



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

Programa de Estudios de Posgrado

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FORESTAL POR  
EXTRACCIÓN DE ESPECIES MADERABLES EN LA CUENCA  
SAN JOSÉ DEL CABO, B.C.S., MÉXICO.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de

**Maestra en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

**Biól. María del Rosario Vázquez Miranda**

**La Paz, Baja California Sur abril del 2006**

## RESUMEN

La degradación y la deforestación son dos procesos que provocan la pérdida de recursos naturales a diversas escalas. Las causas están asociadas a variables sociales, económicas, políticas y ambientales, las cuales han sido ampliamente estudiadas en procesos de deforestación en ecosistemas tropicales. En Baja California Sur, la extracción de recursos forestales maderables es una práctica antigua y de subsistencia para la población rural; sin embargo las causas y efectos están poco documentados. En el presente estudio se evaluó la magnitud y causas asociadas a la extracción de estos recursos, como un proceso de degradación en la Cuenca San José del Cabo, B.C.S. A partir de los muestreos en campo se registraron 21 especies cortadas (tocones) y/o podadas (ramas) empleadas para construcción y combustible, 43% pertenecen a la familia Leguminosae. La densidad fue de 49 tocones/ha y 21 individuos podados/ha. La especie más cortada fue *Senna atomaria* y podada (ramas) *Tecoma stans*. Las causas de extracción se obtuvieron con Modelos de Regresión Lineal Múltiple, de 21 variables analizadas. La posición geográfica, pendiente, exposición y tenencia de la tierra fueron las variables asociadas a la corta ( $F_{4,82} = 8.3170$ ,  $p < .000$ , y  $R^2 = .28$ ). Para la poda fueron la posición geográfica, pendiente, tenencia de la tierra y número de viviendas que cocinan con leña y gas ( $F_{4,82} = 12.61$ ,  $p < .000$ , y  $R^2 = .43$ ). El consumo de leña en la región se estimó en 110 kg/rancho/mes, esta madera proviene principalmente de madera muerta. Del análisis de densidad de especies forestales maderables útiles en pie se obtuvo un total de 649 ind/ha, variando considerablemente entre las especies, lo que permiten concluir que para la mayoría de las especies maderables útiles la extracción de recursos forestales maderables es menor que la disponibilidad, así mismo las variables asociadas indican que la extracción está en función de la distribución de los recursos, bajas pendientes y de la tenencia de la tierra.

Palabras clave: Causas de degradación, extracción, especies forestales maderables

## ABSTRACT

Degradation and deforestation lead to the loss of natural resources on different scales. The causes are related to social, economic, political, and environmental variables, which have been widely studied in processes of deforestation in tropical ecosystem. Extraction of forest resources is a subsistence industry, a traditional practice among the rural populations of Baja California Sur. Because this activity is not well documented, this study evaluated the magnitude and causes associated with extraction of these resources in the San Jose del Cabo drainage basin in the state. We recorded 21 species of cut and pruned trees and shrubs used for construction and fuel, 43% of these species belonging to the Leguminosae family. We estimated a density of 49 stumps/ha and 21 pruned trees/ha. The most frequently cut tree (stump) was *Senna atomaria* and the most frequently pruned plant (branches) was *Tecoma stans*. The factors associated with extraction were obtained with linear multiple regression models of 21 variables. Geographic position, slope, exposure, and land tenure were associated with cutting ( $F_{4,82} = 8.3170$ ,  $p < .000$ , and  $R^2 = 0.28$ ). To pruning, the important variables were geographic position, slope, land tenure, and number of houses cooking with firewood and gas ( $F_{4,82} = 12.61$ ,  $p < .000$ , and  $R^2 = 0.43$ ). Estimated consumption of firewood was 110 kg firewood/farm/month, which principally came from dead wood. From the analysis of density of living timber trees and shrubs, we estimated 649 ind/ha, which varied among species. The results allowed us to conclude that, for most of the exploited species, extraction is lower than availability. Associated variables related to causes of extraction are the distribution of the individual trees and shrubs, gentler slopes, and land tenure.

Keywords: Degradation causes, extraction, timber forest species

## DEDICATORIA

*A mis padres*

*José Vázquez Chimal y Guadalupe Miranda González  
por su cariño y porque todo lo que he logrado ha sido gracias a ellos.*

*A mis hermanos Adrián, Sandra, Verónica y Edith  
por su apoyo, cariño y confianza.*

*A mis sobrinas Ixchel y Lytzi Uian  
porque las quiero mucho y espero que sigan el camino del conocimiento y la verdad.*

*A la Sra. Ma. del Jesús  
por su gran y sincera amistad.*

*A Miguel, Mario y Adal  
por su amistad*

*A todos mis tíos, primos, sobrinos y amigos.*

*A la Sra. Carmen Duran y el Sr. Gilberto Colado, así como a toda la familia Colado  
Durán  
por todo su apoyo y valiosa amistad.*

*A José Gilberto Duran  
por su apoyo total e incondicional, por su paciencia y sobre todo por el cariño y amor  
que nos tenemos.*

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó gracias al apoyo del Proyecto: Programa de Manejo para la Cuenca Hidrológica-Forestal San José del Cabo, Baja California Sur (CONAFOR 2002-C01-5671), el cuál fue financiado por el Fondo CONACYT-CONAFOR.

Este trabajo también fue posible gracias al apoyo del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Agradezco al CONACYT por la beca otorgada. Al Programa de Posgrado del CIBNOR por todas las facilidades proporcionadas durante mis estudios de maestría, así como a la Dra. Thelma, Lety, Osbelia, Bety, Claudia, Horacio y Manuel.

En especial agradezco a mi Directora de tesis Dra. Aurora Breceda Solís, por haberme dado la oportunidad de trabajar en el mundo de la vegetación y su manejo, por su apoyo, asesoría, enseñanzas y entusiasmo durante el trabajo de tesis.

A la Dra. Yolanda Maya y José Luis León de la Luz por aceptar ser parte de mi comité tutorial, por sus comentarios y asesoría.

Al Dr. Manuel Valenzuela por la asesoría y recomendaciones en la parte estadística del trabajo.

Por su apoyo en el trabajo de campo y asesorías en aspectos de economía, agradezco mucho a Alba Valdez. A Montserrat Flores por todo su apoyo en la captura de información de campo, a las dos por su gran amistad.

A los técnicos Franco Cota Castro, Israel Guerrero, Miguel Domínguez León y Raymundo Domínguez por su apoyo, experiencia y conocimiento en el trabajo de campo. A estos dos últimos les agradezco su asesoría en aspectos florísticos.

Agradezco a Patricia Zamorano, encargada del laboratorio de SIG por todas las facilidades proporcionadas para trabajar en las instalaciones del laboratorio, en especial a Rocío Coria por su asesoría en el manejo de los SIG y en la obtención de la información climática de la cuenca. A Joaquín, Arturo y Gil por su ayuda.

A José Juan Pérez por facilitar las consultas del herbario del CIBNOR.

A todo el personal de la biblioteca por toda su atención y apoyo, en especial a Ana María Talamantes y Tony Díaz.

A la Sra. Narda Cota Castro por recibirnos con mucho entusiasmo en su casa durante las actividades de campo.

Agradezco a Regina Escobar y al personal de Soporte Técnico por ayudarme en la reparación de mi computadora de trabajo.

Un especial agradecimiento a Nallely y Carmen Colado por todo su apoyo y gran amistad.

A mis amigos Gabriel, Tere y Juan por ayudarme en la adquisición de información bibliográfica y por su amistad.

Un agradecimiento especial a Ana Lilia Trujano e Izmene Rojas por todo el apoyo que me brindaron al llegar a la Paz, a las dos por su amistad. A Ana porque todos estos años ha sido una amiga muy querida para mi, también por soportarme y estar conmigo en las buenas y en las malas.

A Anahid Gutiérrez y Mayra de la Paz, por su gran amistad, a esta última por su paciencia, apoyo y por todo lo que me va a cobrar.

A Evelyn Ríos por su apoyo, Claudia y Jimena, a todas por su amistad.

Agradezco a todos mis compañeros de generación que de una u otra forma me brindaron su ayuda incondicional y su amistad.

