresponden a ejidatarios que han ido comprando parcelas a los demás ejidatarios y es por eso por lo que poseen una gran superficie de parcela (Gráfica 6.1).



Gráfica 6.1. Superficie de parcela por ejidatario (% de la muestra n=45)

## 6.3 UTILIDAD DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA

La primera parte del análisis es en términos de cada granja y se refiere a su producción total, por lo que los resultados se dan en totales por unidad de producción, lo cual es importante porque muestra la gran variedad de estas unidades de producción agropecuaria que están presentes en la zona, desde muy pequeña a bastante grande. En la segunda parte, se presentarán los resultados de

utilidad por hectárea, ya que esto permitirá hacer declaraciones sobre los CO en una base comparativa, debido a que los PSA se hacen por hectárea.

Es importante mencionar que estas utilidades, los campesinos agrícolas con poco ganado, se consideran agricultores, por lo que se tomaron en cuenta en la actividad agrícola a la hora de realizar los cálculos.

| <b>Actividades</b> | <b>Utilidad total mínimo</b> | <b>Utilidad total promedio</b> | <b>Utilidad total máximo</b> | <b>n</b> |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------|
| <b>Agricultura</b> | \$4,900.00                   | \$13,804.55                    | \$18,500.00                  | 11       |
| <b>Ganadería</b>   | \$12,420.00                  | \$85,260.06                    | \$340,000.00                 | 34       |

Tabla 6.2 Utilidad total de Agricultura y Ganadería.

En el caso de la agricultura hay un mínimo de utilidad total por granja que es \$4,900.00 y un máximo \$18,500.00 para un promedio de \$13,804.55. Para la ganadería el mínimo de utilidad total es de \$12,420.00, el máximo es de \$ 340,000.00 y el promedio es de \$ 85,260.06.

| <b>Actividades</b> | <b>Utilidad/ha mínimo</b> | <b>Utilidad/ha promedio</b> | <b>Utilidad/ha máximo</b> | <b>n</b> |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------|
| Agricultura        | \$1,633.33                | \$1,967.17                  | \$3,375.00                | 11       |
| Ganadería          | \$1,013.33                | \$7,760.85                  | \$26,560.00               | 34       |

Tabla 6.3 Utilidad/ha de Agricultura y Ganadería

La utilidad por hectárea de cada actividad tabla 6.3 se comporta de la siguiente manera, para agricultura hay un mínimo de utilidad por ha que es \$ 1,633.33, un máximo de \$3,375.00 y el promedio es de \$1,967.17. En ganadería el mínimo de utilidad por ha es de \$ 1,013.33, el máximo es de \$ 26,560.00 y el promedio es de \$7,760.85.

#### **6.4 UTILIDAD Y PSA**

En la tabla 6.4 se comparan los promedios de utilidades/ha de las dos actividades y los montos/ha pagados en PSA, para hacer la comparación se tomó el monto

pagado por ha al año, a las zonas elegibles con cobertura tipo selva baja, es importante mencionar que es de los montos más bajos, lo que contrasta con el dato de la acelerada desaparición que sufre este ecosistema. A simple vista se observa que los montos pagados por PSA son inferiores a la utilidad/ha promedio de ambas actividades y también resalta el hecho de que no haya diferencias en el pago por tipo de actividad.

| <b>Actividades</b> | <b>Utilidad /ha promedio</b> | <b>Monto/ha PSA</b> | <b>n</b> |
|--------------------|------------------------------|---------------------|----------|
| <b>Agricultura</b> | \$1,967.17                   | \$382.00            | 11       |
| <b>Ganadería</b>   | \$7,760.85                   | \$382.00            | 34       |

Tabla 6.4 Utilidad/ha y PSA/ha

La utilidad de la actividad ganadera y de la agrícola son muy diferentes entre sí y ambas utilidades son muy altas comparadas con los montos de pagos de programas de PSA que intentan disminuir los procesos de deforestación y degradación.

Utilizando diferentes pruebas estadísticas se analizaron los datos sobre utilidad y los CO de las actividades y los diferentes tipos de campesinos.

1. Prueba de Kruskal-Wallis, esta prueba se aplicó a las utilidades de las dos actividades productivas, Agricultura y Ganadería, para evaluar si son diferentes.
2. Prueba de Kruskal-Wallis, a las utilidades en total y a las utilidades/ha de cada tipo de campesino, para determinar si existen diferencias entre ellos.
3. Correlación de Spearman, para explorar si existe alguna relación entre el CO de las diferentes actividades y las características geomorfológicas de la zona.

## **6.5 LA UTILIDAD DE AGRICULTURA VS GANADERÍA**

Prueba de Kruskal-Wallis se aplicó para establecer si hay diferencias estadísticas entre los CO de la agricultura y la ganadería. Esta prueba es la equivalente no paramétrica del análisis de varianza, se decidió aplicar debido a la naturaleza de los datos. La variable de respuesta fue la utilidad por hectárea para cada una de las actividades. La variable explicativa fue el tipo de actividad.

|                      |          |
|----------------------|----------|
| K(Valor observado)   | 18.437   |
| K(Valor crítico)     | 3.841    |
| GL                   | 1        |
| Valor-p( unilateral) | < 0.0001 |
| Alfa                 | 0.05     |

Tabla 6.5 Prueba de Kruskal-Wallis / Prueba bilateral

Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.

Interpretación de la prueba:

H0: Las muestras vienen de la misma población.

Ha: Las muestras no vienen de la misma población.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El resultado de esta prueba nos permite afirmar que debido a que las utilidades por hectáreas que generan las dos actividades tienen una diferencia estadísticamente significativa, hay una diferencia en practicar una u otra actividad.

Mediante el procedimiento de Dunn se hacen comparaciones múltiples que nos ayudan a conocer qué grupos de datos son diferentes entre ellos.

| Muestra     | Frecuencia | Suma de rangos | Media de rangos | Grupos |   |
|-------------|------------|----------------|-----------------|--------|---|
| Ganadería   | 34         | 944.500        | 27.779          | A      |   |
| Agricultura | 11         | 90.500         | 8.227           |        | B |

Tabla 6.6 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn

La interpretación de los resultados del procedimiento de Dunn, nos dice que los datos pertenecen a grupos diferentes, por lo que se puede deducir que la actividad agrícola y la actividad ganadera tienen diferente CO.

## 6.6. ESCENARIOS DE CO DE GANADERIA PARA REDD+

Para programas de conservación como REDD+ es importante conocer las diferentes alternativas que se tienen a la hora de abordar una actividad, en este caso la ganadería, las diferentes formas en que se lleva a cabo y las implicaciones, económicas para los campesinos y de conservación para el bosque. Es por esto por lo que se desglosa la actividad ganadera en las diferentes modalidades en las que se desarrolla, en dependencia de la época del año, el objetivo con que se practica la actividad productiva, el tamaño del hato y el poder adquisitivo del ganadero.

También es importante enfatizar en que estos escenarios son estimados con base en los costos, precios y todos los datos obtenidos de las entrevistas, y que se utilizarán para la toma de decisiones informada en programas de conservación.

### 6.6.1. Escenario actual Ganadería con Parcela y Bosque

Esta es la situación actual en la que los campesinos pueden llevar su ganado a pastar en sus parcelas, en época de secas, dónde se alimentan del rastrojo de la cosecha de maíz o en otros casos del pasto sembrado y en época de lluvias lo llevan al bosque dónde se alimenta del soto bosque y pasta libremente.

| Actividad |         | Utilidad promedio/ha/año | Monto/ha/año PSA |
|-----------|---------|--------------------------|------------------|
| Ganadería | Parcela | \$7,000                  | 382              |
|           | Bosque  |                          |                  |

Tabla 6.7 Utilidad promedio /ha /año, de la actividad ganadera en parcela y bosque

### 6.6.2. Escenario 1 Ganadería con Parcela y sin Bosque

En caso de que sea necesario que el ganado permanezca todo el año en la parcela, el gasto por alimentos es doble. Porque en los meses que el ganado puede estar en el bosque no se hace gasto de comida y al no poder pastar libremente aumentaría el gasto de alimentos.

| Actividad |         | Utilidad promedio/ha/año | Monto/ha/año PSA |
|-----------|---------|--------------------------|------------------|
| Ganadería | Parcela | \$5,000                  | 382              |

Tabla 6.8 Utilidad promedio /ha /año, de la actividad ganadera en parcela

### 6.6.3. Escenario 2 Ganadería sin Parcela y sin Bosque (Establos todo el año)

En el escenario siguiente se estima la utilidad de la ganadería en caso de que el campesino no pueda llevar a su ganado al bosque ni tenerlo en su parcela, por lo que se hace la estimación basados en el precio de un establo estándar y se continúa duplicando el gasto por alimentación.

La cifra que se obtiene como resultado incluye el gasto en la construcción del establo, que es un gasto de una sola vez, es decir que la utilidad puede aumentar.

| Actividad |         | Utilidad promedio/ha/año | Monto/ha/año PSA |
|-----------|---------|--------------------------|------------------|
| Ganadería | Establo | \$3,700                  | 382              |

Tabla 6.9 Utilidad promedio /ha /año, de la actividad ganadera en establo.

Es importante destacar que aún en el escenario con menor utilidad, el monto pagado por PSA es una cantidad muy baja, que no pueda competir con el valor económico de las actividades actuales.

## 6.7 DIFERENCIAS ENTRE TIPOS DE CAMPESINOS

### 6.7.1 Tipos de campesino

Como se menciona en el capítulo 3, se puede agrupar a los ejidatarios no simplemente en las categorías 'agricultor' y 'ganadero' sino en tres grupos principales, según su propia percepción de pertenencia a un grupo, el objetivo con que realizan la actividad productiva y el tamaño de la unidad de producción:

- A.- Agrícola (18% de los entrevistados), en este grupo se encuentran aquellos ejidatarios que su principal actividad, sino la única es la agricultura, sembrando

principalmente maíz y sorgo, los ejidatarios que siembran maíz y sorgo, tienen una producción que va de 1 a 2 ton/ha, cabe decir que este tipo de ejidatario no paga jornales y es la familia la que se emplea en el cultivo.

- B.- Agrícola-ganadero (7% de entrevistados), aquí se encuentran aquellos ejidatarios que realizan siembra de algún producto y la combinan con la actividad ganadera, pero a muy pequeña escala con muy pocas cabezas de ganado que no crían para la venta sino para suplir necesidades económicas del seno familiar.
- C.- Ganadero (75% de los entrevistados), son ejidatarios que se dedican exclusivamente a la cría y venta de ganado (Gráfica 6.2)

Se aprecia que los ganaderos son el mayor porcentaje de entrevistados, esto no fue intencional, al seguir el método de bola de nieve a la hora de elegir al próximo entrevistado, se contactó a mayor número de ganaderos con respecto a los otros tipos de campesino. Esto puede explicarse por el aumento de la actividad en la zona y las grandes utilidades que genera, incentivando a muchos campesinos a incorporarse a la actividad.

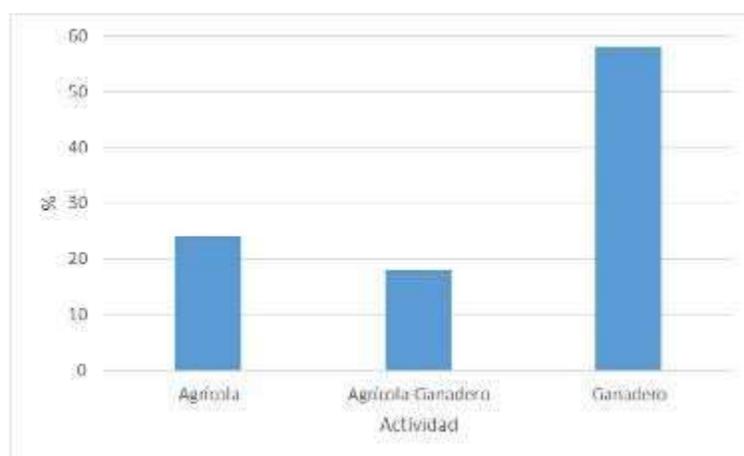
En el área de estudio hay también grandes agricultores (de azúcar etc.), que preferimos excluir del análisis por sus altos costos de oportunidad que los hace indiferentes a cualquier alternativa de conservación, y porque estaban establecidos hace mucho tiempo y no están involucrados ahora en deforestación ni degradación. Hay poca probabilidad de expansión de este tipo de terrenos dado que no hay más suelos apropiados para este tipo de agricultura.

La tipología de los tres grupos, las diferencias entre ellos, como son la propia percepción de los campesinos en cuanto qué grupo consideran que pertenecen, el poder adquisitivo que tienen y sus intereses propios son los que impactan grandemente en el CO.

En la muestra analizada los campesinos tienen una percepción de ellos mismos y se clasifican así mismos dentro de los tipos de campesinos ya descritos, pero los límites son muy borrosos, debido a la gran relación entre la actividad agrícola y la

ganadera, algunos afirman que para ser ganaderos hay que ser agricultores también, porque siembran pasto o maíz para su ganado.

Es posible que el CO de un ganadero sea mayor, porque invierte mucho más para realizar su actividad y sus ganancias son mayores, pero este tipo de campesino impacta menos el bosque porque su ganado por lo general está en potreros dónde son alimentados hasta que alcancen un peso ideal y entonces vendido. En el caso de los otros dos tipos, su CO puede ser menor, debido a pocas ganancias en cualquiera de las actividades que desarrollan, pero su influencia en la degradación del bosque puede ser mayor, en el caso del ganado este, la mayor parte del tiempo se alimenta de lo que logra recolectar en el bosque, este menor CO los convierte en personas con más interés en incentivos económicos para conservación, siempre y cuando los mismos garanticen su subsistencia.



Gráfica 6.2 Tipo de campesinos en la muestra de acuerdo con la actividad que realizan. **n=45**

Ante esta disyuntiva es que es crucial comprender el CO específico de cada grupo para diseñar cualquier incentivo económico que pretenda propiciar la conservación del bosque.

### **6.7.2 Diferencias entre los 3 tipos de campesinos**

#### **Prueba de Kruskal-Wallis**

En este caso la variable de respuesta fue la utilidad para cada uno de los tipos de campesinos. La variable explicativa fue el tipo de campesino.

Este análisis se realizó a dos niveles; primeramente, tomando la utilidad total de la granja y enseguida tomando en cuenta la utilidad por hectárea, con el objetivo de determinar si la diferencia de utilidad entre los tres tipos de campesinos es significativa o no.

Después de evaluar la hipótesis nula, de que las medias de la utilidad de los tipos de campesinos son iguales y con el objetivo de identificar cuáles tipos de campesinos son diferentes, se realizó la prueba Dunn, con una corrección de Bonferroni, la cual permite realizar comparaciones múltiples entre grupos de campesinos.

#### **Utilidad total**

|                      |          |
|----------------------|----------|
| K(Valor observado)   | 19.288   |
| K(Valor crítico)     | 5.991    |
| GL                   | 2        |
| Valor-p( unilateral) | < 0.0001 |
| Alfa                 | 0.05     |

Tabla 6.7 Prueba de Kruskal-Wallis que evalúa si la utilidad entre tipo de campesino es significativamente diferente.

Interpretación de la prueba:

H<sub>0</sub>: Las muestras vienen de la misma población.

H<sub>a</sub>: Las muestras no vienen de la misma población.

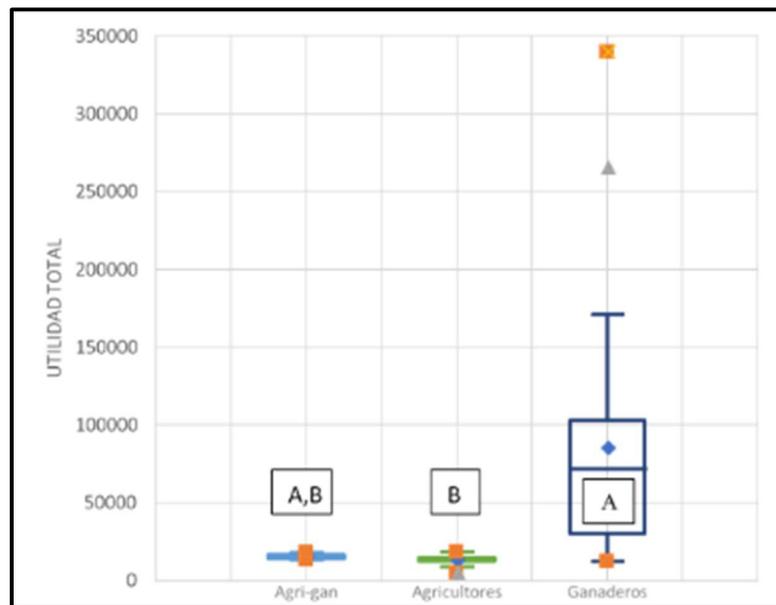
Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación alfa=0.05, se debe rechazar la hipótesis nula H<sub>0</sub>, y aceptar la hipótesis alternativa H<sub>a</sub>.

El análisis indica que la utilidad entre los tipos de campesinos es significativamente diferente, es decir que los tres tipos de campesinos son diferentes entre sí. (Tabla 6.8).

| Muestra      | Frecuencia | Suma de rangos | Media de rangos | Grupos |   |
|--------------|------------|----------------|-----------------|--------|---|
| Ganaderos    | 34         | 948.000        | 27.882          | A      |   |
| Agri-gan     | 3          | 27.000         | 9.000           | A      | B |
| Agricultores | 8          | 60.000         | 7.500           |        | B |

Tabla 6.8 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral.