## CONTENIDO

Páginas

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ANTECEDENTES.....	6
3.- OBJETIVOS.....	17
3.1 Objetivo General .....	17
3.2 Objetivo Particulares.....	17
4.- HIPÓTESIS.....	17
5.- ÁREA DE ESTUDIO.....	18
5.1 Ubicación geográfica.....	18
5.2 Fisiografía.....	19
5.3 Geología.....	19
5.4 Hidrología.....	22
5.5 Suelo.....	24
5.6 Climas.....	27
5.7 Vegetación.....	32
5.8 Población.....	36
5.9 Red de caminos.....	36
6.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
6.1 Muestreo de campo.....	38
6.2. Recopilación de información socioeconómica (entrevistas).....	39
6.3 Sistema de información geográfica .....	41
6.4 Composición florística y evaluación de la extracción de especies forestales maderables.....	43
6.5 Análisis estadístico.....	44
7.- RESULTADOS.....	48
7.1 Especies forestales maderables útiles.....	48
7.2 Composición florística de las especies cortadas o podadas.....	48
7.3 Abundancia y disponibilidad de recursos forestales maderables.....	51
7.3.1. Abundancia en pie de especies forestales maderables.....	51
7.3.2. Abundancia total de tocones e individuos podados (ramas).....	53
7.4 Causas de la extracción de recursos forestales maderables.....	55
7.4.1. Análisis de la extracción por tocones.....	55
7.4.2. Análisis de la extracción por individuos podados.....	58
7.4.3. Análisis de la extracción de tocones e individuos podados por especie.....	62
8.- DISCUSIÓN.....	66
8.1 Especies forestales maderables útiles.....	66
8.2 Extracción de recursos forestales maderables.....	68
8.3 Consumo de leña como combustible.....	69
8.4 Causas asociadas a la degradación.....	71
9.- CONCLUSIONES.....	80
10.- BIBLIOGRAFÍA.....	82
11.- ANEXOS.....	94

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Localización de área de estudio.....	18
Figura 2. Climogramas de las estaciones meteorológicas de la Cuenca San José.....	31
Figura 3. Tipos de vegetación en la Cuenca San José.....	33
Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo.....	38
Figura 5. Área de amortiguamiento (buffer) de 5 km en los sitio de muestreo con los que se obtuvo el número de habitantes y viviendas particulares que consumen leña y gas.....	42
Figura 6. Clasificación de la red de caminos para evaluar distancia y accesibilidad a los sitios de muestreo.....	43
Figura 7. Riqueza por familia en la Cuenca San José.....	50
Figura 8. Abundancia de especies forestales maderables por tipo de vegetación.....	53
Figura 9. Variables independientes asociadas al número de tocones. Los datos de la variable longitud fueron registrados en coordenadas UTM, por lo que las unidades están representadas en miles de metros.....	58
Figura 10. Variables independientes asociadas al número de individuos podados. Los datos de la variable longitud fueron registrados en coordenadas UTM, por lo que las unidades están representadas en miles de metros.....	61

## LISTA DE TABLAS

	Páginas
Tabla I. Tipos de climas en la Cuenca San José.....	32
Tabla II. Lista de especies forestales útiles.....	49
Tabla III. Abundancia total de especies útiles.....	51
Tabla IV. Abundancia y disponibilidad de especies forestales maderables.....	52
Tabla V. Estadística básica.....	54
Tabla VI. Abundancia de tocones.....	54
Tabla VII. Abundancia de individuos podados.....	55
Tabla VIII. Resultados de la regresión, variable dependiente no. de tocones.....	56
Tabla IX. Resultados de la regresión, variable dependiente no. de individuos podados.....	59
Tabla X. Resultados de la Regresión por especie, variable dependiente no. de tocones.....	63
Tabla XI. Resultados de la regresión por especie, variable dependiente no. de individuos podados.....	64
Tabla XII. Lista de variables que han sido significativas en diversos trabajos sobre deforestación.....	72

## **COMITÉ TUTORIAL**

### **DIRECTOR DE TESIS**

Dra. Aurora Breceda Solís-Cámara

### **CO-TUTORES**

Dra. Yolanda Maya Delgado  
Dr. José Luis León de la Luz

### **COMITÉ REVISOR DE TESIS**

Dra. Aurora Breceda Solís-Cámara  
Dra. Yolanda Maya Delgado  
Dr. José Luis León de la Luz

### **JURADO DE EXAMEN DE GRADO**

Dra. Aurora Breceda Solís-Cámara  
Dra. Yolanda Maya Delgado  
Dr. José Luis León de la Luz  
Dra. Sara C. Díaz Castro (Suplente)

## 1.- INTRODUCCIÓN

La diversidad de los ecosistemas de México es resultado de la gran variabilidad ambiental y condiciones fisiográficas que presenta el país (Rzendowski, 1978; Flores y Gerez, 1988). Existen varias definiciones del término ecosistema (Kimmims, 1987; Begon *et al.*, 2006), en términos ecológicos se acepta que un ecosistema es un sistema en el que interactúan los seres vivos entre sí y éstos con el medio físico que les rodea a través de un flujo de materia y de energía en el mismo espacio-temporal (Odum, 1971). Bajo un esquema forestal un ecosistema forestal es definido como la unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente en un espacio y tiempo determinado (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 1993). Considerando entre los recursos forestales a la vegetación de los ecosistemas que tiene un uso o que es susceptible a ser aprovechada, así como los servicios ambientales que se derivan de éstas, el suelo y el agua (Ley general de Desarrollo Forestal Sustentable, 2003). De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1994), los principales ecosistemas forestales presentes en México son bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. Se ha calculado que 70.2% de su superficie está cubierta por ecosistemas forestales (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003a).

Los diversos recursos forestales (maderables y no maderables) son importantes porque, por un lado proveen de productos a los pobladores rurales quienes los emplean en múltiples usos, y por otro por los servicios ambientales, sociales y económicos que proporciona. Entre estos últimos se encuentran la regulación del clima, la protección de suelos, el abastecimiento de agua, la integridad cultural de los pueblos, la recreación, o como fuente de ingresos tanto comercial como de autoconsumo (SEMARNAT, 1998; Roper y Robert, 1999; Velázquez *et al.*,2001; Morán y Galleti, 2002).

A pesar de los beneficios que ofrecen los ecosistemas forestales su inadecuado manejo, producto del desconocimiento y de decisiones erróneas, han provocado su degradación, fragmentación y deforestación, dañando su integridad, diversidad y con ello todos los beneficios que conlleva su presencia (SEMARNAT, 2003a). La degradación y deforestación son dos conceptos que suelen ser controversiales, ya que la falta de claridad en su definición provoca confusiones en la estimación de superficies deforestadas (SEMARNAT, 1988).

Las definiciones sobre la deforestación se pueden englobar en dos grupos: estrechas y amplias. En el primer grupo se incluye el concepto manejado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Lanly, 1982), en el que la deforestación está directamente relacionada con el cambio de uso de suelo, es decir con la eliminación casi total de la cubierta forestal. En tanto que en la visión amplia se incluye tanto a la deforestación como a los diferentes tipos de degradación, que reducen la calidad del ecosistema

(densidad y estructura, servicios ecológicos, biomasa, diversidad de especies y recursos genéticos) ya que no eliminan totalmente la cubierta forestal (Wunder, 2000). El problema con el uso de estos conceptos radica en que la deforestación bajo el criterio estrecho no cuantifica la degradación, por tanto sólo considera las superficies arboladas y no el deterioro que estos ecosistemas sufren. De estos dos criterios, los términos amplios son más poderosos como herramientas políticas, ya que indican las áreas que están siendo afectadas por cambios antropogénicos (Wunder, 2000).

En México la definición para los cálculos de deforestación en los Inventarios Nacionales Forestales (INF) de 1994 y 2000 se hicieron con base en los conceptos empleados por la FAO, es decir con visión estrecha. El uso de diferentes herramientas tecnológicas, así como diversas categorizaciones de la vegetación han complicado las comparaciones multitemporales para el cálculo de la deforestación, por lo que existen diversos valores que fluctúan en un amplio rango. Considerando los resultados preliminares del Inventario Nacional Forestal (2000) en el período 1993-2000, se estima una tasa de deforestación de 1.15% anual, que corresponde a 784 968 ha/año para bosques y selvas, y 307 000 ha/año para zonas áridas (SEMARNAT, 2003b). En suma 5.6% de la superficie del país es deforestada anualmente, lo que lo coloca en el quinto país con mayor deforestación a nivel mundial (FAO, 2001).

Estos datos sólo toman en cuenta la pérdida de cobertura forestal, sin considerar la degradación. Si se estimara simultáneamente deforestación y

degradación (o alteración), el porcentaje de la superficie afectada se incrementa notablemente. Así, por ejemplo, para los bosques en el periodo 1993-2000 se estimó una tasa de deforestación de 0.79% y de 3.24% considerando deforestación y alteración. Desafortunadamente no existen aún datos precisos sobre la tasa de degradación para todos los tipos de vegetación (SEMARNAT, 2003a).

Las principales causas de deforestación en México son la apertura de la frontera agropecuaria, los desmontes ilegales y los incendios (SEMARNAT, 2003a; Toledo *et al.*, 1988; Masera, 1996). Se ha reportado que por estas vías se ha perdido cerca del 50% de la superficie del territorio nacional según el Inventario Nacional Forestal del 2000 (SEMARNAT, 2003a).

En cuanto a la extracción de productos forestales en México se calcula una extracción de 50 millones de m<sup>3</sup>/año, de éstos 80% satisfacen las necesidades de subsistencia, que principalmente están enfocadas al consumo de leña (38 millones de m<sup>3</sup>/año), el 20% restante equivale a la extracción comercial maderera (Masera, 1996; SEMARNAT, 2003a). Aún cuando la extracción de árboles y ramas para leña esta prohibida, se sigue practicando y se calcula que 17% de las viviendas en el país la emplean como combustible (Masera, 1996; SEMARNAT, 2003a). Si bien Baja California Sur es una de las entidades del país con menor producción forestal, según el Anuario Estadístico para B.C.S. (Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2004), la producción alcanzó 15, 466 m<sup>3</sup> rollo en el 2003, de la cual 98.6% es carbón, 1.28 % postes y 0.08 % leña. Sin embargo existen pocos datos

sobre la presión y el valor de la entresaca de especies forestales maderables, y sobre cómo ésta se asocia con aspectos sociales, económicos y físico-ambientales.

La extracción selectiva de árboles y leña son procesos que causan alteración, luego degradación y en casos extremos deforestación. Los procesos que la acompañan como apertura de caminos, colonización de tierras por campesinos y ganaderos al transformar la vegetación primaria en secundaria, la vuelven susceptible a los factores ambientales como sequía e incendios. La sinergia de estos procesos de alteración ocasiona tasas de cambio acelerados que desencadenan procesos irreversibles de deterioro (SEMARNAT, 2003a).