La prueba de comparaciones múltiples de Dunn indica que los campesinos Agricultores y los Ganaderos tienen una diferencia significativa en cuanto a la utilidad de sus actividades, pero los Agricultores con poco ganado no, esto se puede deber al tamaño de la muestra, demasiado pequeña (Gráfico. 6.3).



Gráfica 6.3. Gráfico de caja y bigotes de la utilidad en cada uno de los tipos de campesinos. Las letras dentro del gráfico indican grupos semejantes.

Lo anterior indica que sí hay diferencia en la utilidad total entre campesinos, pero particularmente entre ganaderos y los campesinos agricultores.

## Utilidad por hectárea

|                      |          |
|----------------------|----------|
| K(Valor observado)   | 18.874   |
| K(Valor crítico)     | 5.991    |
| GL                   | 2        |
| Valor-p( unilateral) | < 0.0001 |
| Alfa                 | 0.05     |

Tabla 6.9 . Prueba de Kruskal-Wallis que evalúa si la utilidad/ha entre tipo de campesino es significativamente diferente.

Interpretación de la prueba:

H0: Las muestras vienen de la misma población.

Ha: Las muestras no vienen de la misma población.

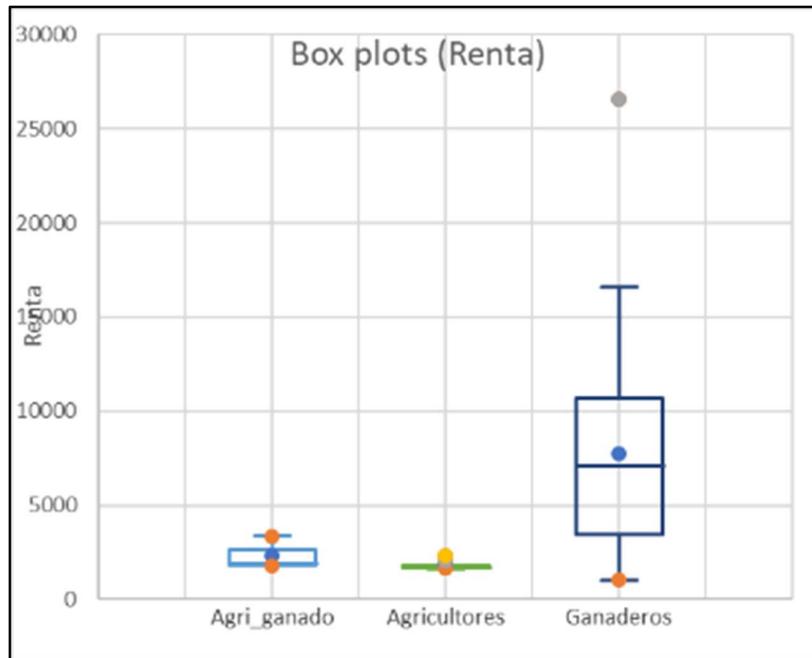
Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

Nuestro análisis nos indica que sí es significativa la diferencia en utilidad por hectárea entre los tres tipos de campesinos.

| Muestra      | Frecuencia | Suma de rangos | Media de rangos | Grupos |   |
|--------------|------------|----------------|-----------------|--------|---|
| Agricultores | 8          | 53.000         | 6.625           | A      |   |
| Agri_ganado  | 3          | 37.500         | 12.500          | A      | B |
| Ganaderos    | 34         | 944.500        | 27.779          |        | B |

Tabla 6.10 Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral.

La prueba de comparaciones múltiples de Dunn indica que los campesinos Agricultores y los Ganaderos tienen una diferencia significativa en cuanto a la utilidad/ha de sus actividades, pero los Agricultores con poco ganado no. Este grupo cae intermedio en su utilidad entre los ganaderos y los agricultores y las diferencias no son suficientes para separarlos ni de los agricultores ni de los ganaderos, en parte porque el grupo está conformado de pocos individuos dentro de la muestra.



Gráfica 6.4. Gráfico de caja y bigotes de la utilidad/ha en cada uno de los tipos de campesinos.

En resumen, los resultados obtenidos en el análisis de los datos sobre las actividades productivas, en los acápite anteriores arrojaron que:

La utilidad de la actividad agrícola y la de la actividad ganadera, son muy diferentes entre sí, siendo considerablemente mayor la utilidad de la ganadería, tanto en el análisis por granja, como en el hecho por hectáreas. Pero, aunque la utilidad de la actividad agrícola es menor que la de la ganadería, aún es mayor que el monto pagado actualmente por hectárea, en los PSA, lo que constituye un impedimento para estrategias de conservación de este tipo, debido a que compiten con actividades que tienen una utilidad mayor que el monto ofrecido.

En el caso de los escenarios para ganadería, estos muestran las utilidades que se obtendrían en el caso que la actividad tuviera que practicarse bajo ciertas premisas, como no poder utilizar el bosque o tener el ganado totalmente estabulado sin posibilidad de ser pastoreado libremente. Esto se hace para tener una idea de cómo se comportarían las utilidades con ciertas alternativas que favorecerían el bosque y nos permite observar el impacto económico en los campesinos.

Tanto la utilidad total, como la utilidad por hectárea es diferente entre los tipos de campesinos, y significativamente diferente entre campesinos agrícolas y ganaderos, en este último caso se observa una gran variación dentro del grupo, lo que se explica por la gran diferencia entre los tamaños de las granjas, las cantidades de cabezas de ganado y las grandes diferencias entre las utilidades que obtienen los ganaderos, dentro de su propio grupo.

## **6.8 CORRELACIÓN ENTRE CO Y CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LA ZONA.**

Para el análisis de la espacialización de utilidad y los CO, fue necesario dividir el análisis en dos partes y considerar por una parte las granjas dedicadas a la agricultura y por otra las granjas dedicadas exclusivamente a la ganadería. Esto se debió a que la utilidad por hectárea de las últimas es mucho mayor, estas diferencias enmascararían las diferencias internas dentro de los grupos si se pusieran todos en una sola canasta. Por lo tanto, en lo que sigue, primero miramos la espacialización de utilidad de los agricultores y agricultores con poco ganado, y enseguida la espacialización de utilidad de los ganadores.

El mapa resultante del análisis SAGA/Landforms mapa 5.1, se cruzó con el mapa de puntos de sitios de muestreo, que representa la ubicación espacial dónde los campesinos agrícolas y agrícolas con poco ganado, desarrollan sus actividades, para establecer la forma del relieve asociada con las actividades de cada granja. Además, se determinó para cada sitio (granja) otros parámetros morfométricos, como son la altitud y la pendiente del terreno.

### **Análisis**

El primer paso fue evaluar si los datos representaron una curva normal, para determinar si ciertas técnicas estadísticas podrían aplicarse. La normalidad de la muestra se determinó con la prueba Shapiro-Wilk.

|                     |          |
|---------------------|----------|
| W                   | 0.643    |
| Valor-p (bilateral) | < 0.0001 |

|      |      |
|------|------|
| Alfa | 0.05 |
|------|------|

Tabla 6.11. Prueba de Shapiro-Wilk que evalúa la normalidad de los datos.

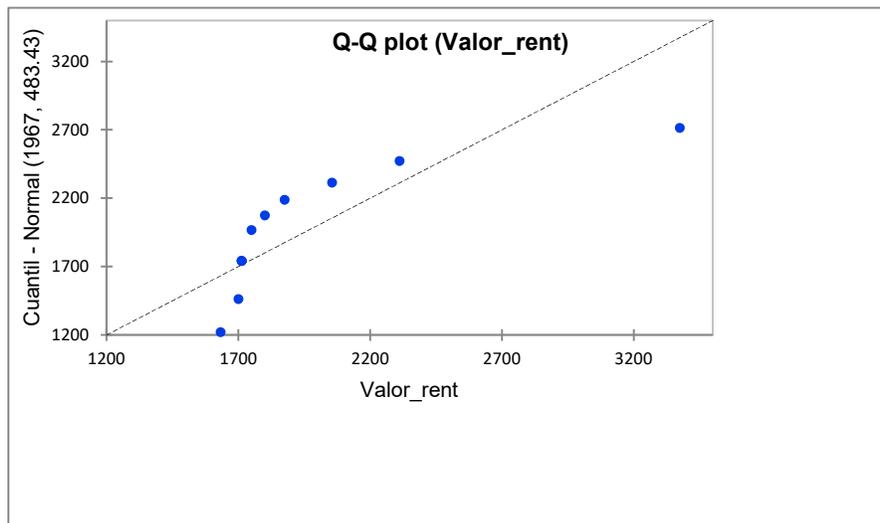


Gráfico 6.5 Curva que siguen los datos.

La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución normal. Este hecho implica que las pruebas estadísticas estándar de correlación de las características del suelo y la utilidad no pueden ser utilizadas. Por esta razón, se utiliza una prueba no paramétrica.

El coeficiente de correlación Eta-squared se aplicó para probar la asociación entre las geoformas y la utilidad. Esta medida de asociación fue obtenida mediante la función `Etasq` del paquete `Heplost` en el paquete estadístico R (Fox, 2016).

Con Eta, se evaluó la medida de asociación entre una variable numérica (utilidad por ha para cada uno de los agricultores,  $n=11$ ) y una variable categórica (condición de geoforma, en este caso medido en 10 niveles), como se pueda ver en Tabla 6.12, usando el coeficiente Eta cuadrado (Burdess 2010).

| Categoría | Geoforma                  |
|-----------|---------------------------|
| 0         | Río                       |
| 1         | Drenaje a media pendiente |
| 2         | Drenaje de ladera         |
| 3         | Valle                     |

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 4 | Planicie o llanura          |
| 5 | Pendiente abierta           |
| 6 | Pendiente cerrada           |
| 7 | Cimas locales               |
| 8 | Pendiente cercana a la cima |
| 9 | Cima                        |

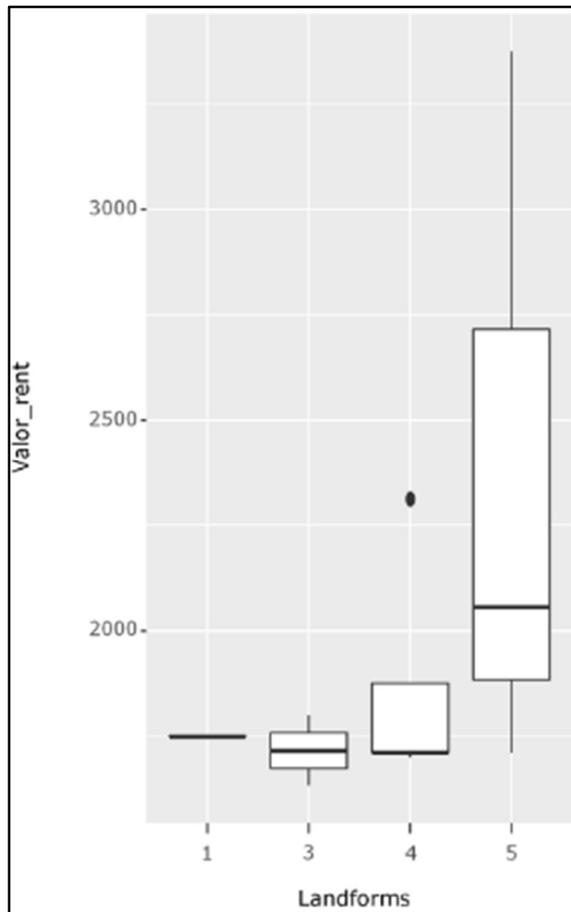
Tabla 6.12 Categorías de geoformas presentes en la zona.

| Agricultor | Geoforma | Valor_utilidad |
|------------|----------|----------------|
| 1          | 5        | 3375           |
| 2          | 4        | 1875           |
| 3          | 3        | 1800           |
| 4          | 1        | 1750           |
| 5          | 3        | 1633           |
| 6          | 5        | 2056           |
| 7          | 4        | 2312           |
| 8          | 4        | 1712           |
| 9          | 4        | 1712           |
| 10         | 4        | 1700           |
| 11         | 5        | 1712           |

Tabla 6.13 Valores de utilidad/ha y la geoforma a la que están asociados.

### Resultados agricultura

El resultado de la correlación de  $\eta^2$  para Landforms = 0.288, indica que existe una asociación baja entre las variables analizadas. En otras palabras, la utilidad de las granjas (por hectárea) no se podría predecir desde datos sobre las geoformas del terreno, y, por lo tanto, tales variables no pueden usarse como proxy de los costos de oportunidad de la conservación.



Gráfica 6.6. Gráfico de caja y bigotes de la asociación entre utilidad/ha de la agricultura y geformas.

Dado los resultados negativos del análisis de  $\eta^2$ , se aplicó enseguida el coeficiente de correlación de Spearman para medir y probar la correlación lineal entre dos variables con valores continuos: Altitud y Utilidad por ha.

Correlación de Spearman es un coeficiente de correlación no paramétrico, en el que se prueba correlación usando diferencias en los rangos de valores de las dos variables.

| Agricultor | Altitud m | Valor_utilidad |
|------------|-----------|----------------|
| 1          | 780       | 3375           |
| 2          | 897       | 1875           |
| 3          | 1286      | 1800           |

|    |      |      |
|----|------|------|
| 4  | 1411 | 1750 |
| 5  | 1307 | 1633 |
| 6  | 829  | 2056 |
| 7  | 863  | 2312 |
| 8  | 684  | 1712 |
| 9  | 683  | 1712 |
| 10 | 681  | 1700 |
| 11 | 693  | 1712 |

Tabla 6.14. Datos con los que se hizo la correlación de Spearman entre altitud y utilidad por hectárea de la agricultura.

| Matriz de proximidad (Coeficiente de correlación Spearman): |           |            |  |
|---|-----------|------------|--|
| <i>Variables</i>  | Altitud m | Valor_rent |  |
| Altitud m   | <b>1</b>  | 0.220      |  |
| Valor_rent  | 0.220     | <b>1</b>   |  |

Tabla 6.15. Correlación de Spearman entre altitud y utilidad por hectárea de la agricultura.

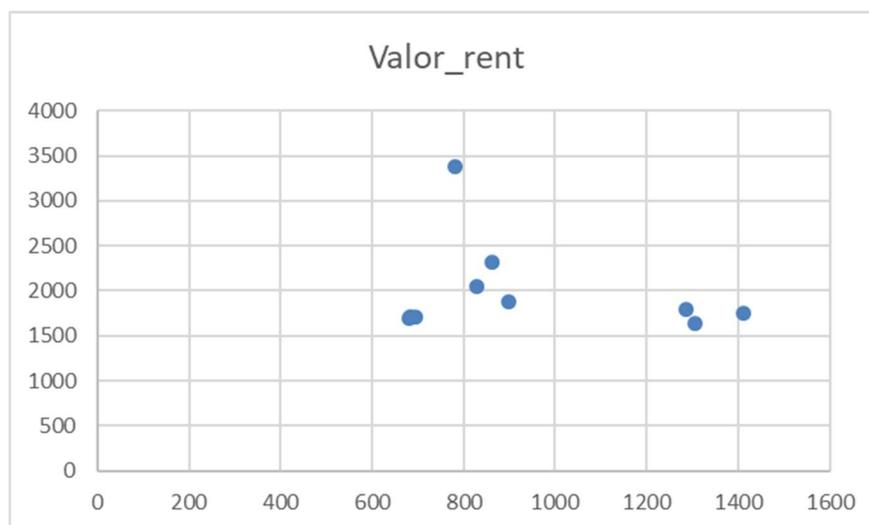


Grafico 6.7. Muestra el comportamiento de la utilidad por hectárea de la agricultura y la altitud.

Se obtuvo como resultado una asociación baja, estadísticamente no significativa, entre las variables analizadas. También, se analizó la correlación entre la pendiente y la utilidad por ha.

| Agricultor | pendiente<br>grados | Valor_rent |
|------------|---------------------|------------|
| 1          | 9                   | 3375       |
| 2          | 3                   | 1875       |
| 3          | 17                  | 1800       |
| 4          | 52                  | 1750       |
| 5          | 40                  | 1633       |
| 6          | 10                  | 2056       |
| 7          | 1                   | 2312       |
| 8          | 5                   | 1712       |
| 9          | 4                   | 1712       |
| 10         | 2                   | 1700       |
| 11         | 19                  | 1712       |

Tabla 6.16. Datos con los que se hizo la correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea de la agricultura.

| Matriz de proximidad (Coeficiente de correlación Spearman): |                     |                |  |
|---|---------------------|----------------|--|
| <i>Variables</i>  | Pendiente<br>grados | Valor_utilidad |  |
| Pendiente<br>grados   | <b>1</b>            | -0.229         |  |
| Valor_rent  | -0.229              | <b>1</b>       |  |

Tabla 6.17 Correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea de la agricultura.