Es bajo este esquema conceptual que el presente trabajo estudia la extracción de madera como un proceso de degradación. El trabajo forma parte del Proyecto Integral de la Cuenca Hidrológica-Forestal San José, en B.C.S., mismo que pretende conocer a qué variables socioeconómicas y ambientales se asocia la extracción, determinar la importancia que tales variables, y de una forma general determinar si este proceso está avanzado en la cuenca.

## 2.- ANTECEDENTES

La deforestación ha sido un tema de gran interés para la comunidad internacional ya que la pérdida de la cubierta vegetal y su degradación están asociadas a serios problemas ambientales, sociales y económicos como cambio climático, pérdida de recursos forestales, pobreza, escasez de agua, entre otros (SEMARNAT, 1998). Es por ello que existe un gran interés por estimar las tasas de deforestación mundial, regional y por tipo de vegetación. En este esfuerzo destaca la participación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente (PNUMA) y el Banco Mundial, organizaciones que se han encargado de evaluar el estado de los recursos forestales en el mundo. Entre sus estudios se han hecho diversas estimaciones sobre las tasas de deforestación, concluyendo que durante la década de 1990-2000 la tasa de deforestación mundial fue de 0.22% anual, que equivale a 9 millones de hectáreas de superficie forestal perdida. En este porcentaje se detectó que África es el continente que muestra las mayores tasas de deforestación con un valor de aproximadamente 0.8%, seguida por América Latina y el Caribe con aproximadamente 0.43% (FAO, 2001).

Para México, considerado el quinto país con las más altas tasas de deforestación del mundo, existen varias estimaciones y estudios sobre la problemática. Destaca la información generada por la Secretaría de Agricultura y

Recursos Hidráulicos (SARH), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), instituciones que han tenido en diferentes momentos la responsabilidad de realizar los Inventarios Forestales Nacionales: Primer Inventario Nacional Forestal (1965-1985), Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992), Inventario Forestal Periódico (1992-1994) e Inventario Nacional Forestal 2000 (Morán y Galletti, 2002). A pesar de este gran esfuerzo por conocer la problemática de la deforestación en el país, actualmente existen diversas estimaciones sobre las tasas de deforestación, las cuales para el periodo 1980-1990 fluctuaron entre 370 000 y 1,500,000 ha/año (Poder Ejecutivo Federal, 1996). Estas diferencias se deben al empleo de diversas metodologías, así como a la falta de precisión sobre los conceptos. Para Baja California Sur existen muy pocos trabajos sobre las tasas de deforestación; sin embargo en el Inventario Nacional Forestal Periódico (SARH, 1994) se considera que 10% de la superficie de la entidad está perturbada debido al cambio de uso de suelo para fines agrícolas, ganaderos, de infraestructura y centro de población.

Una de las principales preocupaciones de la comunidad internacional y nacional se relaciona con las causas asociadas al proceso de deforestación y degradación de la cubierta vegetal. En general se aceptan como causas de deforestación: la ampliación de la frontera agropecuaria, la extracción comercial e ilegal de madera, red de caminos, pobreza y tenencia de la tierra (Roper y

Roberts, 1999; Masera, 1996; Morán y Galletti, 2002). Existen varios estudios que analizan esta problemática de manera más detallada. Por ejemplo, Chomitz y Gray (1996) determinaron que la cercanía al mercado, la calidad del suelo y la tenencia de la tierra tienen un fuerte efecto sobre la conversión de suelos forestales en áreas agrícolas, es decir son factores que favorecen la deforestación. Además mencionan que los caminos construidos en zonas con suelos poco fértiles, aún cuando pueden provocar una modesta conversión del uso de suelo, pueden fragmentar el hábitat y con ello la viabilidad de algunas poblaciones. Southgate *et al.* (1991) determinaron que las causas asociadas a la deforestación en Ecuador, fueron la inseguridad en la tenencia de la tierra, la presión poblacional y la presencia de caminos. Cropper *et al.* (1999) observaron que el tamaño de la red de caminos, la cercanía a los mercados y la densidad poblacional estuvieron entre las principales causas de deforestación en Tailandia. Asimismo, encontraron que las características de los suelos influyen en la decisión de los agricultores para efectuar cambio de uso de suelo (de forestal a agrícola), lo cual está asociado a la heterogeneidad de las características ambientales. Algo similar fue observado en los bosques tropicales del Amazonas en Bolivia por Cordona y Haack (2003), quienes hallaron que el costo de transporte, la distancia a los mercados y los precios de los cultivos agrícolas fueron determinantes en la decisión de la gente para hacer el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola. Pfaff (1999) encontró que las características de la tierra y los factores que afectan el costo de transporte y la distribución de la población son los factores asociados a

la deforestación. En el estudio realizado por Laurance *et al.* (2002) en la selva Amazónica de Brasil que incluyó variables demográficas, biofísicas y de accesibilidad como causas de deforestación, empleando sistemas de información geográfica, análisis de ordenación y regresiones lineales, concluyendo que las diez variables analizadas en conjunto explicaban 60% de la deforestación y que la densidad de carreteras y la densidad poblacional fueron las más correlacionadas con la deforestación.

Angelsen y Kaimowitz (1999) analizaron los resultados de más de 140 modelos de deforestación en el trópico y mencionan causas inmediatas y subyacentes en la deforestación. Entre las primeras se identifican los precios de los productos agrícolas, los precios de los insumos agrícolas, salarios, empleo, disponibilidad de crédito, progresos tecnológicos, accesibilidad, tenencia de la tierra y precios de la madera. Entre las causas subyacentes están: población, niveles de ingreso, crecimiento económico, deuda externa, libre mercado y devaluaciones. Estas variables han sido utilizadas en los modelos referidos por Angelsen y Kaimowitz (1999), quienes mencionan que existen resultados poco robustos en varios de los modelos que analizan la deforestación, y concluyen que es necesario replantearse las causas de la deforestación enfocándose en aspectos como el impacto del crédito en los mercados, cambios tecnológicos, reducción de la pobreza y la tenencia de la tierra.

Para México existen varios trabajos que analizan la deforestación, destacando el de Masera (1996) quien menciona las causas que determinan la

degradación y la deforestación. Para la primera menciona los incendios, tala clandestina, aprovechamiento forestal de subsistencia y manejo técnico deficiente en zonas donde se da la comercialización forestal; en tanto que para la segunda las causas están asociadas a aspectos económicos, demográficos, técnicos y políticos. Toledo *et al.* (1989) estiman la deforestación y resaltan la importancia de la función ecológica de los ecosistemas forestales. Por otra parte Dirzo y García (1992) hicieron estimaciones de deforestación en los Tuxtlas, Veracruz, obteniendo tasas de deforestación local. Para ellos la información obtenida a este nivel es de suma importancia, ya que consideran que los resultados pueden ser más valiosos y que pueden ser empleados para monitorear cambios forestales o emplearlos en otro tipo de estudios.

En otros trabajos se ha intentado estudiar las causas asociadas al proceso de deforestación en el país, figurando entre estos los trabajos de Nelson y Hallerstein (1997), quienes aplicaron el modelo multinomial logit y un modelo econométrico para predecir si los caminos son una de las causas para que se lleve a cabo la deforestación. Emplearon imágenes de satélite, bases de datos de información geofísica y socioeconómica que fueron integradas a un Sistema de Información Geográfica (SIG). El modelo se basó en los costos de acceso (evaluación indirecta de los caminos) a las localidades (que tienen características geofísicas y socioeconómicas determinadas) para estimar el cambio de uso de suelo; encontraron que los precios de acceso de los caminos tienen un efecto

sobre el uso de la tierra, el incremento en los precios disminuye la presencia de cultivos y favorece la recuperación de los bosques, y viceversa.

Deninger y Minten (1999), dentro de un proyecto financiado por el Banco Mundial sobre las consecuencias sociales y ambientales orientada a las políticas de crecimiento, llevaron a cabo un estudio en México enfocado a evaluar la deforestación con relación a tres variables principales: pobreza, políticas agrícolas y tenencia de la tierra. Este estudio se hizo a escala municipal en todo el país, aplicando un modelo de regresión lineal. Ellos concluyen que de las variables analizadas, la tenencia de la tierra bajo el régimen ejidal no se asocia con los altos niveles de deforestación, en cambio altos niveles de pobreza en el país han contribuido significativamente con ésta. Deninger y Minten (2002), analizaron las causas de deforestación en dos estados de México con una alta biodiversidad: Oaxaca y Chiapas, haciendo uso de tres grupos de variables físico-geográficas, seguridad en los derechos de propiedad y políticas. En sus resultados determinaron que la distancia a caminos, la pendiente, precipitación, altitud, Áreas Protegidas y tenencia de la tierra (comunidades indígenas o ejidos) son variables que se asocian negativamente a la deforestación, mientras que el porcentaje de áreas cultivadas, el porcentaje de agricultores, y las características del suelo se asociaron positivamente con la deforestación. Así mismo en predicciones con los índices de pobreza, densidad poblacional y subsidio de créditos a los agricultores mostraron una correlación positiva. Por otra parte los autores destacan la importancia de considerar la biodiversidad como una medida política para evitar la

deforestación. García *et al.* (2003), evaluaron el comportamiento de los ejidatarios y concluyeron que hay distintos comportamientos entre los miembros de los ejidos, y que las características y actitudes que asumen los ejidatarios sobre sus recursos determinan el procesos de deforestación.