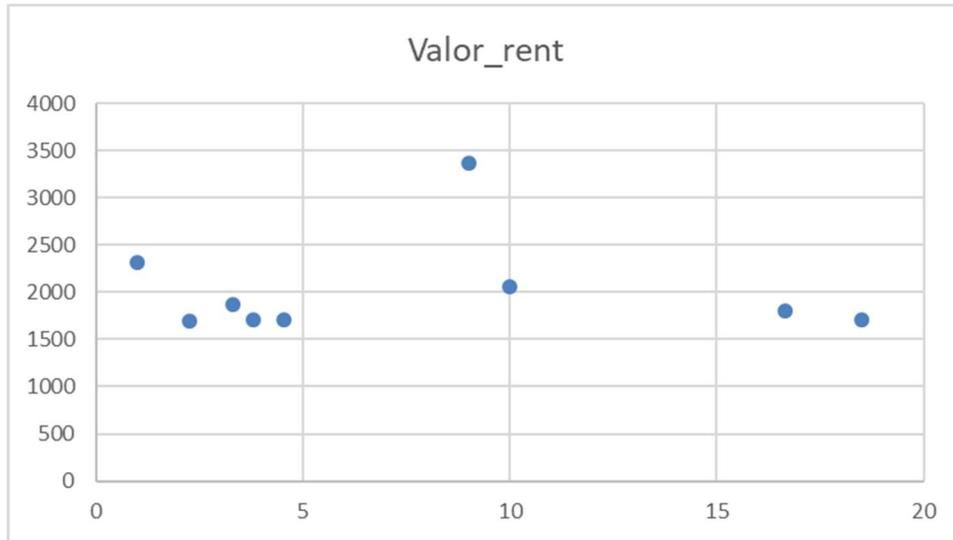


Grafico 6.8. Muestra el comportamiento de la rentabilidad por hectárea de la agricultura y la pendiente.

Se obtuvo como resultado que existe asociación entre las variables analizadas pero una asociación baja, no significativa estadísticamente. Combinando los resultados del análisis de  $Eta^2$  y Spearman, podemos concluir definitivamente que la utilidad de las granjas por hectárea en la agricultura no está relacionada en ninguna manera con su posición geomorfológica. Este es por sí un resultado interesante, y en el capítulo final discutiremos las razones y las implicaciones.

### Resultados ganadería

El mapa de geoformas también se cruzó con el mapa de puntos de sitios de muestreo, que representa la ubicación espacial donde los campesinos ganaderos, desarrollan sus actividades, para determinar la forma del relieve asociada con cada granja de ganadero. Además, se determinaron, para cada sitio de muestreo, otros parámetros morfométricos, como son la altitud y la pendiente del terreno.

Seguimos usando los mismos enfoques estadísticas que usamos para la agricultura.

| Ganadero | Geoformas | Utilidad por ha |
|----------|-----------|-----------------|
| 1        | 3         | 5700            |

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 2  | 0 | 5333.33 |
| 3  | 3 | 5600.67 |
| 4  | 6 | 2312    |
| 5  | 4 | 26560   |
| 6  | 5 | 3320    |
| 7  | 5 | 8300    |
| 8  | 5 | 3976    |
| 9  | 5 | 8300    |
| 10 | 4 | 5533    |
| 11 | 4 | 13280   |
| 12 | 5 | 8300    |
| 13 | 4 | 13280   |
| 14 | 4 | 11920   |
| 15 | 5 | 2213    |
| 16 | 5 | 1013    |
| 17 | 1 | 2070    |
| 18 | 3 | 3740    |
| 19 | 5 | 10800   |
| 20 | 6 | 16600   |
| 21 | 5 | 13280   |
| 22 | 8 | 6472    |
| 23 | 9 | 3152    |
| 24 | 5 | 10800   |
| 25 | 8 | 3740    |
| 26 | 4 | 9360    |
| 27 | 5 | 7704    |
| 28 | 9 | 8910    |
| 29 | 5 | 1875    |
| 30 | 5 | 2520    |

|    |   |       |
|----|---|-------|
| 31 | 5 | 8865  |
| 32 | 3 | 13280 |
| 33 | 3 | 10800 |
| 34 | 5 | 11000 |

Tabla 6.18 Geoformas y la utilidad por hectáreas en actividad ganadera.

La asociación entre las geoformas y la utilidad por hectárea para el campesino que practica ganadería es  $\eta^2 = 0.335$ . Se obtuvo como resultado que no existe asociación entre las variables analizadas.

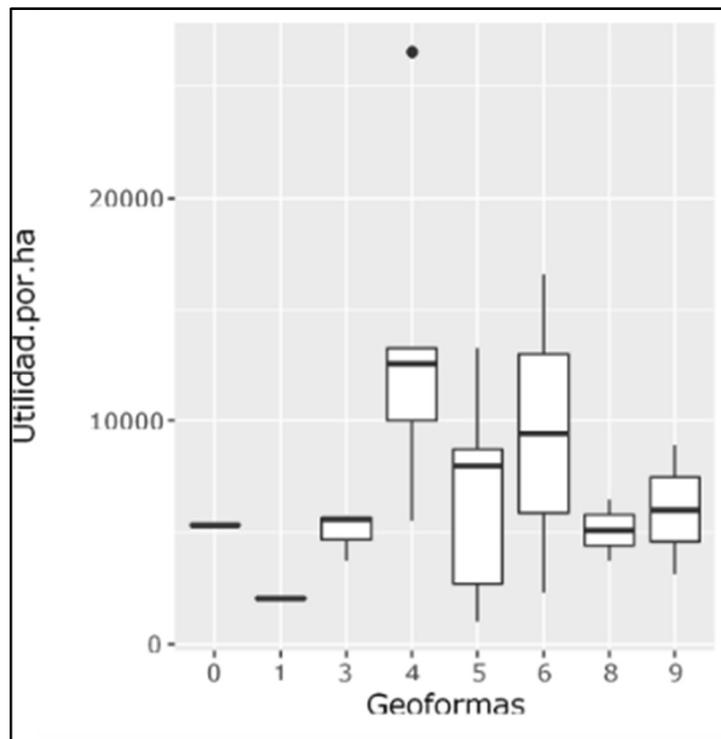


Gráfico 6.9. Asociación entre las geoformas y la utilidad por hectárea en ganadería.

Para evaluar el grado de correlación que existe entre las variables continuas Altitud, Pendiente y Utilidad por ha se aplicó otra vez el coeficiente de correlación de Spearman en ambos casos.

|          |         |                 |
|----------|---------|-----------------|
| Ganadero | Altitud | Utilidad por ha |
|----------|---------|-----------------|

|    |         |         |
|----|---------|---------|
| 1  | 1,021.3 | 5700    |
| 2  | 1,106.5 | 5333.33 |
| 3  | 1,083.5 | 5600.67 |
| 4  | 1,056.9 | 2312    |
| 5  | 938.0   | 26560   |
| 6  | 888.3   | 3320    |
| 7  | 859.9   | 8300    |
| 8  | 932.6   | 3976    |
| 9  | 991.5   | 8300    |
| 10 | 921.5   | 5533    |
| 11 | 920.4   | 13280   |
| 12 | 994.5   | 8300    |
| 13 | 981.1   | 13280   |
| 14 | 984.3   | 11920   |
| 15 | 902.7   | 2213    |
| 16 | 967.8   | 1013    |
| 17 | 911.8   | 2070    |
| 18 | 1,107.2 | 3740    |
| 19 | 1,011.3 | 10800   |
| 20 | 1,516.5 | 16600   |
| 21 | 1,062.0 | 13280   |
| 22 | 1,198.2 | 6472    |
| 23 | 1,350.5 | 3152    |
| 24 | 1,006.0 | 10800   |
| 25 | 1,124.0 | 3740    |
| 26 | 878.6   | 9360    |
| 27 | 920.6   | 7704    |
| 28 | 1,128.1 | 8910    |
| 29 | 947.4   | 1875    |

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 30 | 921.0 | 2520  |
| 31 | 923.8 | 8865  |
| 32 | 920.0 | 13280 |
| 33 | 912.0 | 10800 |
| 34 | 932.5 | 11000 |

Tabla.6.19 Altitud y utilidad por hectárea de la ganadería.

| Matriz de correlaciones (Spearman): |         |                 |
|-------------------------------------|---------|-----------------|
| Variables                           | Altitud | Utilidad por ha |
| Altitud                             | 1       | 0.107           |
| Utilidad por ha                     | 0.107   | 1               |

Tabla 6.20. Correlación de Spearman entre altitud y utilidad por hectárea ganadería.

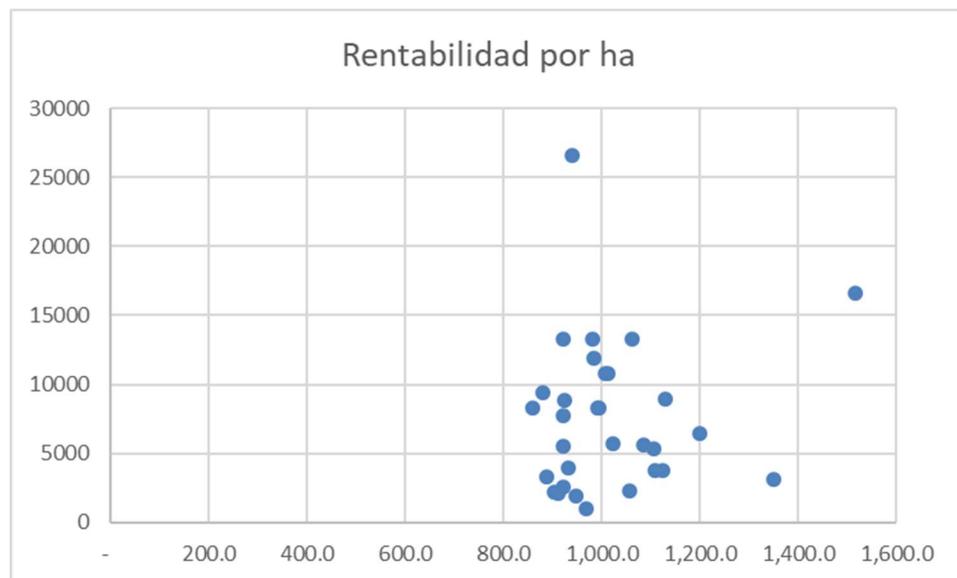


Grafico 6.10. Altitud y utilidad por hectárea en ganadería.

La prueba muestra que la asociación es muy baja, no es estadísticamente significativa entre la altitud y la utilidad por ha de la ganadería.

| Ganadero | Pendiente° | Utilidad por ha |
|----------|------------|-----------------|
| 1        | 6          | 5700            |
| 2        | 37         | 5333.33         |
| 3        | 12         | 5600.67         |
| 4        | 59         | 2312            |
| 5        | 2          | 26560           |
| 6        | 23         | 3320            |
| 7        | 12         | 8300            |
| 8        | 13         | 3976            |
| 9        | 11         | 8300            |
| 10       | 5          | 5533            |
| 11       | 3          | 13280           |
| 12       | 10         | 8300            |
| 13       | 4          | 13280           |
| 14       | 4          | 11920           |
| 15       | 15         | 2213            |
| 16       | 39         | 1013            |
| 17       | 19         | 2070            |
| 18       | 31         | 3740            |
| 19       | 21         | 10800           |
| 20       | 11         | 16600           |
| 21       | 14         | 13280           |
| 22       | 27         | 6472            |
| 23       | 55         | 3152            |
| 24       | 19         | 10800           |
| 25       | 31         | 3740            |
| 26       | 8          | 9360            |
| 27       | 30         | 7704            |
| 28       | 11         | 8910            |

|    |    |       |
|----|----|-------|
| 29 | 58 | 1875  |
| 30 | 30 | 2520  |
| 31 | 14 | 8865  |
| 32 | 4  | 13280 |
| 33 | 6  | 10800 |
| 34 | 3  | 11000 |

Tabla. 6.21 Pendiente y utilidad por hectárea de la ganadería.

| Matriz de correlaciones (Spearman): |               |                 |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|
| Variables                           | Pendiente°    | Utilidad por ha |
| Pendiente°                          | <b>1</b>      | <b>-0.715</b>   |
| Utilidad por ha                     | <b>-0.715</b> | <b>1</b>        |

Tabla 6.22. Correlación de Spearman entre pendiente y utilidad por hectárea ganadería.

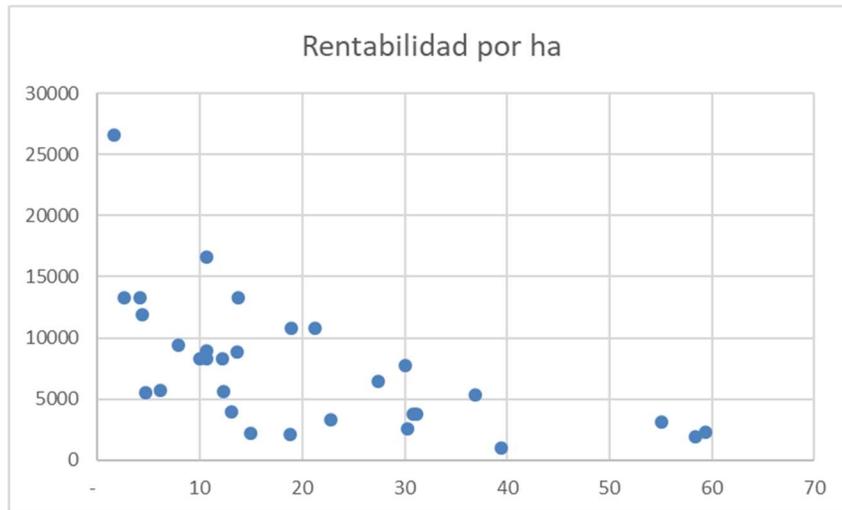


Grafico 6.11. Pendiente y utilidad por hectárea en ganadería.

En este caso la prueba indica una asociación negativa entre la variable pendiente y utilidad por ha. Es decir, cuanto más empinadas sean las pendientes en la granja

ganadera, menor será la utilidad por hectárea, un hallazgo que concuerda con lo esperado y podría ser útil para diseñar un instrumento para pagos de conservación. La interpretación de los resultados de las pruebas anteriores es que, en el caso de los campesinos agrícolas no se encontró una asociación significativa entre las variables, esto podría deberse al tamaño de la muestra, que resultó insuficiente para llevar a cabo las pruebas estadísticas.

En el caso de la actividad ganadera que cuenta con una muestra mayor, la asociación baja entre la altitud y la utilidad por ha, se debe a que quizás en este caso la altitud no es un parámetro que tiene una influencia tan grande en la elección de las zonas para llevar a cabo la ganadería.

Por otra parte, se encontró una asociación negativa, alta entre la pendiente y la utilidad por ha, lo que muestra que las variables son inversamente proporcionales, a mayor pendiente, menor utilidad en la actividad y la mayor utilidad coincide con las zonas de menor pendiente.

## **6.9 LA ESPACIALIZACION DE CO USANDO EL MODELO COSTOPFOR**

Ya hemos demostrado que, a pesar de la teoría de que la utilidad debería tener alguna relación con los aspectos físicos del terreno que se está utilizando, en la mayoría de los casos, en realidad, parece haber poca relación discernible. Por esa razón, se llevó a cabo un nuevo experimento para ver si los modelos que representan la atracción de la tierra para la tala (deforestación) podrían usarse también para predecir la utilidad y costos de oportunidad.

Los antecedentes de COSTOPFOR ya se presentaron en el capítulo 5 con el modelo COSTOPFOR. Aquí demostramos y probamos cómo podría usarse para predecir los CO de la ganadería. Limitamos el estudio a los ganaderos y no incluimos a los agricultores en este ejercicio porque los ganaderos representan el más grande de los tres grupos de agricultores, con el CO más alto, es la actividad que más aceleradamente ha crecido en los últimos años y es la que más está asociada a procesos de degradación forestal de la selva baja; El ejercicio pretende ser un "experimento" para ver si este método podría tener un valor metodológico.

Mediante la utilización del modelo COSTOPFOR se puede determinar la relevancia, la preferencia y la influencia de los elementos del paisaje en la toma de decisiones de uso del suelo. Por tanto, se analizan las relaciones espaciales que existen entre las zonas de pastoreo y los diferentes elementos del paisaje natural:

- Pendiente del terreno. Se refiere a la inclinación de las zonas de pastoreo, expresada en grados, como proxy de la accesibilidad topográfica y profundidad del suelo.
- Altitud del terreno. De las zonas de pastoreo, en msnm, como proxy de la temperatura.
- Antrópicos:
  - Pastizal inducido. Distancia a las zonas de pastoreo (m).
  - Caminos. Distancia a las zonas de pastoreo (m).
  - Asentamientos humanos. Distancia a las zonas de pastoreo (m).

#### **6.9.1 Paso uno de la construcción de COSTOPFOR**

Encontrar las relaciones espaciales relevantes entre las áreas ganaderas y otros eventos geográficos involucrados en la decisión de pastorear ahí. Se evaluaron un total de 5 relaciones espaciales de las cuales todas resultaron ser relevantes.

Para identificar cuáles elementos del paisaje (naturales y antrópicos) influyen en la expansión de las zonas de pastoreo, se determina primero cuál elemento es relevante. La relevancia de cada uno de los elementos se calcula comparando la distribución real y la distribución aleatoria de las zonas de pastoreo para cada relación.

La distribución real de la ganadería se extrae del mapa de uso del suelo. La distribución aleatoria de la ganadería se obtiene generando un mapa con ubicación aleatoria de la misma superficie en  $m^2$  de la distribución real de la ganadería. Los ganaderos consideran los elementos naturales del paisaje en la toma de decisiones de uso del suelo, según muestran los resultados de las entrevistas.

La atracción del terreno para la actividad ganadera está aparentemente determinada por las relaciones de coincidencia entre los elementos naturales del

paisaje considerados y las zonas de pastoreo. Es decir, utilizar un terreno para ganadería es una decisión influenciada por la coincidencia con la pendiente del terreno (en grados de inclinación) y la coincidencia con la altitud del terreno (msnm).

### **Pendiente**

Mediante pruebas estadísticas se compararon la pendiente del terreno clasificada de la ubicación real y la pendiente del terreno clasificada de la ubicación aleatoria de las zonas ganaderas, como ambas distribuciones son no normales, se aplican las pruebas estadísticas  $W$  de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov. Valores  $P$  de estas pruebas menores a 0.05 significan que la pendiente del terreno es un elemento del paisaje relevante en el establecimiento de las zonas de pastoreo.

### **Altitud**

La altitud del terreno tiene una relación directamente proporcional con las condiciones climáticas, especialmente con la temperatura del aire, por lo tanto, la altitud del terreno es un elemento natural del paisaje que permite inferir si las condiciones climáticas son relevantes en el establecimiento de las zonas de ganadería. Al comparar la ubicación real y la ubicación aleatoria de las zonas ganaderas en su relación con la altitud del terreno (msnm); obtenemos que la distribución de ambas ubicaciones (real y aleatoria) es no normal, puesto que la distribución es no normal, se aplican las pruebas estadísticas  $W$  de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov. Que  $P$  de estas pruebas sea menor a 0.05 significan que la altitud del terreno (msnm) es un elemento del paisaje relevante en el establecimiento de las zonas ganaderas. Basta que una de las pruebas estadísticas arroje un valor  $P$  menor a 0.05 para que la altitud del terreno sea un factor relevante en el establecimiento de zonas de ganadería.

|                   |                                  |                      |                               |                            |
|-------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Relación espacial | Forma de la curva Real/Aleatoria | $P$ $W$ Mann Whitney | $P$ <i>Kolmogorov Smirnov</i> | Relevancia $\alpha = 95\%$ |
|-------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|

|           |                     |       |       |           |
|-----------|---------------------|-------|-------|-----------|
| Altitud   | No Normal/No Normal | 0.128 | 0.007 | Relevante |
| Pendiente | No Normal/No Normal | 0.009 | 0.004 | Relevante |

Tabla 6.23. Relevancia de Altitud y Pendiente en la distribución de ganadería.

### **Distancia a asentamientos humanos**

La relación de proximidad, distancia a asentamientos humanos, es relevante para la mayoría de las actividades productivas y para la ganadería no es diferente. Las distribuciones de las zonas ganaderas con relación a la distancia a asentamientos humanos, real y la aleatoria son normales por lo que se utilizan las pruebas t de Student y F de Fisher para determinar si existe una diferencia significativa entre ellas, es decir si la distribución de las zonas de ganadería con respecto a la distancia a asentamientos humanos es diferente a una distribución aleatoria.

### **Distancia a caminos**

La distancia a caminos de las zonas ganaderas nos refiere a la accesibilidad de estas y la importancia que tiene este aspecto para los ganaderos. La distribución de las zonas ganaderas con relación a la distancia a caminos, real y la aleatoria son normales por lo que se utilizan las pruebas t de Student y F de Fisher para determinar si existe una diferencia significativa entre ellas.

### **Distancia a pastizales**

Las distribuciones de las zonas ganaderas con relación a la distancia a pastizales, real y la aleatoria son normales por lo que se utilizan las pruebas t de Student y F de Fisher para determinar son diferentes. Se aplican las pruebas estadísticas t de Student, para comparar tendencia central y F de Fisher, para comparar dispersión con respecto a un valor central.

### **Interpretación de las pruebas**

El valor  $P$  de ambas pruebas nos permite conocer si la relación es un factor relevante en la utilización del terreno, en la ganadería, cuando este valor está por debajo del límite de confianza establecido (usualmente  $\alpha = 0.05$ ) en al menos una de las dos pruebas, la relación es relevante.

La prueba estadística  $t$  de Student compara las medias de la distribución del terreno de la ubicación real y la ubicación aleatoria de las zonas ganaderas. El valor  $P$  de dicha prueba muestra la similitud entre ubicaciones, cuando el valor  $P$  es menor a 0.05 esto puede interpretarse como que la ubicación real de las zonas ganaderas es diferente con respecto a la ubicación aleatoria de las zonas ganaderas, por lo tanto, la relación es un factor relevante en el establecimiento de estas zonas porque la ubicación no se da aleatoriamente, sino que los ganaderos prefieren ciertos valores de estas relaciones del terreno.

La prueba estadística  $F$  de Fisher también analiza la similitud entre la ubicación real y aleatoria de las zonas ganaderas, pero esta prueba en cambio compara la dispersión en las distribuciones (desviación estándar). El valor  $P$  de esta prueba muestra la similitud entre ubicaciones, cuando el valor  $P$  es menor a 0.05 el elemento del paisaje que se está analizando es relevante, pues esto significa que ambas distribuciones son estadísticamente diferentes en cuanto a su dispersión.

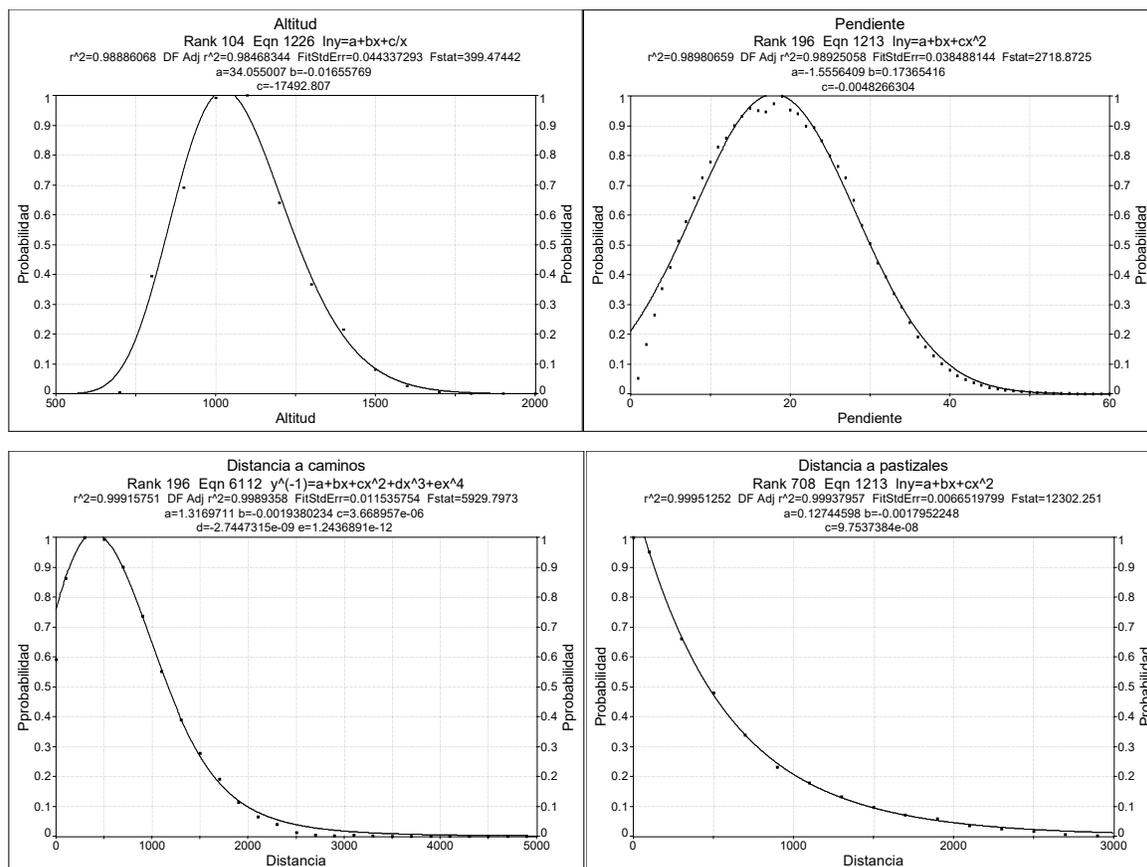
El valor  $P$  de las pruebas estadísticas tuvo valores menores a 0.05, al menos en una de las dos pruebas o en las dos.

| Relación espacial   | Forma de la curva Real/Aleatoria | $P$ prueba $t$ de Student | $P$ prueba $F$ de Fisher | Relevancia $\alpha = 95\%$ |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Dist. Asentamientos | Normal/Normal                    | 0.992                     | 0.048                    | Relevante                  |
| Dist. Caminos       | Normal/Normal                    | 0.063                     | 0.006                    | Relevante                  |
| Dist. Pastizales    | Normal/Normal                    | 0.019                     | 0.003                    | Relevante                  |

Tabla 6.24. Relevancia de relaciones de proximidad en la distribución de ganadería.

### 6.9.2 Paso Dos. Especificar las funciones de preferencia para la ganadería

Para determinar el grado de preferencia que los valores de una relación tienen para establecer zonas ganaderas, se convirtieron los valores de frecuencia (número de celdas de 20m) de cada clase a probabilidades de cada clase. Con estos valores de probabilidad se procedió a obtener la función matemática que mejor define la relación entre los valores de probabilidad y el punto medio de los intervalos de cada clase y los resultados se pueden ver en la figura 6.1.



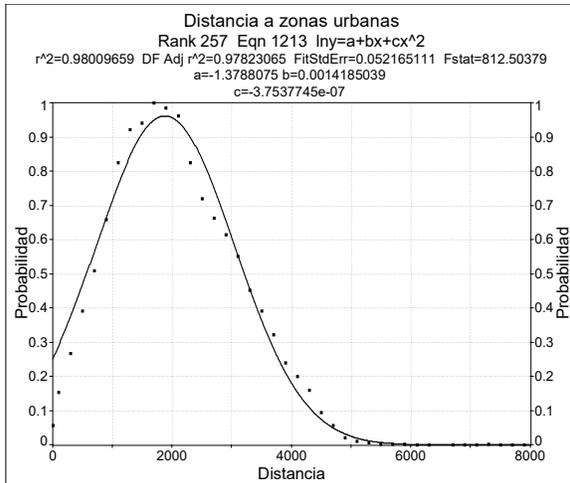


Figura 6.1 Rangos de preferencia.

### 6.9.3 Paso tres. Establecimiento del grado de influencia

Para establecer el grado de influencia de cada parámetro relevante para esta fecha, se analizó el valor “D” de la prueba estadística de **Kolmogorov-Smirnov**, obtenido de la comparación entre la distribución de áreas de pastoreo para esta fecha y la distribución hipotética aleatoria. Así mismo se transformaron los valores de “D” en pesos normalizados.

| Peso de cada parámetro. |       |
|-------------------------|-------|
| Parámetro               | PESO  |
| Altitud                 | 0.240 |
| Pendiente               | 0.189 |
| Distancia a poblaciones | 0.203 |
| Distancia a caminos     | 0.270 |
| Distancia a pastizales  | 0.095 |

Tabla 6.24 Pesos por parámetros

## EL MODELO

Una vez que se tienen todos los parámetros con sus pesos, se procede a construir el modelo COSTOPFOR, con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\text{MODELO} = (\text{"probaltitud"} * 0.24087526) + (\text{"probcam"} * 0.27098494) + (\text{"probpazt"} * 0.09564197) + (\text{"probpendte"} * 0.18925913) + (\text{"probloc"} * 0.2032387)$$

Dónde:

**probcam** es: la probabilidad de que el bosque sea atractivo para la actividad ganadera de acuerdo con el parámetro distancia a caminos.

**probloc** es: la probabilidad de que el bosque sea atractivo para la actividad ganadera de acuerdo con el parámetro distancia a localidades.

**probpendte** es: la probabilidad de que el bosque sea atractivo para la actividad ganadera de acuerdo con el parámetro pendiente de las zonas de pastoreo.

**probaltitud** es: la probabilidad de que el bosque sea atractivo para la actividad ganadera de acuerdo con el parámetro altitud de las zonas de pastoreo.

**probpazt** es: la probabilidad de que el bosque sea atractivo para la actividad ganadera de acuerdo con el parámetro distancia a pastizales.

Luego de ejecutar la ecuación se obtiene como resultado el Modelo COSTOPFOR figura 6.2 aplicado a un área que abarca 5 ejidos de la muestra total con la que se trabajó, estos ejidos son a los que pertenecen al 91% de los ganaderos entrevistados y además son los ejidos que tienen como principal actividad productiva a la ganadería.

Se determinó que las siguientes relaciones espaciales son relevantes en la decisión de practicar la ganadería en el territorio.

-Las relaciones espaciales de tipo Coincidencia, es decir que coinciden con un valor Altitud, como proxy de temperatura.

Pendiente, como proxy de accesibilidad topográfica.

-Las relaciones espaciales de tipo Proximidad, que se manifiestan en las distancias de las zonas de pastoreo a otros objetos geográficos.

Distancia a asentamientos humanos

Distancia a caminos

Distancia zonas de pastizales

De acuerdo a los patrones espaciales, las preferencias de valores en cada una de las relaciones, para desarrollar la ganadería son:

Altitud: 750-1250 msnm

Pendiente: 10-30 grados

Distancia a asentamientos humanos: 1000-3000m

Distancia a caminos: 0-1000m

Distancia zonas de pastizales: 0-500m

A partir del resultado del Modelo COSTOPFOR se hizo un recorte para cada ejido.

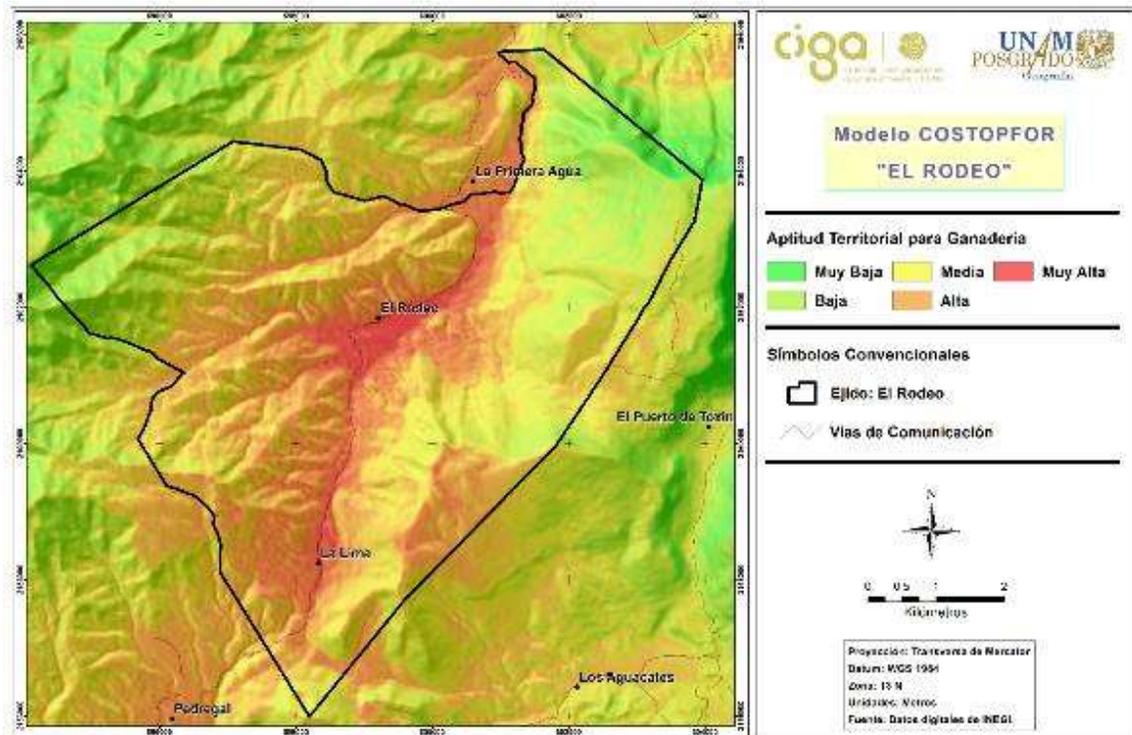


Figura 6.3 Modelo COSTOPFOR para ejido El Rodeo

En la figura 6.3 se observa el resultado del recorte, del Modelo COSTPFOR hecho para el territorio del Ejido El Rodeo. En esta figura se puede observar que la zona con mayor Atracción es la zona central del ejido, coincidiendo con los caminos que existen en él, esto se debe a que las áreas más atractivas para desarrollar la

ganadería son las cercanas a caminos, debido a que la existencia de estos propicia el surgimiento de la actividad, por facilitar el acceso y el transporte de insumos.

Para examinar en detalle la Atracción de cada ejido se determinaron cinco clases de probabilidad de que se desarrolle la actividad ganadera de acuerdo con la aptitud territorial para esta actividad.