En un estudio mucho más amplio, realizado por Morán y Galletti (2002), dentro del Programa sobre Comercio y Medio Ambiente en el Centro de Estudios de Derecho Ambiental (CEMDA), evaluaron las causas económicas y la incidencia del comercio internacional en la deforestación en México. En este trabajo se analizó el efecto del Tratado de Libre Comercio (TLC) en la deforestación, encontrando ventajas y desventajas al respecto. Entre las primeras, durante la apertura del Tratado se crearon instituciones de protección al ambiente como la SEMARNAT y órganos especializados entre ellos, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), así mismo se crearon programas para regularizar la delimitación y posesión de la tierra como el Programa de Certificación de Derechos Ejidales (PROCEDE), sin embargo, se realizaron modificaciones regulatorias e institucionales, previo a la firma del TLC, como la aprobación de normas de tipo comercial, medioambiental y de inversión. Muchos de éstos cambios, junto con los programas (con fallas estructurales, PROCAMPO y el mismo PROCEDE) han provocado indirectamente el deterioro paulatino o inmediato de la superficie forestal del país.

A pesar de que hay un gran número de estudios sobre la deforestación a escala mundial y nacional, el conocimiento sobre el proceso de degradación de la

cubierta vegetal es aún muy escaso. Pocos han sido los estudios que han abordado el tema de la degradación en México, entre éstos se encuentra el trabajo de Works y Hadley (2004), quienes abordan el tema de la degradación en dos comunidades de la Región Purépecha de Michoacán, con la finalidad de entender a nivel ecológico y cultural el proceso de la degradación. Para ello consideraron variables como la distancia a las comunidades y caminos, el uso local del recurso forestal y la tenencia de la tierra, así como la composición de la estructura forestal. Concluyeron que, como ambas comunidades han desarrollado economías locales diferentes, una a la venta local de productos maderables y la otra a un nivel de exportación, al hacer uso de las especies maderables de interés estas comunidades modifican la estructura de los bosques, cambiando a una condición homogénea.

En cuanto al uso de leña como combustible, Masera *et al.* (2003) analizaron su consumo en México, empleando el enfoque WISDOM a escala municipal; esta herramienta se basa en el uso del SIG y bases de datos. El objetivo de la herramienta es identificar áreas prioritarias consumidoras de leña con la finalidad de instrumentar medidas sustentables. En sus resultados detectaron que de 2,427 municipios en el país, 273 ubicados en los estados de Veracruz, Estado de México, Chiapas, Puebla, Hidalgo y algunas zonas de Guerrero y Tabasco fueron identificados altamente prioritarios (de acción urgente), es decir, son municipios donde hay una alta demanda de leña, un gran número de usuarios que la emplean y una fuerte tendencia tradicional a no dejar de consumir leña de la que hay poca

o insuficiente, por lo que el manejo sustentable de este recurso se vuelve de carácter urgente.

Para Baja California Sur poco se ha documentado sobre problemas de deforestación y degradación. Existen algunos trabajos referentes al uso de recursos forestales en la entidad, entre ellos se encuentra el de Breceda *et al.* (1997) en donde se menciona que en la Sierra de la Laguna la extracción de los recursos forestales maderables es una fuente de subsistencia para los pobladores rurales. Echeverría y Breceda (2004) como parte del Proyecto sobre el Manejo Integral de la Cuenca San José elaboraron un listado de especies útiles forestales maderables y no maderables para la Región del Cabo, encontrando que de las 1120 especies que conforman el elenco florístico de esta región, 197 tienen algún uso. León de la Luz *et al.* (2005), consideran importante elaborar una metodología que permita evaluar la cantidad del recurso forestal maderable comercial en pie para su aprovechamiento, como es el caso de *Prosopis articulata* (mezquite) y *Prosopis palmeri* (palo fierro) que son empleadas para la comercialización del carbón. En su estudio proponen que las variables de obtención rápida y no destructiva como la biomasa fresca de carbón y el peso del leño fueron dos medidas importantes para estimar la cantidad de leños en pie que pueden ser aprovechados en un área determinada, y obtuvieron, para esas especies, que en 1 ha se puede llegar a aprovechar 37,040 kg de mezquite y 2,045 kg. de palo fierro.

En caso específico de la Cuenca de San José no existen estudios sobre el aprovechamiento forestal. Para esa zona se encuentra solamente el trabajo de Puy y Alquiza (1995) quién realizó un estudio en la cuenca mostrando un panorama de la dinámica geológica e hidrológica de la cuenca en relación con el establecimiento del corredor turístico entre San José del Cabo y Cabo San Lucas, esto último a través del análisis con problemas sociales y ambientales asociados al establecimiento del complejo turístico en la población de San José del Cabo. Concluye que el agua es un factor limitante en el establecimiento del desarrollo turístico, que para su establecimiento no se tomó en cuenta la dinámica geológica e hidrológica de la cuenca, lo cual ha provocando diversos problemas como asentamientos irregulares en sitios inadecuados, contaminación de los mantos freáticos, demanda de servicios como drenaje y agua potable, principalmente. Menciona que la base económica en la zona se centra en el turismo olvidando las diversas actividades económicas que ya se venían realizando en la cuenca como la agricultura y la ganadería.

Como se observa, la mayoría de los estudios se enfocan al análisis de la deforestación y muy pocos analizan las causas relacionadas con la extracción forestal, la cual por sí misma es relevante, ya que el consumo selectivo de especies puede provocar la pérdida de la funcionalidad de los ecosistemas y afectar a poblaciones naturales de relevancia ecológica, lo que conllevaría a un deterioro de la fuente de subsistencia de la población rural. El conocimiento de este proceso, así como de las causas asociadas a la degradación forestal por

extracción de recursos maderables es sin duda importante y necesario, ya que brinda elementos para una mejor planeación en el uso y manejo de los recursos naturales.

### **3.1- OBJETIVOS.**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de los factores socioeconómicos y ambientales en el proceso de extracción de especies maderables en la Cuenca San José, con la finalidad de contribuir al conocimiento integral del manejo de la cuenca en estudio.

#### **3.2 OBJETIVOS PARTICULARES:**

- Identificar las especies forestales maderables útiles.
- Estimar la extracción forestal maderable.
- Determinar las causas de la deforestación por extracción forestal de especies maderables a partir de su relación con variables socioeconómicas y ambientales en la Cuenca San José.
- Identificar las especies más afectadas por extracción.

### **4.- HIPOTESIS.**

Basado en evaluaciones previas sobre el uso y manejo de los recursos forestales en la Cuenca San José es posible que la mayor extracción forestal se encuentre asociada a la cercanía de caminos y mercado, alta densidad poblacional y las mejores condiciones físico-ambientales de los sitios, ya que son factores que reflejan la presencia, el acceso y la presión sobre los recursos.

## 5. AREA DE ESTUDIO

### 5.1 Ubicación geográfica.

La Cuenca San José se localiza en el sur del estado de Baja California Sur, México, por debajo del Trópico de Cáncer. Biogeográficamente pertenece a la Región del Cabo y políticamente al Municipio de Los Cabos, ubicándose entre los  $23^{\circ} 03' 3.8''$  y  $23^{\circ} 27' 19.6''$  de latitud Norte y  $109^{\circ} 59' 50.6''$  y  $109^{\circ} 33' 13.6''$  de Longitud Oeste. Cuenta con un área de  $1,275 \text{ km}^2$  (Figura 1).

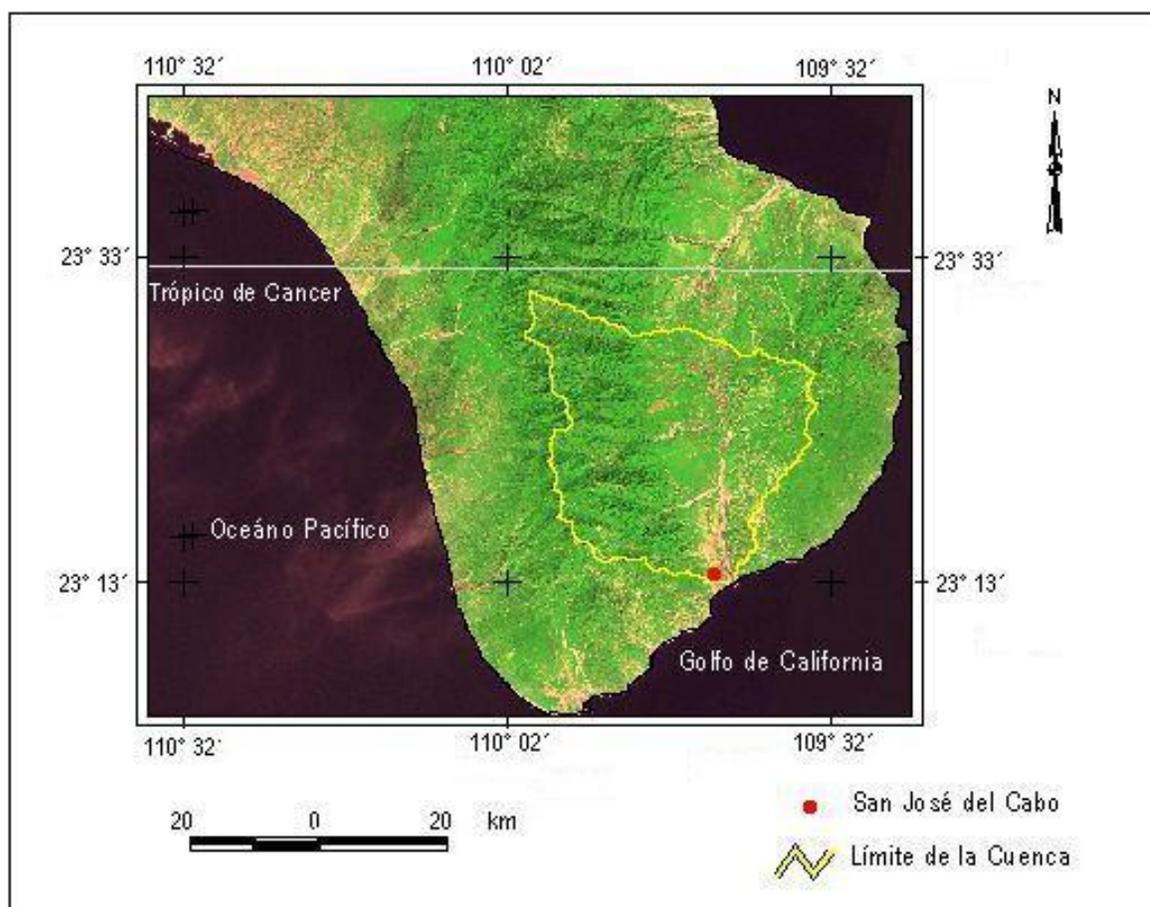


Figura 1. Localización de área de estudio.

## **5.2 Fisiografía.**

La cuenca de San José pertenece a la Discontinuidad del Cabo, la cual se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Península de Baja California (Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 1995). Entre las topofomas que presenta destacan dos serranías la Sierra de La Laguna al oeste y la Sierra de la Trinidad al este. Dentro de la Cuenca la primera alcanza alturas máximas de aproximadamente 1,900 m y forma parte del complejo montañoso conocido como Sierra de la Laguna. La segunda presenta alturas máximas de 400 m; el parteaguas de ambas delimita el área de la cuenca, la cual tiene una forma aproximadamente romboidal. Hacia las partes bajas de la cuenca se observan mesas, que son terrenos elevados y llanos de gran extensión cuyos límites son escarpados. Dentro del área de estudio se localiza, al este, la mesa del Cabello y al oeste las mesa Santa Anita y La Palma (INEGI, 2002). También se encuentran llanuras aluviales producto de la erosión y del acarreo de sedimentos de las partes altas de las sierras; estas llanuras no presentan elevaciones o depresiones prominentes (INEGI, 2000).

## **5.3 Geología.**

La cuenca San José es considerada como una cuenca de medio graben, y su formación está muy relacionada con la apertura del Golfo de California y la formación de la Península de Baja California, que datan desde el Mioceno (Martínez y Sethi, 1997). Entre los eventos geológicos que ha habido en la

formación de la Península de Baja California destacan los ocurridos hace aproximadamente 3.5 millones de años, cuando la península se unió a la placa del Pacífico y se formó una zona de expansión entre esta placa y la Norteamericana. Este evento provocó la apertura del Golfo de California, entrando a una fase extensional. El desplazamiento de las placas ocasionó que la corteza terrestre estire por fuerzas tensionales, provocando la aparición de fallas y la caída de bloques de la superficie, formando depresiones o grabens (Flores, 1998). Tal condición explica la formación de la cuenca, la cual es considerada como producto de la depresión de un bloque o graben, también denominado fosa (Martínez y Sethi, 1997; Flores, 1998).

Dos grandes complejos cristalinos conforman la Cuenca de San José: el complejo ígneo metamórfico de La Laguna en lado oeste y el complejo ígneo de La Trinidad en el este. Estos dos complejos cristalinos son la principal fuente de sedimentos que rellenan la cuenca.

La formación de la Sierra la Laguna está asociada a los eventos del Cretácico, hace aproximadamente 65 millones de años. En ese período, en los márgenes de la costa occidental de América se formó un arco insular o cadena de volcanes, debido a la presencia de una zona de subducción cercana. La presión ejercida por el hundimiento de una de las placas provocó que una parte del magma fuera expulsado formando un arco insular; el resto al no salir rápido se enfrió lentamente formando rocas ígneas de cristales grandes como el granito. Al mismo tiempo el calor y la presión ejercida sobre éstas provocó la formación de

rocas metamórficas. Esta masa de rocas fue la que dio origen al batolito que hoy en día es el cimiento de la Península. En la cuenca San José podemos observar que parte del batolito está expuesto formando parte de la Sierra de La Laguna (Martínez y Sethi, 1997; Flores, 1998).

La Sierra de la Laguna está conformada por tres unidades de rocas ígneas y metamórficas principales: granodioritas-tonalitas, granitos potásicos y gneis, en las que se observa poca deformación tectónica (Martínez, 2005). La Sierra de la Trinidad presenta tres unidades de origen ígneo: granito, granodiorita y flujos de lava (riolitas), que datan de finales del Cretácico y principios del Terciario (Gastil *et al.*, 1976), así como de rocas sedimentarias que forman estratos marinos y continentales con un intervalo de edad que va del Terciario al Cuaternario, localizadas principalmente en el centro y este de la cuenca hacia la Sierra de la Trinidad. En este grupo de rocas encontramos conglomerados, areniscas muy finas, finas y granulares de origen marino y terrestre, pizarras y lodos. Su presencia indica que durante el Mioceno superior y Plioceno inferior, se dieron eventos de subsidencia (elevaciones del nivel del mar) y transgresión del mar (Martínez y Sethi, 1997).

Los sedimentos acumulados en la cuenca en su mayoría son de origen continental y en menor proporción marinos. Estos sedimentos forman la estructura de medio graben de la cuenca, que además presenta una inclinación oeste-suroeste (Martínez y Sethi, 1997).

#### **5.4 Hidrología.**

La cuenca en estudio pertenece a la Región Hidrológica 6 Baja California sur-este (La Paz), y es considerada como una de las más importantes por el área tributaria que presenta (Hernández, 1998).

Se le llama cuenca hidrológica o hidrográfica al área que capta toda el agua proveniente de escurrimientos y forma una red de drenaje. Una cuenca está delimitada por los parteaguas de las montañas y es en las partes bajas donde todas las escorrentías se unen a una corriente principal (Flores, 1998).

La cuenca San José esta delimitada por los parteaguas de las Sierras de la Laguna y de La Trinidad, que con sus escurrimientos superficiales de carácter intermitentes alimentan la corriente principal que forma el arroyo San José. El carácter intermitente de las corrientes se debe principalmente a la escasa precipitación que predomina en la entidad, a la orografía, a la permeabilidad de los materiales y a la pendiente del sitio (Flores, 1998).

La red de drenaje que alimenta al arroyo San José es de tipo dendrítico o radial y subparalelo, pues siguen un patrón de fracturas de NE-SO casi E-O, que se originan en la Sierra de La Trinidad y en la Sierra de la Laguna (Flores, 1998; Hernández, 1998). Hacia el noroeste de la cuenca el drenaje subdendrítico está constituido por numerosos tributarios de primer y segundo orden. Los tributarios de primer orden presentan corta longitud y se caracterizan por provocar una alta erosión en época de lluvias, los de segundo orden que son de mayor longitud facilitan la acumulación de agua y muestran una lenta infiltración, que a su vez

depende de la pendiente del terreno. Al suroeste se observa un sistema de drenaje recto-paralelo, constituido por arroyos de primer orden distribuidos esporádicamente, la erosión en esta zona es elevada y los escurrimientos son altos. Hacia el margen izquierdo del arroyo San José, donde los escurrimientos son paralelos, el escurrimiento es alto y los arroyos que se presentan son buenos conductores de agua y buenos alimentadores del acuífero. Las porciones noreste y sureste en contraste a lo anterior, presentan arroyos largos de primer orden, espaciados y paralelos entre si, propician poca o nula erosión y altos escurrimientos. En el centro de la cuenca se ubica el arroyo San José el cual tiene una trayectoria norte-sur, es de orden cuatro y en él se da la mayor acumulación de sedimentos, así como el mayor almacenamiento de agua, ubicándose en éstos los pozos de la región (Puy y Alquizar, 1995). El arroyo San José desemboca en el estero del mismo nombre y es considerado como el arroyo más importante en la región (Flores, 1998).

En general la porción occidental de la cuenca de San José es la de mayor erosión y en la que se deposita una mayor cantidad de sedimentos, lo que la hace apta para la alimentación del acuífero. En tanto que el almacén del agua es mayor en la margen derecha del Arroyo San José que en el margen izquierdo, ya que en esta ultima el espesor sedimentario es menor y el basamento cristalino aflora a menor profundidad. Dicho basamento actúa como barrera impermeable (Puy y Alquizar, 1995). El acuífero de San José se ubica en depósitos clásticos de origen aluvial que rellenan una fosa tectónica originada por la presencia de fallas.

Litológicamente está conformado por sedimentos de gravas, arenas, limos y arcillas. Las propiedades litológicas y estratigráficas de los sedimentos hacen que el acuífero sea altamente permeable y de tipo libre (Flores, 1988).

En cuanto a la calidad del agua ésta va de dulce a tolerable, su uso es para dotar de agua potable a la población y desarrollos turísticos de San José del Cabo, el Corredor Turístico y Cabo San Lucas, y en menor medida para uso agropecuario (Valdez, 2006). El acuífero de San José ocupa el segundo lugar en capacidad de recarga en el municipio de Los Cabos y el quinto lugar estatal. Dispone de 24 millones de m<sup>3</sup> de agua, aportando 94% del recurso para el municipio. Sin embargo, el total de agua concesionada del acuífero de San José ascendía, en el año 2003, a 26.5 millones de m<sup>3</sup>, ocasionando la sobre-explotación de este acuífero (Valdez, 2004; Valdez, 2006)

### **5.5 Suelos.**

Los suelos que se presentan en la Región del Cabo son de textura gruesa y de baja fertilidad, en general son suelos someros. En la Cuenca de San José la profundidad de los suelos varían de 0 a 100 cm (Maya, 2005) y presentan baja capacidad de intercambio catiónico.