La clase Muy Alta abarca 15.3 km<sup>2</sup> (12.3% del ejido), en tanto la clase Alta corresponde a 27.2 km<sup>2</sup> (21.9%). Entre las dos clases suman el 34% del ejido, una cifra a tomar en cuenta, debido a las consecuencias que puede traer consigo que la ganadería se desarrolle en toda esa área. Por otro lado, la clase Media cubre una superficie de 37.6 km<sup>2</sup> representando un 30.3% del territorio, la clase Baja comprende un área de 27.1 km<sup>2</sup> (21.9%) y la clase Muy Baja es de 16.9 km<sup>2</sup> (13.6 %).

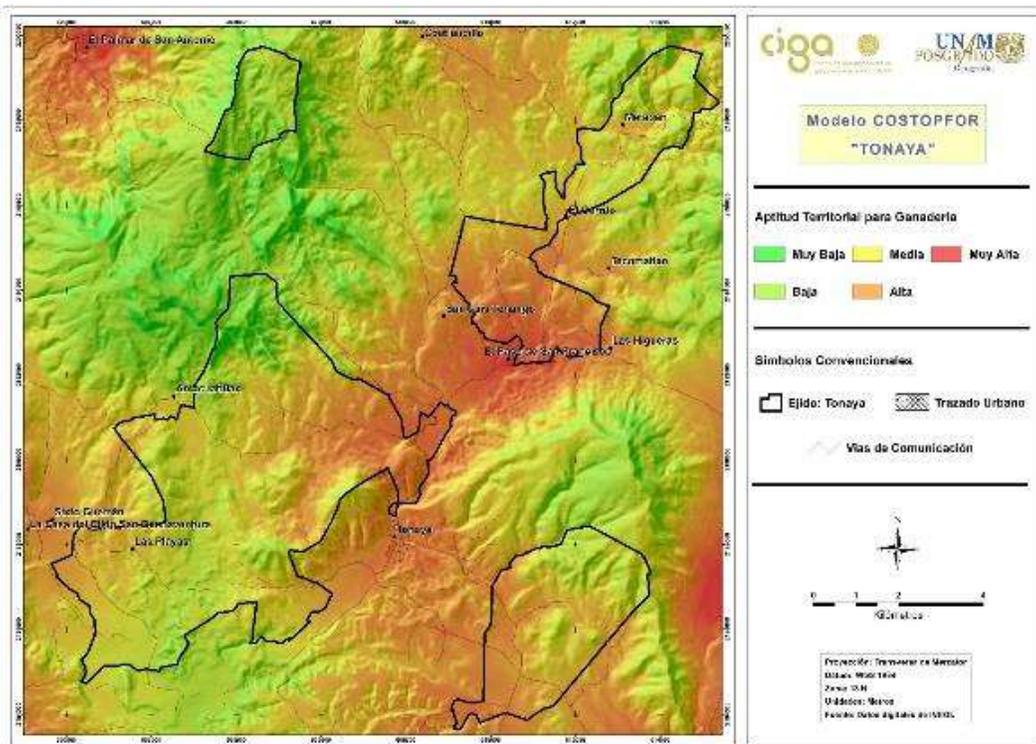


Figura 6. 4 Modelo COSTOPFOR para ejido Tonaya

En la figura 6.4 se observa el resultado del recorte, del Modelo COSTPFOR aplicado a la zona de los ejidos que tienen la actividad ganadera como principal actividad productiva, hecho para el ejido Tonaya.

En este ejido la distribución de las clases se comportó de la siguiente manera:

La clase Muy Alta abarca 50.2 km<sup>2</sup> (16.9% del ejido)

La clase Alta corresponde a 69.6 km<sup>2</sup> (23.5%)

La clase Media cubre una superficie de 78.7 km<sup>2</sup> representando un 26.5% del territorio.

La clase Baja comprende un área de 63.9 km<sup>2</sup> (21.5%)

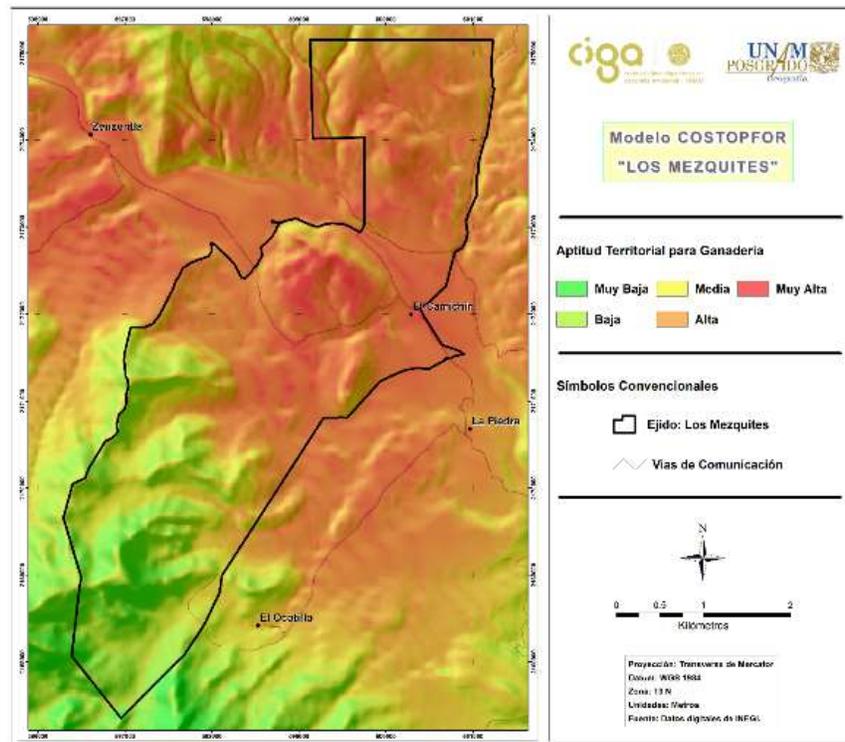
La clase Muy Baja es de 34.5 km<sup>2</sup> (11.6 %)

En el caso de este ejido las zonas con mayor probabilidad de que se desarrolle la actividad ganadera están al centro de los tres polígonos que conforman el ejido y aunque una parte está fuera de los mismos, la adyacencia que tiene con los tres implica un impacto muy importante en el ejido en su conjunto.

Actualmente en el ejido el uso de suelo que más existe es el ganadero.

-Hace alrededor de 20 años la mayor parte de las parcelas se sembraban de maíz.

-Al bajar el precio del maíz, sólo lo siembran para autoconsumo y prefieren dedicarse a la ganadería y a la siembra de pasto para el ganado, incluso reciben apoyo para esto.





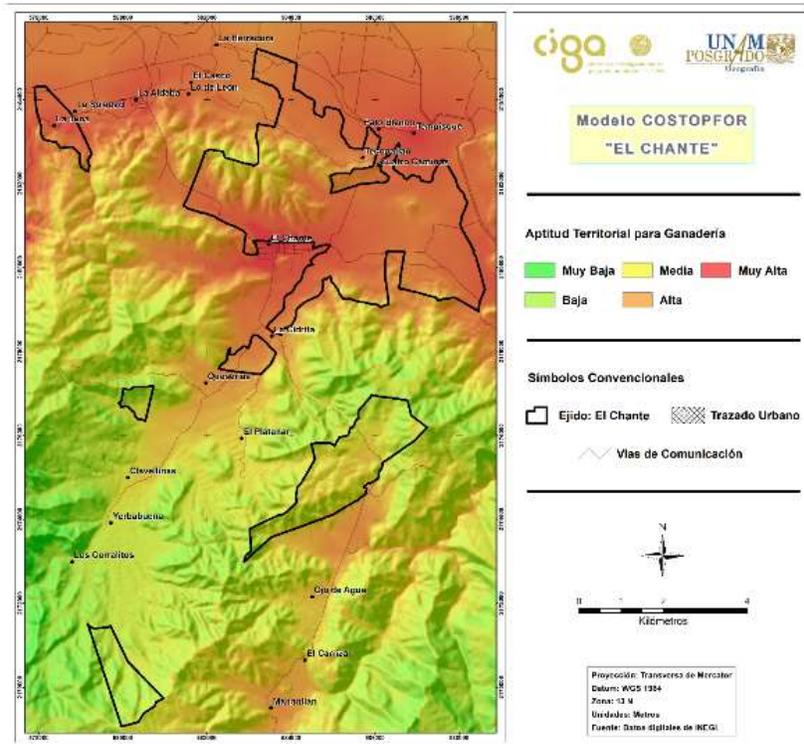


Figura 6. 7 Modelo COSTOPFOR para ejido El Chante

En la figura 6.7 se observa el resultado del recorte, del Modelo COSTOPFOR aplicado a la zona de los ejidos que tienen la actividad ganadera como principal actividad productiva, hecho para el ejido El Chante.

La clase Muy Alta abarca 60.9 km<sup>2</sup> (30.7% del ejido)

La clase Alta corresponde a 27.3 km<sup>2</sup> (13.8%)

La clase Media cubre una superficie de 42.6 km<sup>2</sup> representando un 21.5% del territorio.

La clase Baja comprende un área de 48.8 km<sup>2</sup> (24.6%)

La clase Muy Baja es de 18.7 km<sup>2</sup> (9.4 %)

Una vez que se tienen los modelos de los 5 ejidos en los que se aplicó el COSTOPFOR, se comprueba estadísticamente que el modelo pueda ser empleado para determinar la variación espacial del CO, teniendo en cuenta la aptitud territorial para determinada actividad.

### **6.10 CORRELACIÓN ENTRE ATRACCIÓN Y UTILIDAD**

Con el objetivo de obtener la asociación entre utilidad y atracción, se combinó el mapa del modelo COSTOPFOR con el mapa de los puntos dónde se desarrolla la actividad ganadera, a cada uno de estos puntos se les asignó el valor de utilidad que se calculó para esta actividad tabla 6.25. Como resultado de esta combinación de información, a cada punto le corresponde un valor de probabilidad entre 0 y 1 que representa la probabilidad de que en el área se desarrolle la ganadería, por lo atractiva que es debido a sus condiciones físico-sociales. Esta probabilidad fue categorizada en muy baja, baja, media, alta y muy alta. Tabla 6.26. Es decir, cada valor de utilidad se vinculó con un valor de atracción.

| Ganadero | Utilidad /ha | Atracción |
|----------|--------------|-----------|
| 1        | 5700         | Media     |
| 2        | 5333.33      | Media     |
| 3        | 5600.67      | Media     |
| 4        | 26560        | Muy alta  |
| 5        | 3320         | Baja      |
| 6        | 8300         | Alta      |
| 7        | 3976         | Baja      |
| 8        | 8300         | Alta      |
| 9        | 5533         | Media     |
| 10       | 13280        | Alta      |
| 11       | 8300         | Alta      |
| 12       | 13280        | Alta      |
| 13       | 11920        | Alta      |
| 14       | 2213         | Baja      |
| 15       | 3740         | Baja      |
| 16       | 10800        | Alta      |
| 17       | 16600        | Alta      |
| 18       | 13280        | Alta      |

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 19 | 6472  | Medio |
| 20 | 3152  | Baja  |
| 21 | 10800 | Alta  |
| 22 | 3740  | Baja  |
| 23 | 9360  | Alta  |
| 24 | 7704  | Media |
| 25 | 8910  | Alta  |
| 26 | 1875  | Baja  |
| 27 | 2520  | Baja  |
| 28 | 8865  | Alta  |
| 29 | 13280 | Alta  |
| 30 | 10800 | Alta  |
| 31 | 11000 | Alta  |

Tabla 6.25 Relación entre utilidad y atracción.

| Color        | Rango       | Clase    |
|--------------|-------------|----------|
| Verde fuerte | 0.104-0.333 | Muy baja |
| Verde        | 0.333-0.442 | Baja     |
| Amarillo     | 0.442-0.538 | Media    |
| Naranja      | 0.538-0.645 | Alta     |
| Rojo         | 0.645-0.834 | Muy alta |

Tabla 6.26 Categorías de probabilidades, según el método Natural Breaks.

Utilizamos la correlación poliserial para probar la asociación entre la atracción y la utilidad. Esta medida de asociación fue obtenida mediante la función poliserial del paquete polycor en el paquete estadístico R (Fox, 2016). La correlación poliserial es usada regularmente para evaluar la asociación entre una variable continua y otra ordinal. La variable continua sería la utilidad y la ordinal sería la atracción, después de ser clasificada con cuatro categorías muy alta, alta, media, baja y muy baja. (Olsson *et al.* 1982).

El valor estimado del coeficiente de correlación poliserial entre la Atracción y la Utilidad es de 0.8024, con un error estándar estimado de 0.06632,  $p = 0.00001031$ , lo cual quiere decir que se encontró una relación lineal estadísticamente significativa, moderada y directamente proporcional, entre la atracción medida por COSTOPFOR y la utilidad.

Después de encontrar evidencia estadística, gracias a las pruebas hechas en este capítulo, se puede decir que el modelo COSTOPFOR se puede utilizar para predecir la variación espacial del CO.

## **CAPÍTULO 7 DISCUSIÓN**

El PSA es una de las herramientas más importantes en México en cuestión de políticas públicas ambientales. Las cuales se han implementado con miras a reducir las tasas de deforestación y de degradación y así conservar los SA, siendo los más importantes para el país los servicios hidrológicos, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad.

Con el objetivo de contribuir a la conservación ambiental, en el programa de los PSA se compensa, a los propietarios de los terrenos que poseen cubierta forestal y potencialmente pueden producir diversos servicios ambientales, para que no realicen las actividades que resultan en deforestación y degradación.

El esquema de PSA mexicano, trata de obtener el máximo beneficio ambiental en la selección de predios a través de una serie de criterios (Pagiola, 2008). Se compensa por realizar prácticas de conservación renunciando así a otras formas de uso del suelo económicamente más atractivas. Los pagos son una cantidad fija por hectárea, basada en un cálculo teórico de los costos de oportunidad.

Se hacen pagos diferenciados por tipos de ecosistemas y el riesgo de deforestación, es obvio que los pagos más altos por hectárea son para ecosistemas considerados más amenazados o de más valor en términos de su naturaleza. Se trata de relacionar el monto que se paga por hectárea al año, con el costo de oportunidad en que incurriría un campesino al dejar de cultivar una hectárea de maíz (ver capítulo 2). Solamente basan los pagos de PSA sobre una aproximación muy generalizada de lo que podría costarles a los agricultores detener sus actividades. Por una parte, las tasas fijas suponen que todos los agricultores, dentro de una misma categoría ecológica, tienen los mismos CO, independientemente del tipo de actividad productiva que desarrolle en sus tierras y las características de estas. Por otra parte, el cultivo del maíz proporciona una utilidad muy baja con respecto a otras actividades productivas que se pueden llevar a cabo en los predios.

En el capítulo 2 se identificaron algunas deficiencias del PSA, como por ejemplo la implementación del programa en comunidades pobres, sólo por la situación económica de sus pobladores y no por el riesgo de deforestación o degradación de

sus bosques. También la inclusión en el programa de áreas aisladas, que no están amenazadas por deforestación o degradación, ni nunca lo estarán, precisamente por su inaccesibilidad. Es decir que el instrumento no es muy eficiente, debido a que no está siendo dirigido a las zonas con mayor probabilidad de ser deforestadas o degradadas, con el objetivo de preservar un SA. Otra deficiencia son las tarifas de pagos uniformes, lo que no tiene en cuenta el hecho de que los CO que asumen los campesinos pueden variar mucho, en parte según la naturaleza del sitio y en parte por los tipos de actividades que compiten en ese sitio, con la conservación forestal. Uno de los problemas es probablemente que, en el diseño de un PSA, no se tienen en cuenta las causas que generan la deforestación y degradación forestal, ni la utilidad alternativa que se puede obtener y a la que se renuncia al dejar de realizar diferentes actividades económicas.

Es por esto por lo que el enfoque de la tesis se ha centrado en: (1) los posibles efectos negativos de utilizar una tasa de pago fija en lugar de una basada en los costos de oportunidad reales de los agricultores individuales (como la práctica de hoy en México), y (2) en la posibilidad de distinguir entre CO de deforestación y degradación, porque son muy distintos y afectan a diferentes áreas en el territorio. Hasta el momento se han hecho valoraciones económicas del bosque, de los servicios naturales que se perderían si se deforestara o se degradara. Por eso, esta tesis tiene el objetivo de cambiar el enfoque y hacer una valoración económica mucho más fina de la actividad productiva que compite con la conservación, de evaluar lo que perdería el campesino, si no realiza esta actividad y entonces sí se estaría hablando de una compensación a la hora de motivar la conservación en ecosistemas importantes, habría evidencia científica sobre lo que probablemente motiva a la deforestación, que es la utilidad que genera una actividad, independientemente del ecosistema en el que esté ubicada el área.

A partir de la hipótesis, “La utilidad de los usos actuales del suelo es determinada por las características físicas del paisaje, (altitud, pendiente, distancia a caminos y a asentamientos), por lo que se predice su variación y espacialización a partir de un modelo basado en estas variables” se calculó y predijo la distribución espacial y

social de los costos de oportunidad de la conservación implicados en programas de PSA o de REDD+ dentro de la cuenca del río Ayuquila.

Se realizó un análisis para ir respondiendo las preguntas de investigación que se plantean en la investigación. Y se propuso la utilización de un modelo de aptitud de tierras (COSTOPFOR), que podría evaluar la variabilidad del CO en diferentes predios y ser una herramienta para favorecer la toma de decisiones en la implementación de PSA.