De acuerdo con el sistema de clasificación FAO/UNESCO 1968 (Comisión de Estudios del Territorio Nacional, 1970), los suelos de la Cuenca San José son Regosoles eútricos con Fluvisoles eutricos, Regosoles eútricos con Litosoles, Yermosoles háplicos, Yermosoles háplicos con Regosol eutrico y Litosoles, así

como Litosoles y Litosoles con Regosol eutríco, todos estos de textura gruesa. Las características que presentan son las siguientes:

- Regosoles eútricos, son suelos de poco desarrollo (Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, 1976). En el área de estudio se deriva de la roca granítica por lo que son claros. Presentan una textura gruesa y desarrollo de los agregados moderado. Se ubican en las laderas de las montañas tanto de la Sierra de la Laguna como en la Sierra de la Trinidad, así como en las mesas, formando suelos con profundidades de 50 a 100 cm aproximadamente (Maya, 2005).
- Fluvisoles eútricos, son suelos que se forman en los ríos y arroyos con materiales acarreados por el agua, por lo que presentan poco desarrollo (DETENAL, 1976). En el área estos suelos no tienen agregación, su textura es gruesa y alcanzan profundidades que van entre 50-100 cm y muestran una alta saturación de bases. Los ubicamos sobre el cauce principal del Arroyo San José y sobre los arroyos que lo alimentan (Maya, 2005).
- Litosoles, son suelos con una profundidad no mayor de 10 cm (DETENAL, 1976). En el área éstos se asocian con Regosoles eútricos que van de 0 a 25 cm, encontrándolos en las laderas de las montañas de la Sierra de la Laguna, donde abundan los afloramientos rocosos. Muestran una textura media con agregación ligera (Maya, 2005). Tienden a erosionarse en sitios donde las pendientes son pronunciadas (DETENAL, 1976).

- Yermosoles háplicos, son suelos que presentan una capa superficial clara, debajo de ésta puede haber acumulaciones de minerales arcillosos y/o sales como carbonatos, son pobres en materia orgánica (DETENAL, 1976). En el área de estudio estos suelos se encontraron sobre las llanuras, con profundidades de 25 a 50 cm. Presentan textura gruesa y agregación moderada de terrones (Maya, 2005).

En general en las partes altas y pendientes abruptas de la Sierra de La Laguna, el suelo tiende a ser delgado y de poco desarrollo, debido a que las pendientes impiden su acumulación y favorecen su transporte hacia las partes bajas acarreados por el agua o por gravedad. Hacia las mesas y pie de monte, el suelo transportado se acumula por lo que tiende a ser profundo, pero debido al clima que predomina en la zona (semiárido cálido) y al poco aporte de materia orgánica, presenta un mínimo desarrollo (Maya, 1988).

La textura gruesa predominante en todos los suelos de la cuenca, se debe a que se originan de roca granítica rica en minerales resistentes, lo que los hace vulnerables a la erosión, más aún si se ubican en áreas de fuerte pendiente (Maya, 1988).

La Cuenca de San José abarca un área de 1,275 km<sup>2</sup>; de éstos aproximadamente 127.6 km<sup>2</sup> se encuentran erosionados lo que equivale al 10% de la superficie total de la misma (Maya, 2005).

## 5.6 Clima.

De acuerdo con la información de las estaciones meteorológicas presentes en la Cuenca San José, se presentan 7 tipos climáticos de acuerdo con Köppen modificado por García (1973) (Tabla I).

Basándose en los datos de las estaciones meteorológicas para la cuenca, se tiene que para la estación Santa Anita, la cual se ubica al sureste de la cuenca a una altura de 120 m.s.n.m., presenta un clima BW(h')hw(e), el cual es descrito como muy árido, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (7.6%) y una oscilación térmica anual extremosa (13.7°C). La temperatura media anual es de 23.4°C, en tanto que la precipitación anual es de 372 mm. Como se observa en los climogramas (Figura 2a) los meses de mayor temperatura son de junio a septiembre con valores que van de 27 a 30°C. En los meses de agosto a octubre, la precipitación alcanza valores de 50 a un poco más de 100 mm mensual. De febrero a junio prácticamente no se registra precipitación, en tanto que de diciembre a enero se registran valores de 17 a 25 mm precipitación mensual.

La estación San José del Cabo se ubica al sur de la cuenca a 35 m.s.n.m., muestra un clima BWhw(e), muy árido, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (9%) y una oscilación térmica anual extremosa (11.5°C). Presenta una temperatura media anual de 22°C, y una precipitación anual de 207.3 mm. Los meses más calurosos son julio y agosto con temperaturas de 27.6°C, siendo los meses de diciembre a marzo los que registran

las temperaturas más bajas (16.1-17.8°C). El mes de mayor precipitación es el mes de septiembre con 66.6 mm, de febrero a junio la precipitación es muy baja, oscila entre los 0.5 0 3.3 mm (Figura 2b).

En la porción noreste de la cuenca, hacia la Sierra Trinidad se ubica la estación Mangle, en la cual se presenta un clima BSo(h')hw(w)(e), seco, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 (4.5%) del total anual y una oscilación térmica anual promedio extremosa (13.4°C). Registra una temperatura media anual de 23.4°C y una precipitación anual acumulativa de 471.3 mm. Las temperaturas promedio más altas se presentan en junio y julio (28.6-29.7°C), las más bajas se observan de diciembre a febrero (16.3-17.9°C). La mayor precipitación se registra entre los meses de septiembre a octubre, siendo el más alto en septiembre con 163.5 mm. De febrero a junio es casi nula la presencia de lluvias (0.2-4.5 mm) (Figura 2c ).

La estación Caduaño, ubicada en el centro de la cuenca a 195 m.s.n.m., presenta un clima BSo(h')hw(e), seco, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (7%) y una oscilación térmica anual extremosa (10.1°C). Muestra una temperatura media anual de 22.2°C y una precipitación anual de 415.4 mm. En los meses de junio a agosto se observan las temperaturas más altas (26.1 a 26.9°C), siendo el mes de julio el más caluroso. La menor temperatura se presenta de diciembre a febrero con valores que van de 16.8-18.6°C. Para la precipitación, el mes de septiembre registra el valor más alto (150

mm), de julio a octubre llega a ser mayor a 50 mm. De febrero a abril la precipitación es muy baja (1.1-3.4 mm) (Figura 2d).

Al noroeste de la cuenca a 60 m.s.n.m. se localiza la estación Agua Caliente, en ella se observa un clima BSo(h')w(w)(e), seco, cálido con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 (4.9%) y una oscilación térmica anual extremosa (11.6°C). La temperatura media anual es de 25.2 °C, de junio a agosto se registran las temperaturas más altas (29.6-30°C), siendo junio el mes más caliente. Las temperaturas más frías son de 18.4 a 19.4°C durante los meses de diciembre a febrero, las cuales son altas comparadas con las otras estaciones. En cuanto a la precipitación, el mes de septiembre es el que registra el valor más alto con 191.2 mm, de febrero a junio se registran las precipitaciones más bajas (0-1.9 mm) (Figura 2e).

Para Yeneca ubicada en la parte media central de la cuenca a 600 m.s.n.m., presenta un clima BSohw(w)(e'), seco, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 (4.7%) y una oscilación térmica anual muy extremosa (15.9°C). Muestra una temperatura media anual de 21.8°C y una precipitación anual de 404.1 mm. Las temperaturas más altas registradas son de 27.8-29.4°C durante los meses de junio-agosto, siendo el mes caliente julio, en tanto las más bajas van de 13.5 a 17.1°C y se presentan de diciembre a marzo. Para la precipitación se tiene que la más alta se observa en septiembre, mientras que de febrero a junio se registran los valores más bajos (0.2-4.4 mm) (Figura 2f).

La estación San Felipe ubicada hacia el suroeste de la cuenca en la Sierra de la Laguna a 650 m.s.n.m., presenta un clima BSohw(e), seco, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (5.6%) y una oscilación térmica anual extrema (10.8°C). La temperatura media anual es de 21.8°C y la precipitación anual es de 423.2 mm. De junio a septiembre se registran las temperaturas más altas que van de 25.5 a 27.1°C, mientras que las menores que van de 16.3 a 18.3°C son registradas en los meses de diciembre a marzo. Para la precipitación, el valor máximo se presenta en septiembre con 162.6 mm. De febrero a mayo se observan los valores más bajos de 0.9-2.7 mm (Figura 2g).

En las partes más elevadas de la Sierra la Laguna no existen estaciones meteorológicas, sin embargo basándonos en la carta de climas de CONABIO (1997) se observa que en las altitudes de 700 a 1300 m.s.n.m. se presenta el clima C(wo) templado subhúmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2. La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18°C (15°C), en tanto que la temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C, el mes más caliente es de 22°C.