Los resultados obtenidos en la investigación aportan suficiente evidencia para aceptar la hipótesis, las pruebas estadísticas que se utilizan en el modelo y finalmente la correlación CO atracción del terreno, demuestran que las condiciones físicas del territorio determinan las utilidades de las actividades desarrolladas en él. Es precisamente debido a estas condiciones que se desarrollan las actividades actuales, en estas áreas. Las decisiones que toman los campesinos están basadas en el conocimiento del territorio y reflejan su comprensión de la potencial de diferentes áreas.

### **Variación de los CO en el espacio**

El territorio (espacio) dónde los campesinos desarrollan sus actividades productivas, posee diferentes características, que varían de un lugar a otro. Algunos de los valores de las relaciones espaciales, de coincidencia (altitud y pendiente) y proximidad (distancia a caminos, asentamientos humanos, pastizales, etc) hacen que el CO no se comporte igual en todas las áreas, que varíe de acuerdo con ciertos valores que garanticen un óptimo desarrollo de la actividad en cuestión. Ejemplo Es decir, los costos de oportunidad (CO) de los campesinos varían en el espacio de acuerdo con las características geográficas que sean más apropiadas para que la rentabilidad de la actividad productiva. En la zona de estudio se consideraron y probaron un conjunto de variables geográficas (ver Capítulo 6 para la lista) para identificar cuáles de ellas estaban más relacionadas con el CO en la realidad.

De las relaciones espaciales analizadas en el presente trabajo, la que tiene mayor peso es la distancia a caminos, en este caso el valor más cercano a 0 es el que tiene

mayor CO, por la importancia de accesibilidad de las zonas de pastoreo para llevar comida, sal y agua a los animales. Por tanto, después de analizar los patrones espaciales y las respuestas a las entrevistas realizadas, se puede deducir que el CO varía en el espacio de acuerdo con los valores más cercanos a los mencionados, para cada parámetro en el capítulo 6:

Altitud: 750-1250 msnm

Pendiente: 10-30 grados

Distancia a asentamientos humanos: 1000-3000m

Distancia a caminos: 0-1000m

Distancia zonas de pastizales: 0-500m

Estos valores dan los mejores resultados y mayor rentabilidad a la actividad ganadera.

Pero al mismo tiempo, el modelo COSTOPFOR muestra que las áreas con CO más altos, es decir, las más atractivas para desarrollar la actividad ganadera, son las zonas de probabilidad más alta de ser deforestadas o de sufrir degradación. Estas áreas coinciden con las áreas comunes de los ejidos y las tierras de agostaderos.

### **Variación social de los CO**

Las utilidades económicas generadas por la agricultura y la ganadería son muy desiguales por lo que hay mucha diferencia entre practicar una u otra actividad. Esta diferencia hace posible el surgimiento de grupos sociales de campesinos, en correspondencia con la actividad que desarrollan.

En la zona de estudio se identificaron tres tipos de campesinos: los agricultores, que sólo se dedican a la agricultura, los agricultores con poco ganado que se dedican a la agricultura, pero también tienen algunas cabezas de ganado y los ganaderos, que se dedican exclusivamente a la ganadería, con una gran diferencia entre las utilidades que generan las actividades que desarrollan, lo cual marca una diferencia de clases entre los campesinos. Por tanto, los CO de la conservación ambiental para estos tres tipos de campesinos son diferentes, siendo los más altos los de los ganaderos. El promedio de utilidad por ha al año de los campesinos agrícolas es de

\$1,967.17 el de los campesinos agrícolas con poco ganado es de \$2,590.05, ligeramente mayor, sólo porque se incluyó la utilidad de vender una cabeza de ganado al año y el de los ganaderos \$7,760.85.

Es obvio también que las rentabilidades por hectárea que generan las actividades productivas, agricultura y ganadería son mucho mayores a los montos pagados en un año por PSA en selva baja, incluso para el grupo con menos CO, y más aún para el caso de los ganaderos. Esto implicaría que sería muy difícil que los campesinos del área tomen la decisión de entrar a un programa de PSA y dejar de practicar las actividades de agricultura y ganadería.

Las causas de la deforestación y la degradación forestal, en la cuenca baja del río Ayuquila, son dos actividades ligadas directamente al sustento económico de los campesinos. A partir del análisis de los CO reales de los campesinos, por tipo de actividades, y de los cálculos realizados en este estudio, queda claro de inmediato que los pagos de PSA están muy por debajo de los CO reales. Las utilidades calculadas de las actividades que, en la zona, causan deforestación y degradación forestal, son mayores que los pagos de PSA por ha, lo que no motiva a los campesinos a participar a un PSA. Debido a los grandes CO en los que incurrirían al escoger la conservación, por sobre la agricultura o la ganadería. En el caso de la ganadería las utilidades son todavía más grandes que las de la agricultura.

Así que del análisis se desprende que en la zona se desarrollan dos actividades (ganadería y agricultura) que compiten con los PSA y que tienen utilidades mayores a cualquier pago de estos programas, por lo que los CO de la conservación frente a estas actividades es muy alto. El CO de la conservación frente a la ganadería es todavía mayor, debido a las grandes utilidades de esta actividad.

Teniendo en cuenta que la actividad ganadera es la que otorga las mayores utilidades, se analiza la distribución espacial de los CO y se concluye que hay que prestar especial atención a la ganadería, debido al incremento de campesinos que desarrollan esta actividad, a las favorables condiciones físicas del territorio para el desarrollo de la actividad, avalado por el resultado del modelo que evalúa la atracción de cada ejido para la ganadería. Y a que la ganadería se está

desarrollando en las áreas comunes de los ejidos que son las zonas con bosque, que serían susceptibles de incluir en un PSA por el interés de conservarlas.

Esto puede contribuir en gran medida a explicar por qué en muchas comunidades las áreas seleccionadas para su inclusión en PSA son las áreas más aisladas de los territorios de las comunidades, que probablemente no habrían sido deforestadas incluso sin PSA, que no se pueden utilizar, por sus características físicas, en las actividades productivas que se desarrollan en la zona. Por tanto, el CO de la conservación en estas áreas es muy bajo, porque no compite con ninguna actividad, debido a que es imposible desarrollarlas o las utilidades serían muy bajas. Si se incluyen en un PSA estas zonas pueden brindar cierta utilidad.

### **Diferencia entre los CO de detener deforestación y los de detener degradación**

La diferencia de CO de detener los procesos de deforestación y degradación va a depender de la actividad que los causa y no de los procesos en sí. Si ambos procesos están causados por la misma actividad productiva no hay diferencias en los CO de detener la deforestación y la degradación, pero si las causas son actividades diferentes entonces sí hay un CO diferente.

Si revisamos la tabla 6.1 podemos ver que la deforestación puede ser causada por agricultura y ganadería, al igual que la degradación, pero teniendo en cuenta que la ganadería tiene utilidades mayores a la agricultura, es necesario prestar atención especial a esta actividad, debido a que independientemente del proceso que esté ocasionando, la actividad ganadera será más difícil de detener, por las grandes utilidades que genera. Además de que según CONAFOR, 2020 la transición de mayor proporción en los últimos 19 años ha sido de tierras forestales a pastizal. El promedio de utilidad por ha al año de la agricultura es de y el de la ganadería \$7,760.85.

En el caso de la agricultura, la mayoría de los campesinos que producen maíz en el área de estudio, practican roza tumba quema, que resulta en degradación, no en deforestación, por ser una actividad cíclica con períodos largos de barbecho cuando el bosque puede recuperarse. Entonces como aproximación, podemos decir que los

CO de detener la degradación causada por agricultura es la utilidad de esta actividad, \$1,967.17 menos el pago de un PSA \$382 (es decir, \$1,585 por hectárea por año). Pero la degradación también ocurre cuando los campesinos agrícolas que tienen ganado, le permiten vagar libremente por el bosque para alimentarse (durante parte del año). El CO de detener este proceso es también de \$1,585 por hectárea por año. Porque la utilidad de tener poco ganado y utilizarlo en caso de una emergencia, no cambia las ganancias de estos campesinos, debido a que su actividad principal es la agricultura.

Por otro lado, cuando el bosque se tala para sembrar pastizales permanentes, se genera deforestación. Este es el estilo de producción de la mayoría de los ganaderos grandes y los CO de detener la deforestación causada por ganadería son mucho más altos. Podemos estimar que son \$ 7,378 por hectárea por año. Estos hallazgos implican que sería más barato combatir la degradación que la deforestación mediante un sistema de pagos por servicios ambientales.

La tesis mostró que es posible realizar cálculos separados para el CO relacionado con la degradación y la deforestación, en base a las diferentes actividades que dan lugar a estos dos efectos diferentes en el bosque, sugiriendo que la política de PSA podría estar más enfocada si distinguiera claramente qué áreas es probable que estén sujetas a qué fuerzas. El argumento que hace esta tesis es que para el PSA en las áreas comunales que aún no están deforestadas o degradadas pero que es más probable que lo estén en un futuro cercano, sería necesario un valor más cercano a los costos de oportunidad reales.

### **El modelo COSTOPFOR como herramienta para predecir la variación espacial del CO**

Para el caso de la ganadería, se corroboró que es posible predecir la variación espacial del CO utilizando el modelo COSTOPFOR. Este modelo sirve para mostrar la distribución espacial de las probabilidades de deforestación y degradación en una zona, que determina la influencia de las relaciones espaciales en las oportunidades locales de conversión, de acuerdo con la aptitud del terreno para desarrollar

determinada actividad (ganadería) que sea causa de estos procesos. A mayor aptitud para desarrollar la actividad mayor son los CO. El modelo tuvo éxito explicando estadísticamente la variación en el CO de un 86% de los ganaderos de la muestra.

### **Implicaciones en el diseño de políticas ambientales**

Las implicaciones que se pueden desprender de los resultados de las anteriores preguntas son que el CO es un aspecto importante para considerar a la hora de diseñar una política de conservación, porque ayudan a comprender las motivaciones detrás de procesos como la deforestación y la degradación forestal y por lo tanto puede influir en la decisión de campesinos de participar o no en programas de PSA.

Es importante primero destacar que, en México, al menos dentro de los ejidos, los pagos del PSA no se hacen a los campesinos individuales sino a la comunidad en su conjunto, a diferencia del caso de los subsidios, como PROCAMPO y PROGAN. Por lo que es posible sugerir que, aunque el CO en el que incurrirían los campesinos puede ser un factor importante, no es el único factor involucrado en esta decisión de participar, como comunidad, en un PSA. Otros factores pueden ser la solidaridad con la comunidad en su conjunto o la valoración de la naturaleza y los valores naturales, por encima del beneficio personal inmediato. Estos factores deben investigarse más a fondo, ya que no se midieron directamente en este estudio.

Sin embargo, una comprensión del CO de los campesinos individuales puede ayudar en el diseño de un PSA a nivel comunitario, como en el caso de los ganaderos que se explicó en el capítulo 6. Lo importante del modelo es que reconoce que los CO varían con las diferentes actividades, y que las actividades se ubican en distintas partes del territorio del ejido. Entonces se puede diseñar un sistema de pago que, en lugar de pagar una cantidad fija y estándar por cada hectárea asignada al programa dentro del ejido, pague según la probabilidad real de ser deforestada, que depende en gran medida de las condiciones favorables del territorio para alguna actividad.

Si se considera que los campesinos son racionales en el sentido económico (*homo economicus*), sería razonable asumir que toda propuesta, en cuanto a los programas de PSA, que sea mucho menor al CO no será tomada en cuenta. Sin embargo, un incentivo que iguale o esté ligeramente por debajo del CO será muy valorado, porque se tendría un beneficio eliminando el riesgo que implica cualquier actividad productiva.

En cuanto a futuros programas como REDD+, parece conveniente proponer que como mínimo, los pagos por carbono tendrían que ser más altos que el subsidio que paga actualmente el gobierno para el uso maíz/pastoreo (sobre los programas PROCAMPO/PROGAN), Las consecuencias sociales de que la conservación de carbono sea más rentable que el uso actual también tiene que ser consideradas.

En teoría una propuesta de pagar a partir del CO de la conservación en un territorio plantea un esquema de pago diferenciado, en el que las áreas que ofrezcan mayor utilidad por ha, debido a sus condiciones físicas favorables para el desarrollo de una actividad específica, debían ser mejor pagada, para que el incentivo sea efectivo.

Pero en el caso de PSA en ejidos en México, esto no significa de ningún modo que haya diferencias en los montos de pago entre los campesinos o que los campesinos más ricos de la comunidad deberían recibir mayores subsidios gubernamentales por conservación, que las personas más pobres de la misma comunidad.

Esto es porque las áreas que son propiedad de cada campesino es decir las parcelas, en particular las que ya están deforestadas, no se pueden incluir en un PSA, no cumplen con los requisitos para que un predio sea tomado en cuenta en un programa de PSA, en cambio las áreas comunes son las que por lo general cumplen. En la cuenca baja del río Ayuquila la decisión de solicitar la incorporación de un predio a un programa de PSA es consensuada en una asamblea ejidal y por lo general es una zona perteneciente a todos.

La distribución de los pagos de un PSA en la cuenca baja del río Ayuquila se hace invirtiendo todo el dinero en bienes públicos para la comunidad, en el único caso en que se le entregó dinero directamente a los campesinos fue en el caso los integrantes de la brigada contra incendios forestales a los que se les pagó su jornal

cuando hacían labores como las brechas contra incendios, limpiezas, etcétera . No se trata en absoluto de repartir fondos a particulares en función de las CO o del tamaño de la propiedad de la tierra; y si los fondos se distribuyen a los individuos, generalmente todos los ejidatarios tendrían el mismo derecho sobre ellos (aunque se puede notar que personas que no son miembros formales del ejido, pero que viven hace años dentro de la comunidad, como avecindados no tienen ningún derecho de este tipo).

Para resumir este punto es bastante notorio que la mayoría de los pagos PSA no se hacen a agricultores individuales como tales, sino a las comunidades como una unidad, no para la conservación de territorios individuales, pero para los bosques de propiedad comunal. El trabajo involucrado y los sacrificios para su conservación se realizan de manera comunitaria, no individual. El dinero recibido por las autoridades de la comunidad a menudo se utiliza en su totalidad para instalaciones comunales, aunque a veces parte de él se entrega como pago a miembros individuales; pero de nuevo notablemente, en igualdad de condiciones para cada miembro

Por tanto, el esquema de pago diferenciado que se propone no ocasionaría conflictos en la comunidad porque no se pagaría diferente a un campesino de otro, ni por tipo de campesino ni por las características físicas de la zona. Las áreas que se inscriben en un PSA por lo general son de todo el ejido y los pagos son distribuidos equitativamente, en forma de inversiones que garanticen la continuidad en el programa o que beneficien a la comunidad.

La propuesta de diferenciación de los pagos teniendo en cuenta los CO, es para facilitar la toma de decisiones en cuanto a la inclusión de un predio en un programa de PSA, se trata de brindar herramientas como el modelo COSTOPFOR que determine la aptitud territorial para determinadas actividades y en base a esto se diseñe un esquema de pago diferenciado, teniendo en cuenta el análisis hecho en esta tesis sobre las diferencias entre utilidades de actividades como la agricultura y la ganadería, no es lo mismo que un área tenga aptitud para agricultura que para agricultura, debido a las grandes utilidades que da la ganadería, la zona sería más

susceptible de ser degradada o deforestada, por tanto se debe pagar más y hacer un mayor esfuerzo por conservar, en caso que la zona no tenga aptitud o poca aptitud para determinada actividad productiva, ni siquiera es necesario incluirla en un PSA porque la baja utilidad que puede generar es una razón muy fuerte para que en ella los campesinos no desarrollen la actividad y se evitaría un problema que se ha presentado en los PSA, pagar zonas que nunca hubieran tenido un cambio de uso de suelo, por sus características físicas (altitud, pendiente, distancia a caminos). Para demostrar el uso potencial de variaciones en CO en el diseño de sistemas de pago en PSA, se desarrolló un ejemplo de pagos diferenciados para el caso de uno de los ejidos estudiados, Los Mezquites. Esto solamente para el caso de los ganaderos, como se explicó en el capítulo 6.

A continuación, se ejemplifica con un ejido como se podría utilizar el modelo para apoyar la implementación de un pago por PSA.

### **Propuesta de esquema de pago diferenciado en base al CO**

El ejido elegido es Los Mezquites debido a que según los resultados del modelo tiene más del 60% de su territorio con gran probabilidad de que en él se desarrolle la actividad ganadera. Este es un ejercicio que tiene como único objetivo ilustrar cómo apoyaría al diseño de un PSA, un pago diferenciado a partir del CO, utilizando un modelo como el COSTOPFOR.

El CO es fundamental analizarlo al implementar una estrategia de conservación que implique dejar de practicar cualquier actividad productiva que genere una utilidad. Se debe entender que el CO puede variar en dependencia del tipo de campesino y en dependencia de la actividad realizada. Es de suma importancia incluir al CO como un parámetro a la hora de diseñar un PSA. Es necesario estudiar a la población objetivo y la zona dónde se quiere establecer un programa de este tipo:

- ¿Qué tipos de campesinos son?
- ¿Qué actividades realiza?
- ¿Qué características físicas tiene la zona?
- ¿Qué aptitud territorial tiene la zona para determinada actividad productiva?

En el caso de las dos últimas preguntas, pueden ser respondidas utilizando el modelo COSTOPFOR.

Se aplica el modelo al área elegida para un PSA teniendo ya establecido cuáles son las oportunidades locales de conversión, es decir cuáles son las actividades que históricamente se desarrollan en la zona y se obtiene la aptitud territorial para esa o esas actividades, además al obtener las probabilidades de que sea desarrollada la actividad productiva, derivadas de la existencia en mayor o menor medida de las óptimas condiciones para que se practique la actividad. De ser así, la mayor probabilidad correspondería a un aumento de utilidades de ser practicada allí la actividad y esto conllevaría a un mayor CO a la hora de evaluar por parte de un campesino un pago por PSA.

Así que el modelo nos estaría mostrando una variación espacial del CO, en un territorio áreas con menor o mayor CO en dependencia de sus características físicas que propician y benefician a ciertas actividades. Una vez que se espacializó el CO, mediante el modelo COSTOPFOR, se hizo una jerarquización del pago, determinando las zonas más importantes de ser conservadas y por tanto las que se deben pagar con un monto más elevado y las de menor valor con un pago menor.

Se crearon clases de bosque en dependencia de la atracción para la actividad ganadera, por ejemplo, la clase A es la más cercana al valor 1 de probabilidad, que es el más alto en cuánto a la probabilidad de que se desarrolle exitosamente la actividad ganadera, por tanto, esta clase se debe pagar mejor si se pretende conservar, debido a que si se practica la actividad ganadera es posible que dé grandes utilidades. Tabla 7.1 No distinguimos explícitamente entre las actividades que conducen a la degradación y las que conducen a la deforestación, pero en la mayoría de los casos, la ganadería está relacionado con la tala de pastos permanentes, es decir, deforestación.

| Clase de cubierta | Rango       | Clase de probabilidad | Hectáreas |
|-------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| A                 | 0.645-0.834 | Muy alta              | 1920      |
| B                 | 0.538-0.645 | Alta                  | 1360      |

|   |             |          |      |
|---|-------------|----------|------|
| C | 0.442-0.538 | Media    | 1030 |
| D | 0.333-0.442 | Baja     | 670  |
| E | 0.104-0.333 | Muy baja | 470  |

Tabla 7.1 Clases de cubierta

En el ejido la clase que posee mayor superficie es la clase A con 1920 ha

| Clase de cubierta | Hectáreas | Monto ha/año (\$) | Costo total (\$) |
|-------------------|-----------|-------------------|------------------|
| A                 | 1920      | 1100              | 1,920,000        |
| B                 | 1360      | 900               | 1,224,000        |
| C                 | 1030      | 700               | 824,000          |
| D                 | 670       | 0                 | 0                |
| E                 | 470       | 0                 | 0                |
| Total             | 5450      |                   | 3,968,000        |

Tabla 7.2 Ejemplo de pago diferenciado.

En la tabla 7.2 se muestra cómo podría ser un esquema de pago diferenciado, basado en el CO, es decir a partir de la utilización del modelo COSTOPFOR se determinarían las áreas más atractivas para desarrollar una actividad, por presentar condiciones físicas óptimas, lo cual aumentaría la utilidad de dicha actividad, otorgándole al área un CO más alto al elegir un PSA. Por lo que para que un PSA pudiera competir con esta utilidad, se debería pagar muy bien, en el ejemplo, \$1100 CONAFOR, 2020 por la clase A de cubierta, que sería la más atractiva, se escoge este monto porque en las reglas de operación del PSA 2020 este es el monto máximo otorgado por hectárea, para el Componente III Servicios Ambientales. Se continuaría bajando \$200 por clase y las clases baja y muy baja, incluso no sería necesario pagarlas debido a que la poca utilidad que generarían sería una razón suficiente para que no se desarrolle en ellas ninguna actividad productiva. . Claro que estos pagos no alcanzan del todo la utilidad real de la actividad ganadera, se sugieren aquí sólo como un ejemplo para mostrar cómo los pagos podrían y

deberían variar en el territorio del ejido para hacer el sistema más eficiente. Los niveles de pago reales, y cuáles deben ser los pagos más altos y bajos, es una cuestión diferente, que necesita más consideración, por ejemplo, haciendo comparaciones con subsidios existentes, diseñados para aumentar el atractivo de la agricultura, como PROCAMPO y PROGAN.

Esto es sólo un ejercicio demostrativo de cómo podría ser un pago diferenciado, en ningún momento estas cantidades aseguran que los campesinos se decidan por la conservación, debido a que sus costos de oportunidad son muy altos.

Para este ejercicio el modelo se realizó solamente para la ganadería, debido a que representa el 69% de la muestra, a que la ganadería es la actividad que más se desarrolla en la zona y la más asociada a degradación en selva baja. Pero el modelo puede determinar la aptitud territorial para cualquier actividad productiva. Asimismo, puede ayudar a predecir los CO a través de análisis del paisaje, con lo que se podría hacer una clara diferenciación de las zonas con mayor y menor CO.

## **CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el área de estudio se desarrollan dos actividades antrópicas que causan procesos de deforestación y degradación, la agricultura y la ganadería. En el caso de la primera, la agricultura permanente, es causante de deforestación y la agricultura temporal específicamente el roza tumba y quema es causante de degradación. En la ganadería los pastizales inducidos están asociados a procesos de deforestación, mientras el pastoreo libre a degradación.

Las utilidades generadas por la agricultura y la ganadería son muy diferentes entre sí, por lo que hay mucha diferencia entre practicar una u otra actividad, siendo la ganadería, la actividad que mayor utilidad brinda. Las utilidades por ha que generan las actividades productivas, agricultura y ganadería son mayores a los montos pagados en un año por PSA, en selva baja. Los CO de la conservación son muy grandes y difieren mucho de la agricultura a la ganadería. Lo que es un inconveniente al momento de que los campesinos valoren la posibilidad de inscribirse a un PSA y probablemente sea la causa por la que en ocasiones, los ejidos, eligen áreas donde no se puede desarrollar ninguna actividad, para incluirlas a PSA, pero el hecho de que no sean terrenos aptos para realizar alguna actividad, los excluye de estar en riesgo de ser deforestado o degradado, por lo que no tiene ningún sentido que se proteja.

La tesis también mostró que es posible realizar cálculos separados para el CO relacionado con la degradación y la deforestación, en base a las diferentes actividades que dan lugar a estos dos efectos diferentes en el bosque, sugiriendo que la política de PSA podría estar más enfocada si distinguiera claramente qué áreas es probable que estén sujetas a qué fuerzas.

En la zona de estudio existen tres tipos de campesinos los agricultores, los agricultores con poco ganado y los ganaderos, con una gran diferencia entre las utilidades que generan las actividades que desarrollan, lo cual marca una diferencia de clases entre los campesinos. Por tanto los CO de la conservación ambiental para estos tres tipos de campesinos son diferentes, siendo los más altos los de los ganaderos.

El modelo COSTOPFOR sirve para mostrar la distribución espacial de las probabilidades de deforestación y degradación en una zona, de acuerdo con la aptitud del terreno para desarrollar determinada actividad (ganadería) que sea causa de estos procesos. Entre la atracción y la utilidad hay una relación lineal estadísticamente significativa y directamente proporcional. Por tanto es posible predecir la variación espacial del costo de oportunidad utilizando el modelo COSTOPFOR que determina la influencia de las relaciones espaciales en las oportunidades locales de conversión.

Se estima deseable la aplicación del modelo COSTOPFOR en regiones forestales donde se desee implementar el programa de PSA, con miras a desarrollar un sistema de pago más eficiente que distinga dentro de cualquier territorio como el de un ejido, pagando tasas por hectárea más altas en aquellas áreas con mayor probabilidad de ser deforestadas (es decir, aquellas áreas donde hay mayores CO). Este podría aportar fundamentos que faciliten el trabajo de los tomadores de decisiones en el diseño e implementación de estos programas.

Se recomienda hacer un nuevo estudio donde se aumente la muestra y se incluyan mayor número de campesinos agrícolas, que permitiría una mejor estimación del CO para la agricultura de diferentes tipos, y que también permitiría una diferenciación más cuidadosa entre las áreas que están sujetas a degradación y las que están sujetas a deforestación. Esto sería importante, por ejemplo, para hacer un análisis de costo-beneficio de PSA con respecto a la reducción potencial de emisiones de CO<sub>2</sub>. Sería recomendable aplicar un modelo COSTOPFOR para evaluar la aptitud territorial, del área de estudio, para la agricultura.

De ninguna manera se debe contemplar un sistema de pagos diferenciales a los campesinos individuales, basado en su CO individual, ya que esto daría lugar a más desigualdades dentro de las comunidades y sería poco probable que encontrara el favor político a cualquier nivel.

## BIBLIOGRAFIA

- Alatorre-Troncoso, A., (2014). Mexico's national payments for ecosystem services programme: in the wrong place at the right time. Gap analysis and assessment of conservation success.
- Alix-García-García. J. D., de Janvry, A., and Sadoulet, E. (2005). A tale of two Communities: Explaining Deforestation in Mexico. *World Development*. 32(2): 219-325.
- Alix-García-García, J., De Janvry, A., Sadoulet, E. & Torres, J.M. (2009) Lessons learned from Mexico's payment for ecosystem services program. In: *Payment for Environmental Services in Agricultural Landscapes: Economic Policies and Poverty Reduction in Developing Countries*, eds. L. Lipper, T. Sakuyama, R. Stringer & D. Zilberman, pp. 163–188. London, UK: FAO & Springer.
- Alix-García-García, J., Shapiro, E.N. & Sims, K.R.E. (2010) The environmental effectiveness of payments for ecosystem services in Mexico: Preliminary lessons for REDD [www document]. URL <http://www.aae.wisc.edu/events/papers/DevEcon/2010/Alix-García-garcia.05.06.pdf>
- Alix-García-García. J., McIntosh, C., Sims, K. R. E., and Welch, J. (2011). The ecological Footprint of Poverty Alleviation: Evidence from Mexico's Opportunities' Program. Forthcoming, *Review of Economics and Statistics*.
- Alix-García-García, Jennifer M., Shapiro, Elizabeth N. and Sims, Katharine R. E., (2012), [Forest Conservation and Slippage: Evidence from Mexico's National Payments for Ecosystem Services Program](#), *Land Economics*, 88, issue 4.
- Almeida-Leñero, L. y Nava, M. y Ramos, A. y Espinosa, M. y Ordoñez, M. y Jujnovsky, J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*, [en línea] (84-85), pp.53-64
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.

- Azqueta, D.; Alviar, M.; Domínguez, I. y O'ryan, R. (2007): *Introducción a la Economía Ambiental*, segunda edición, McGraw-Hill, Madrid.
- Baca-Urbina, Gabriel. (2013). *Evaluación de proyectos*, 7ma edición, Editorial McGraw- Hill Interamericana, México, D.F.
- Barroy, Héctor, (2005); *Historia de México*, Tercera Edición, Editorial McGraw- Hill Interamericana, México, D.F.
- Behera, B., Engel, S., (2006). The four levels of institutional analysis of the evolution of joint forest management in India: a new institutional economics approach. *Forest Policy and Economics* 8 (4), 350–362.
- Borrego, A., Skutsch, M., (2014). Estimating the opportunity costs of activities that cause degradation in tropical dry forest: Implications for REDD+. *Ecological Economics*, 101(1), 1 - 9.
- Brealey, R. y Myers, S. (1993): *Fundamentos de financiación empresarial*, 4ta ed. McGraw y Hill interamericana de España SA, Madrid. P 1204.
- Case, K. y Fair, R. (1997): *PRINCIPIOS DE MICROECONOMIA*. 4a. ed. México, Prentice Hall Hispanoamericana.
- CGPPb, Coordinación General de Producción y Productividad, (2012). *Memoria Documental del Programa ProÁrbol - Pago por Servicios Ambientales (Incluye Fondos Concurrentes y Fondo Patrimonial de Biodiversidad)*. CONAFOR- SEMARNAT, México.
- CIGA (2012): *Análisis de cambio de cobertura y uso del suelo, escenario de referencia de carbono y diseño preliminar del mecanismo de Monitoreo, Reporte y Verificación en los diez municipios de la Junta Intermunicipal del Río Ayuquila, Jalisco. Informe final. E*
- CIPMA (2000) *Lanzamiento de Proyecto CIPMA-FMAM, Región de Los Lagos: Áreas Protegidas Privadas. Revista Ambiente y Desarrollo, CIPMA, Vol XVI n°4, pp.61-72*
- Chomitz, K., (2002). Baseline, leakage and measurement issues: how do forestry and energy projects compare? *Climate Policy* 2, 35–49.

- Clark, J. S. (2009). Beyond neutral science. *Trends in ecology and evolution* 24(1):8-15.
- Coase, R.H., (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics* 3, 144.
- Concheiro, I. y Diego, R. (2001). Una Perspectiva Campesina del Mercado de Tierras Ejidales: Análisis Comparativo de Siete Estudios de Caso; Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Casa Juan Pablos Editor; México, D.F.
- Cortés, Cáceres, Fernando, (2005). *¿Disminuyó la Pobreza? México 2000- 2002, en Números que mueven al mundo: la medición de la pobreza en México*, México, D.F. Secretaría de Desarrollo Social y otros editores.
- CONAFOR (2001). Comisión Nacional Forestal, Semarnat Programa Nacional Forestal 2001-2006
- CONAFOR (2010). Comisión Nacional Forestal, Semarnat Programa Proárbol 2010-2015.
- CONAFOR-CONACYT (2012). Demandas específicas del sector. Convocatorias 2012-1.
- CONAFOR (2014). Reglas de operación del programa nacional forestal.
- CONAFOR (2016). Comisión Nacional Forestal, Reglas de operación del programa nacional forestal.
- Conover, WJ. (1998). *Practical nonparametric statistical*. 3ra ed. New York, John Wiley. 578p.
- Cortina, S., (2002). El diseño de instrumentos fiscales en la legislación mexicana y su aplicación hacia objetivos ambientales. In: Ávila, S. (Ed.), *Impuestos Ambientales: Lecciones en Países de la OCDE y Experiencias en México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
- Cuevas, M.L., A. Garrido, J.L. Pérez y D.I. González. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. In: Cotler, H., coord. *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. Semarnat, INE y Fundación G. Río Arronte I.A.P. México, D.F. p:96-103.

- Dallas E. (2000). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. Mexico, D.F. 566p.
- Engel, S., Pagiola, S., Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues, *Ecological Economics*, 65,4, 663-674.
- Ferraro, P.J., Pattanayak, S., (2006). Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PLoS Biology* 4 (4), e105.
- Field, Barry C. y FIELD, Martha K. (2003). *Economía Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Fox, J. (2016). polycor: polychoric and polyserial correlations. R package version 0.7-9. [WWW document] URL <https://cran.r-project.org/package=polycor>. [accesado el 25 de junio de 2019]
- Frías-Navarro, D. (2015). La proporción de varianza explicada. Universidad de Valencia.
- Garret, H., (1968). The Tragedy of Commons. *Science* 162, 1243-1248.
- Garibay, C. y G. Bocco. (2012). Cambios de uso de suelo en la meseta purépecha (1976-2005). INE-Semarnat y CIGAUNAM. México, D.F. 124 p.
- Gerritsen, Peter R.W. (2004): *Estilos agrarios y la forestería comunitaria*. México, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur.
- González A. & Riascos E. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por Servicios Ambientales. *Revista Gestión y Ambiente* Volumen 10, Número 2, Universidad Nacional de Colombia, 129 – 144 pp
- González, M. (2015) *Ejidatario de Ejido Temazcal*.
- González-Jordán, V. (2001). *Las bases de las finanzas empresariales*. Editorial Academia, La Habana. P.160.
- Heistermann, M., C. Muller, y K. Ronneberger. (2006). Land in sight? Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114:141-158.
- Ibarra, J.T., Barreau, A., Del Campo, C., Camacho, C.I., Martin, G.J. and Mccandles, S.R.(2011): When formal and market-based conservation mechanisms

- disrupt food sovereignty: Impacts of community conservation and payments for environmental services on an indigenous community of Oaxaca, Mexico. *International Forestry Review* Vol. 13(3), 2011
- INE, Instituto Nacional de Ecología (2004). "Encuesta de los ejidos participantes en el programa de PSAH".
- Jack, B.K. Kousky, C. and Sims, K. (2008). Designing payments for ecosystem services: Lessons from previous experience with incentive-based mechanisms PNAS. 105 (28) 9465-9470
- Kolstad, Charles. (2001). *Economía Ambiental*. Ciudad del México: Oxford University Press.
- Kruskal, W and Wallis, W. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* **47** (260): 583–621.
- Labandería, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía ambiental*. Madrid: Pearson Educación S.A
- Lambin, E.F. y H. Geist, eds. (2006). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer-Verlag. Berlin. 222 p.
- Langholz, J., J. Lassoie y J. Schelhas (2000) Incentives for Biodiversity Conservation: Lessons from Costa Rica's Private Wildlife Refuge Program. *Conservation Biology* Vol. 14(6): 1-10.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Mackey, B.; Keith, H.; Berry, S.L.; Lindenmayer, D.B. (2008). *Green Carbon Part 1 the Role of Natural Forests in Carbon Storage*; ANU Press: Canberra, Australia.
- MADS, (2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia. Guía Metodológica para el Diseño e implementación del incentivo económico de pago por servicios ambientales PSA. Documento para discusión.
- Martínez, M. y Kosoy, N. (2007). Compensaciones monetarias y conservación de bosques. Pagos por servicios ambientales y pobreza en una comunidad rural

- en Honduras. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 6. P. 40-51.
- Morales-Barquero, L., Skutsch, M., Jardel-Peláez, E.J. Ghilardi, A., CKleinn, C. and Healey, JR. (2014). Operationalizing the Definition of Forest Degradation for REDD+, with Application to Mexico. *Forests* 2014, 5, 1653-1681
- Morales-Manilla, L.M. (2007). Using spatial relationships to estimate the availability of farmland according to local practices: The COSTOPFOR model. Unpublished Paper.
- Morales-Manilla, L.M. (2014). The definition of a minimum set of spatial relationships. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Moreno-Sánchez, R.P., (2012). Incentivos económicos para la conservación. Un marco conceptual. USAID, Lima.
- Muñoz-Piña, C., Guevara, A. Torres J. M. and Braña, J. (2008): Paying for the hydrological services of Mexico's forest: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics* 65:4 725-736.
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N., May, P.H., (2010). Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69, 1202–1208.
- Newton, P., Nichols, E.S., Endo, W. Peres, C.A. (2012). Consequences of actor level livelihood heterogeneity for additionality in a tropical forest payment for environmental services programme with an undifferentiated reward structure *Glob. Environ. Change – Hum. Policy Dimens.* 22. 127-136
- Nicolaidis, Denise Christina de Rezende. (2005). A avaliação de impacto ambiental: uma análise de eficácia. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura – CEEMA, Dissertação de Mestrado em Gestão do Meio Ambiente.
- Nogueira, Jorge M. y ARAUJO, Romana Coelho. (2013). Evaluación de impactos ambientales como componente de una política ambiental. Sus límites y potencialidades con base en lecciones de la experiencia brasileña. *Revista Latinoamericana de Derecho y Políticas Ambientales*, Vol. 3, No. 3.