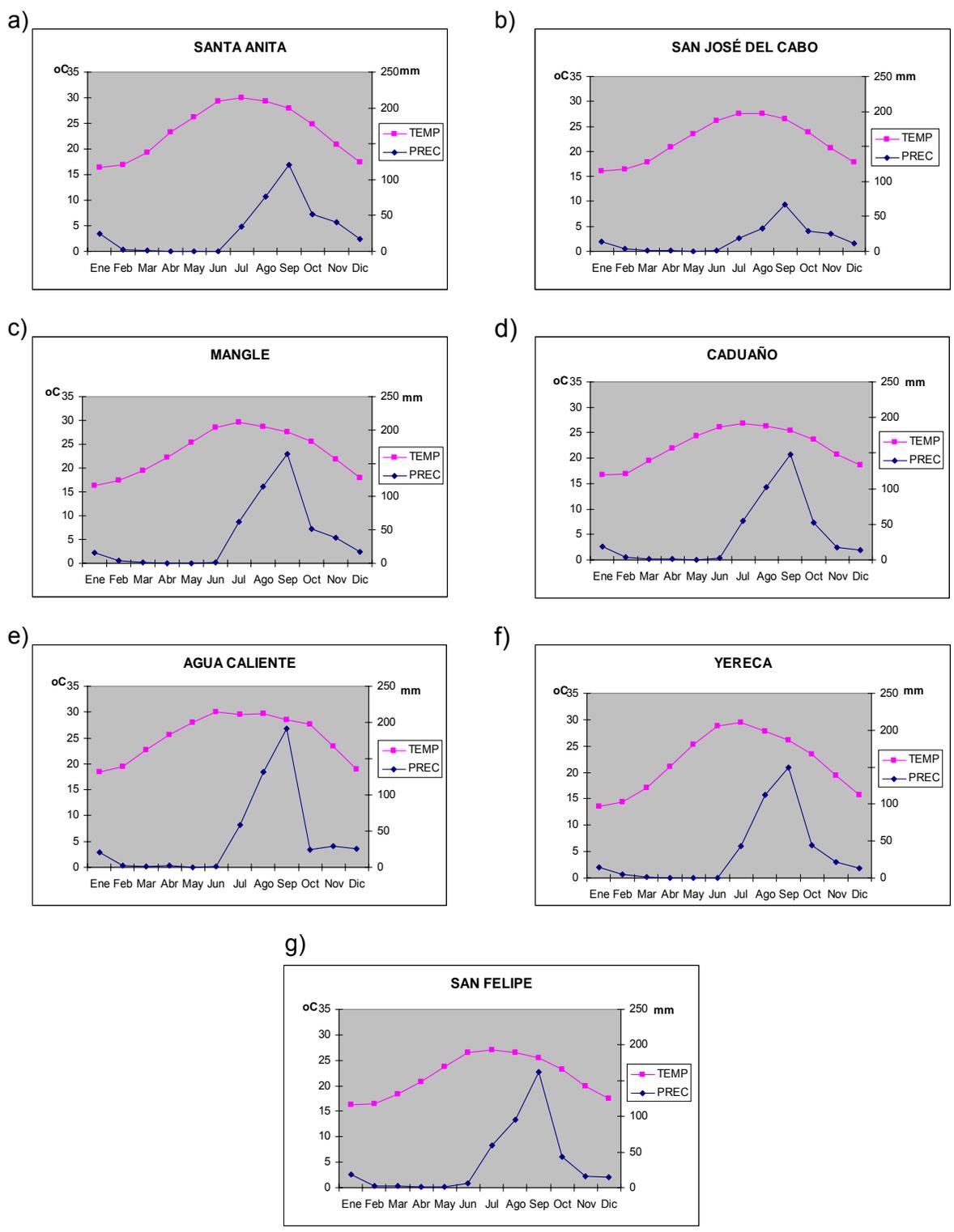


Figura 2. Climogramas de las estaciones meteorológicas de la Cuenca San José.

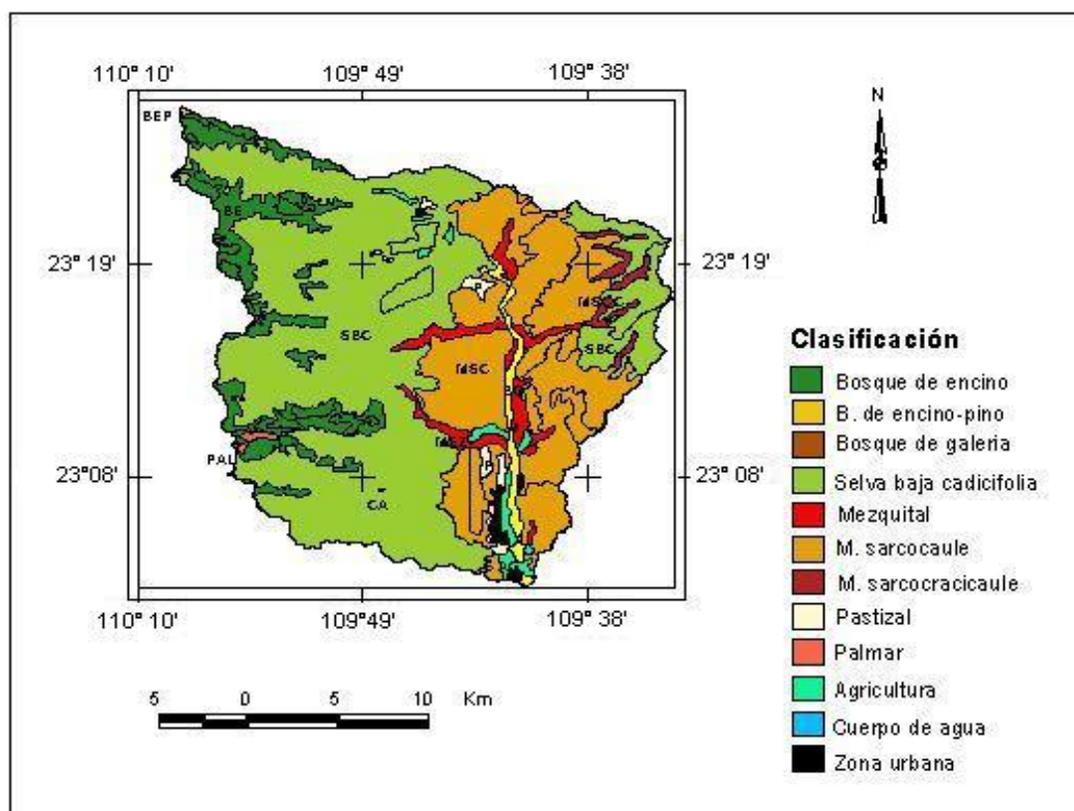
**Tabla I. Tipos de climas en la Cuenca San José.**

Estación meteorológica	Altitud (m.s.n.m.)	Tipo de clima	Descripción
San José del Cabo	35	BWhw(e)	Muy árido, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, extremoso
Agua Caliente	60	BSo(h')w(w)(e)	Seco, cálido con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5, extremoso
Santa Anita	120	BW(h')hw(e)	Muy árido, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, extremoso
Caduaño, Santiago	195	BSo(h')hw(e)	Seco, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, extremoso
Mangle	400	BSo(h')hw(w)(e)	Seco, cálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5, extremoso
Yereca	600	BSohw(w)(e')	Seco, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5, muy extremoso
San Felipe	650	BSohw(e)	Seco, semicálido con lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, extremoso
s/estación*	700-1300	C(wo)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2

\*Información obtenida de la carta de climas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (1997).

### 5.7 Vegetación.

De acuerdo con la información de uso de suelo y vegetación del INEGI (2001a), la vegetación de la cuenca está representada principalmente por selva baja caducifolia, matorral sarcocaula y bosque de encino, aunque también se observa en menor proporción matorral sarcocracicaule, palmares, mezquitales y bosque de galería (Figura 3).



**Figura 3. Tipos de vegetación en la Cuenca San José.**

La selva baja caducifolia, es la más representativa, ocupa 53.3% de la superficie de la cuenca (Figura 3). En la Sierra de La Laguna se distribuye desde los 300 a 1000 m.s.n.m aproximadamente, mientras que en la Sierra de La Trinidad se observa desde los 280 a 420 m.s.n.m. (INEGI, 2001a). Esta comunidad crece principalmente sobre las laderas de los cañones en sitios con clima semiseco cálido, en tanto que en los pies de monte y lomeríos crece bajo un clima semiseco muy cálido (León de la Luz *et al*, 1999). Este tipo de vegetación representa el límite entre los elementos tropicales y áridos, por lo que su composición florística es una mezcla de ambos (Breceda *et al.*, 1994).

Las especies que caracterizan a la selva baja caducifolia en esta región son *Lysiloma divaricatum*, *Senna atomaria*, *Chloroleucon manguense*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Plumeria rubra* var. *acutifolia*, *Erythrina flabelliformis*, *Tecoma stans* y *Albizia occidentalis* (León de la Luz *et al.*, 2000; Breceda, 2005). En términos generales, la estructura vertical de esta comunidad consiste en un estrato arbustivo y arbóreo bajo con altura máxima de entre cuatro y seis metros, algunas especies se encuentran representadas en un estrato que alcanza hasta ocho metros y escasos individuos alcanzan hasta quince metros de altura (Breceda, 1994).

El matorral sarcocaulé abarca 26.6% de la superficie de la cuenca, se distribuye en un intervalo altitudinal que va de 40 hasta 300 m.s.n.m., sobre llanos y mesas en ambos lados del arroyo San José (Figura 3). Este tipo de vegetación se desarrolla en zonas cálidas con temperaturas media anual superior a 22°C y precipitación media anual menor a 400 mm (Morelos, 1988). Su composición florística tiene influencia de especies árido-tropicales provenientes de la selva baja caducifolia y del Desierto Sonorense. Los elementos que lo componen suelen ser árboles y cactáceas de tallo carnoso (sarcocaulé) (León de la luz, 1999; León de la luz *et al.*, 2000). Entre las especies que destacan están: *Fouquieria diguetii* (palo adan), *Bursera microphylla* (torote), *Cercidium* spp (palo verde), *Jatropha cinerea* (lomboy blanco), *Ebenopsis confinis* (teso), principalmente (Morelos, 1988).