- OIMT (2002). Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. ISBN 4 902045 05 2
- Olsson U, Drasgow F, Dorans NJ (1982) The Polyserial correlation-coefficient. *Psychometrika* 47:337–347. <https://doi.org/10.1007/Bf02294164>
- Pagiola, S. y Platais, G. (2002): Pago por servicios ambientales. Environment Strategy Notes. No. 3.
- Pagiola, S., (2008). Payments for environmental services in Costa Rica. *Ecological Economics* 65, 712–724
- Pagiola S., Platais G., (2007). Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. World Bank, Washington.
- Palmer, C., Engel, S., (2007). For better or for worse? Local impacts from the decentralization of Indonesia's forest sector. *World Development* 35 (12), 2131–2149.
- Parkin, Michael. (2006). *Microeconomía*, 7ma edición. Pearson Educación, México. 584 pp.
- Pere Riera Micaló, Dolores García Pérez, Bengt Kristri:im y Runar Brannlund. (2005). *Manual de Economía Ambiental y de los recursos naturales*.
- Perevochtchikova M. y Ochoa –Tamayo A.M., (2012). *Rev. Mex. Cien. For.* Vol.3 Num.10
- Ramírez, G. (2006). Viabilidad económica de los pagos por servicios ambientales, caso del acueducto regional del Táchira, cuenca del río Pereño, estado Táchira, Venezuela. Tesis de maestría. Universidad de los Andes Mérida.
- Ramírez-Sánchez, L., G. (2009). Evaluación de tierras para el cultivo del aguacate de acuerdo con el conocimiento local del paisaje en la región del Pico de Tancítaro, Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 134 pp.
- Rico García-Amado, L., Ruiz Pérez, M., Reyes Escutia, F., Barrasa García, S., & Contreras Mejía, E. (2011). Efficiency of Payments for Environmental Services: Equity and additionality in a case study from a Biosphere Reserve

- in Chiapas, Mexico. *Ecological Economics* , 70, 2361-2368. Rojahn, A., Engel, S., 2005. Direct payments for biodiversity conservation, watershed protection and carbon sequestration: contract theory and empirical evidence. Institute for Environmental Decisions, Chair of Environmental Policy and Economics. ETH, Zurich.
- Rosales-Adame, JJ y J. Cevallos-Espinosa. (2013). Estudio de capacidades instaladas para la producción primaria en la cuenca baja del río Ayuquila. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur.
- Rosete, F., J.A. Ordóñez y O. Masera. (1997). Dinámica del cambio de uso del suelo y emisiones de carbono en la meseta purépecha. Reporte interno. Instituto de Ecología. UNAM. México. 25 p.
- Rosete, F., J.L. Pérez-Damián y G. Bocco. (2008). Cambio de uso el suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas*, 67:39-58.
- Rosete-Vergés, F.A., Pérez-Damián, J.L., Villalobos-Delgado, M., Navarro Salas, E.N., Salinas-Chávez, E. y Remond-Noa, R. (2014): El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* vol. 20, núm. 1: 21-35
- Saaty, T.L., (1977): A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psychol.*, 15: 234-281.
- Salas-Velasco, Manuel. (2018). *Microeconomía: Conceptos teóricos y aplicaciones*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- Sánchez, J., G. Bocco, J. Fuentes y A. Velázquez. (2003). Análisis de la cobertura y uso del terreno en el contexto de su dinámica espacio-temporal. In: Velázquez, A., A. Torres y G. Bocco, comp. *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. INE-Semarnat. México, D.F. p: 235-256.
- Sánchez, S., A. Flores, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. (2009). Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. In: Dirzo,

- R., González R. e I.J. March, comp. El capital natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio. Volumen II. Conabio, México.
- Siegel, S and Castellan, N Jr. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* (second edition). New York: McGraw-Hill.
- Simula, M. (2009). Towards Defining Forest Degradation: Comparative Analysis of Existing Definitions. In *Forest Resources Assessment Working Paper*; FAO: Rome, Italy
- SEMARNAT, (2010). Vision de México sobre REDD+. Hacia una estrategia nacional. Disponible en: [http://www.CONAFOR.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visi%C3%BN%20de%20M%C3%A9xico%20sobRe%20REDD\\_.pdf](http://www.CONAFOR.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visi%C3%BN%20de%20M%C3%A9xico%20sobRe%20REDD_.pdf)
- Swart, J.A.A., (2003). Will direct payments help biodiversity? *Science* 299, 1981.
- Takasaki, Y., Barham, B.L., Coomes, O.T., (2001). Amazonian peasants, rain forest use, and income generation: the role of wealth and geographical factors. *Society and Natural Resources* 14, 291–308.
- Tomich, T.P., Thomas, D.E., van Noordwijk, M., (2004). Environmental services and land use change in Southeast Asia: from recognition to regulation or reward? *Agriculture Ecosystems and Environment* 104, 229–244.
- Uphoff, n., & Langholz, j. (1998). Incentives for avoiding the Tragedy of the Commons. *Environmental Conservation*, 25(3), 251-261.
- Velázquez, A., E. Durán, I. Ramírez, J.F. Mas, G. Bocco, G. Ramírez y J.L. Palacio. (2003). Land-use cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, México. *Global Environmental Change* 13:175-184.
- Velázquez A, Mas J, Palacio J (2003). Análisis del cambio de uso del suelo Convenio INE-IGg(UNAM) (Oficio de autorización de inversión 312.A.-00215), Instituto de Geografía, UNAM.
- Viana, V., (2008). Bolsa Floresta (Forest Conservation Allowance): an innovative mechanism to promote health in traditional communities in the Amazon. *Estudios Avancados* 22, 64.

- Villarroel, Pablo (2001). Las áreas silvestres protegidas privadas como experiencia de filantropía ambiental: el caso de la Región de Los Lagos. *Revista Ambiente y Desarrollo*, Vol. XVII, N°1, marzo 2001. Santiago.
- White, D. y P. Minang, (2011). Estimación de los Costos de Oportunidad de REDD+. *Manual de capacitación.*, Versión 1.4. ed. Banco Mundial, Washington
- Wieser, F. Von. (1914): *Theorie der gesellschaftlichen Wirtschaft*. (English, 1927. *Social Economics*.)
- Wünscher, T., Engel, S., Wunder, S., (2008). Spatial targeting of payments for environmental services: a tool for boosting conservation benefits. *Ecological Economics* 65, 822–833
- WunderS., S., (2005). *Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts*. Occasional Paper No. 42. CIFOR, Bogor.

## **ANEXOS**

### **Anexo1**

#### **Entrevista**

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.**

**1ra etapa de trabajo de campo: realización de entrevistas semiestructuradas.**

#### **Objetivos:**

- Describir la agricultura y la ganadería en la cuenca baja del río Ayuquila.
- Conocer la percepción que tienen los entrevistados sobre el impacto de estas actividades en su propio entorno.

#### **Guía de entrevista semiestructurada.**

##### **Notas:**

Recordarles a las personas entrevistadas el objetivo y las razones de las entrevistas.

Hay que recordar que los resultados de esta entrevista son confidenciales y solamente tienen fines académicos.

Localidad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_ Código \_\_\_\_\_

Sexo \_\_\_\_ Edad \_\_\_\_

#### **Introducción y acercamiento.**

Comenzar señalando los motivos de la entrevista.

¿El entrevistado es el dueño de la tierra?

¿Si no es el dueño de la tierra qué relación tiene con él?

c) ¿Ud. se considera ganadero, agricultor, agricultor con poco ganado o jornalero?

¿Por qué?

### **1.- Tenencia de la tierra.**

- a) ¿Qué tipo de propiedad posee, ejidal, comunal o privada?
- b) ¿Cómo tiene sus terrenos?
- c) ¿De cuántas ha es propietario?
- d) ¿Tiene algún conflicto por sus tierras?
- e) ¿Su parcela es rentada, prestada o a medias? (En caso de que no sea propia)

### **2.- Uso de la tierra.**

- a) ¿Qué uso le da a su tierra, ganadero, agrícola, agrícola/ganadero o las tiene rentadas?
- b) Si renta sus tierras:
  - I) ¿A quién le ha rentado?
  - II) ¿Qué tipo de uso le dan?
  - III) ¿Por qué tiempo ha rentado?
  - IV) ¿Qué superficie renta?

### **3.- AGRICULTURA.**

- a) ¿Su parcela la utiliza como Yunta, Coamil o Pastizal?
- b) ¿Se dedica tiempo completo a estas actividades?
- c) ¿Cuánto de la cosecha vende y cuánto es para autoconsumo?
- d) En caso de riego ¿de dónde toma el agua?

#### **3.1- Yunta**

- a) ¿Cómo prepara la tierra?
- b) ¿Qué cultivos desarrolla?

#### **3.2- Coamil**

- a) ¿Cómo prepara la tierra?
- b) ¿Qué cultivos desarrolla?

c) ¿Tiene algunas áreas en descanso? ¿Cuánto tiempo las deja en descanso?

### **3.3- Pastizal**

I) ¿Renta esta área?

II) ¿Desmontó algún área para abrirlo?

### **3.4-Transporte.**

Si vende

a) ¿Cómo transporta el producto?

b) ¿Qué vías de comunicación existen?

c) ¿Hasta dónde lo lleva usualmente?

### **3.5-Asistencia técnica.**

a) ¿Tiene asistencia técnica?

b) ¿Quién se la brinda?

### **3.6-Programas de apoyo.**

a) ¿Tiene algún programa que lo ayude?

b) ¿Qué tipo de programa?

c) Si no tuviera apoyo ¿cree que pudiera desarrollar la actividad?

## **4.- Ganadería.**

a) ¿Cuántos animales tiene?

b) ¿Los mantiene en un establo?

En caso de que responda No.

c) ¿Dónde están? (Utilizar una hoja dónde se construya una tabla en la que se refleje la temporada de lluvia y la de seca, para saber en cada etapa dónde específicamente está el ganado)

d) ¿Con qué se alimentan sus animales?

f) ¿Dónde toman agua sus animales?

- g) ¿Cuánto tiempo dedica a esta actividad?
- h) ¿De sus animales utiliza alguno para su casa o son para vender?

#### **4.1-Transporte.**

Si vende

- a) ¿Cómo transporta la carne?
- b) ¿Qué vías de comunicación existen?
- c) ¿Hasta dónde lo lleva usualmente?

#### **4.2- Asistencia técnica.**

- a) ¿Tiene asistencia técnica?
- b) ¿Quién se la brinda?

#### **4.3- Programas de apoyo.**

- a) ¿Tiene algún programa que lo ayude?
- b) ¿Qué tipo de programa?
- c) Si no tuviera apoyo para el ganado ¿cree que pudiera desarrollar la actividad?

#### **5.-Parámetros relevantes para el cambio de uso del suelo.**

- a) ¿Para ud. ¿Qué características son importantes que tenga la parcela?
- b) ¿En las últimas ampliaciones del ejido ha podido elegir su parcela?
- c) ¿En su opinión han aumentado o disminuido las tierras en renta dentro del ejido?

## **ANEXO 2**

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.**

**2da etapa de trabajo de campo: realización de entrevistas semiestructuradas de costos.**

#### **Objetivos:**

- Cuantificar los costos en los que incurren las personas al realizar sus actividades productivas.

## **Guía de entrevista semiestructurada.**

### **Notas:**

Recordarles a las personas entrevistadas el objetivo y las razones de las entrevistas.

Hay que recordar que los resultados de esta entrevista son confidenciales y solamente tienen fines académicos.

Localidad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Municipio \_\_\_\_\_ Código \_\_\_\_\_  
Nombre \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

### **Introducción y acercamiento.**

Comenzar señalando los motivos de la entrevista.

¿El entrevistado es el dueño de la tierra?

¿Si no es el dueño de la tierra qué relación tiene con él?

c) ¿Ud se considera ganadero, agricultor, agricultor con poco ganado o jornalero?

¿Por qué?

### **1.- Tenencia de la tierra.**

a) ¿Qué tipo de propiedad posee, ejidal, comunal o privada?

b) ¿Cómo tiene sus terrenos?

c) ¿De cuántas ha es propietario?

d) ¿Tiene algún conflicto por sus tierras?

e) ¿Su parcela es rentada, prestada o a medias? (En caso de que no sea propia)

### **2.- Uso de la tierra.**

a) ¿Qué uso le da a su tierra, ganadero, agrícola, agrícola/ganadero o las tiene rentadas?

### **3.- AGRICULTURA.**

a) ¿Su parcela la utiliza como Yunta, Coamil o Pastizal?

#### **Coamil**

¿Tiene alguien que lo ayude en las labores de desmonte, quema, siembra o cosecha?

¿Le paga a esa persona?

¿Cuánto gasta en jornales?

#### **Yunta**

¿Paga por el agua de riego?

¿Cuánto gasta por cosecha en riego?

#### **3.1- Pastizal**

I) ¿Renta esta área?

II) ¿Por qué tiempo ha rentado?

III) ¿Qué superficie renta?

IV) ¿Cuánto vale la renta por ha?

#### **Producción**

¿Cuántas ton produce en una cosecha?

¿Cuál es el precio de una tonelada del producto que cosecha?

#### **3.2-Herramientas**

I) ¿Tiene herramientas propias? ¿Cuánto gasta por herramientas si las renta?

II) ¿Cuánto gasta por maquinaria en una cosecha?

#### **3.3-Transporte.**

Si vende

a) ¿Tiene camioneta? ¿Su camioneta es de Diesel o de Petróleo?

b) ¿Tiene dónde pesar el producto? ¿Tiene que pagar el pesaje? ¿Cuánto gasta en pesaje?

### **3.4-Fertilizante.**

a) ¿Cuánto dinero gasta en fertilizante en una cosecha?

### **3.5-Herbicida.**

a) ¿Cuánto dinero gasta en herbicida en una cosecha?

### **4.- Ganadería.**

a) ¿Cuántos animales tiene?

b) ¿Compra alimento para sus animales?

Sal

.

f) ¿Dónde toman agua sus animales?

### **Producción**

¿Además de la carne produce algún otro producto como leche, crema, yogurt o queso? ¿Es para autoconsumo o lo vende?

### **Carne**

¿Cuántos Kg de carne vende al año?

¿Qué precio tiene el kg de carne?

### **3-Transporte.**

Si vende

a) ¿Tiene camioneta? ¿Su camioneta es de Diesel o de Gasolina?

b) ¿Tiene dónde pesar el producto? ¿Tiene que pagar el pesaje? ¿Cuánto gasta en pesaje?

#### **4-Vacunas**

- a) ¿Cuánto gasta en vacunas?
- b) ¿Con qué frecuencia las aplica?

#### **5-Aretes**

- a) ¿Cuánto le cuestan los aretes?

#### **6-Exámenes**

- a) ¿Cuántos exámenes debe hacerle al ganado?
- b) ¿Cuánto cuesta cada examen?

#### **7-Garrapaticidas**

- a) ¿Cuánto garrapaticida usa para su ganado?
- b) ¿Cuánto le cuesta?
- c) ¿Con qué frecuencia lo aplica?

#### **8-Desparasitantes**

- ¿Cuánto desparasitante usa para su ganado?
- ¿Cuánto le cuesta?
- ¿Con qué frecuencia se lo da?