En la cuenca entre 900 y 15000 m de altitud de la Sierra de la Laguna se desarrolla el bosque de encino, abarcando 10.6% de la superficie de la cuenca. La especie que caracterizan a esta vegetación son *Quercus tuberculata* (encino roble) en el estrato arbóreo y *Dodonea viscosa* (guayabillo) en el estrato arbustivo. La comunidad es considerada vulnerable por ubicarse en áreas de fuerte pendiente y por consiguiente de alta erosión (León de la Luz *et al.*, 1988; León de la Luz y Coria, 1993).

El bosque de pino-encino es el menos representativo en la cuenca, abarca una superficie de 0.04%, ubicándose en la porción más norteña de la Sierra de La Laguna entre 1400 y 1600 m de altitud (INEGI, 2001a). A esta altitud la temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C con presencia de heladas y precipitaciones que van de 600 a 760 mm al año. Las especies que predominan en esta comunidad son *Quercus devia* (encino negro), *Pinus lagunae* (pino piñonero), *Arbutus peninsularis* (madroño) y *Nolina beltinguii* (sotol) (León de la Luz y Domínguez, 1989; León de la Luz y Coria, 1993).

El resto de la vegetación ocupa en conjunto el 6.4% de la superficie de la cuenca, entre la que se encuentra el bosque de galería, que se distribuye lo largo de los arroyos, entre las especies que caracterizan a esta vegetación se encuentran la palma real (*Washingtonia robusta*), la palmilla (*Erythea brandegeei*) y el gueribo (*Populus brandegeei*) (Breceda, 1994). Los palmares en donde crecen casi exclusivamente las especies de palmas. El matorral sarcocrasicaule que se

caracteriza por la abundancia de cactáceas columnares y el mezquital en donde predominan las especies de *Prosopis* spp.

El resto de la superficie corresponde a otros usos de suelo como áreas agrícolas, pastizales inducidos o cultivados, zona urbana, que ocupan 3% de la superficie de la cuenca (INEGI, 2001a).

### **5.8 Población.**

De acuerdo con el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001b), la Cuenca San José, ubicada dentro del Municipio de Los Cabos, presenta 155 localidades, de las cuales 23% son consideradas como urbanas y 77% como rurales. El total de la población que habita dentro de los límites de la cuenca asciende a 47,744 habitantes, de los cuales 93.4% es urbana y 6.60% es rural. Las áreas urbanas se localizan principalmente en San José del Cabo y zona conurbada como Santa Anita y las colonias aledañas, las áreas rurales se ubican hacia la parte media de la cuenca y esparcidas a lo largo y ancho de la misma. Los sectores productivos en la cuenca son agricultura, ganadería y pesca; construcción y turismo.

### **5.9. Red de caminos.**

La red de caminos está conformada por las Carretera Federal No. 1 que va de la Ciudad de La Paz a San José del Cabo y corre paralelamente al arroyo San José. De ella parten una serie de caminos que comunican a las diferentes

comunidades de la cuenca con las ciudades más cercanas. Esta red de caminos esta conformada por carretera de terracería, brechas y veredas (INEGI, 1999).

## 6.1 MATERIALES Y MÉTODOS.

### 6.1 Muestreo de campo.

La evaluación de la extracción forestal se hizo a través de la selección de sitios al azar empleando sus coordenadas geográficas y la función aleatoria del programa Excel. Del total de sitios al azar se seleccionaron 29 que estuviesen cercanos a caminos o arroyos. Cada sitio fue localizado en una imagen de satélite ETM del 9 de mayo del 2003 con una resolución espacial de 30 X 30 m de la cuenca San José y fotografías aéreas de 1993 en escala 1:75,000 (SINFA, hoja F12-2-3-5-6) (Figura 4).

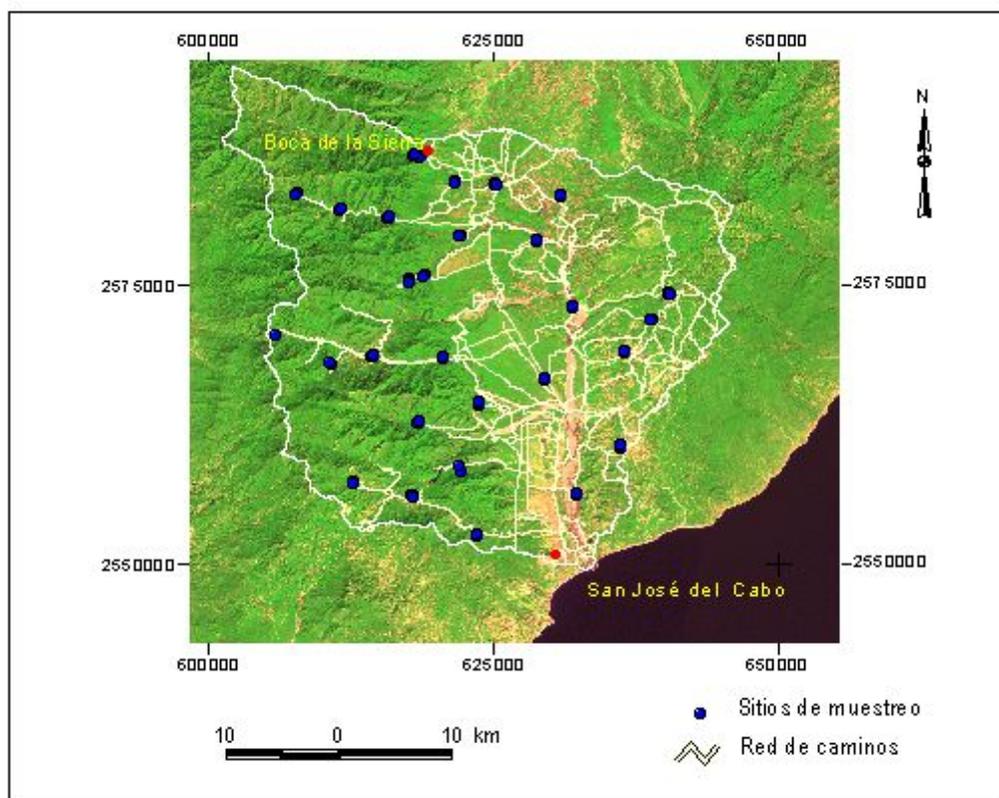


Figura 4. Ubicación de sitios de muestreo en la cuenca.

En cada sitio se montaron transectos paralelos a los caminos o arroyos de 30 x 60 m a tres distancias del camino o arroyo 0, 100 y 300 m, verificando su localización geográfica con un GPS (Proyección Transversa de Mercator y Sistema de Coordenadas UTM-12R, Datum WGS84). En total se montaron 87 transectos, y en cada uno se registró: el número de tocones por especie, número de individuos podados y la abundancia de individuos en pie por especie. Cabe mencionar que el término tocón se refiere a la corta de un árbol y/o arbusto desde la base de su tronco. Los individuos podados son los individuos vivos que presentaron cortes en las ramas. La abundancia en pie se refiere a individuos vivos sin considerar los que se registraron como podados.

Para cada transecto se registraron las siguientes variables ambientales: porcentaje de rocosidad (%), altitud (m), tipo de vegetación (matorral sarcocaulo o selva baja caducifolia), pendiente (%) y exposición de laderas (norte, sur, este, oeste).

La pendiente fue calculada empleando los mapas topográficos 1:50,000 que comprenden la zona de la cuenca; la fórmula empleada fue:

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{\text{Altitud superior} - \text{altitud inferior (m)}}{\text{Distancia horizontal (m)}} \times 100 \quad (1)$$

## **6.2. Recopilación de información socioeconómica (entrevistas).**

Se aplicaron 46 encuestas en los ranchos de la cuenca, de las cuales se obtuvo información sobre el uso y consumo de especies forestales maderables. La información socioeconómica como: tenencia de la tierra, percepción económica y

consumo de cargas de leña al mes, se extrajo de la selección de 29 entrevistas que involucraban a los ranchos cercanos a los puntos de muestreo.

La variable tenencia de la tierra se corroboró con información de las oficinas de la Secretaría de la Reforma Agraria en la ciudad de la Paz. Debido a la problemática referente a los cambios en el registro de propiedad se tomó el criterio de manejar el registro histórico de la propiedad, empleando dos categorías: ejido y propiedad privada.

La percepción económica se calculó considerando la información proporcionada por los habitantes de los ranchos encuestados sobre las actividades económicas que realizan como: producción de quesos, venta de ganado, actividades agrícolas, salario de su trabajo en otras regiones, y a través de estimaciones basadas en los inventarios ganaderos y agrícolas proporcionados por la SAGARPA (2004) para el municipio de Los Cabos.

La estimación del consumo de leña por mes por vivienda se obtuvo a partir de las 46 entrevistas y se considero la unidad de medida local, llamada "carga"; cada carga equivale en peso a 50 kg (Ramírez, 2001) y esta compuesta de 50 leños de aproximadamente 10 cm de diámetro y 50 cm de largo.

Con el promedio de cargas (kg) consumidas al mes por vivienda y el número de viviendas que emplean leña para cocinar (INEGI, 2001b), se estimó el consumo de leña/hectárea/año en toneladas.

### **6.3 Sistema de información geográfica.**

Las variables de población y distancia a caminos se obtuvieron mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el programa ArcView 3.2a (2000), la información digital del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001b) para el estado de Baja California Sur, así como la información de vías terrestres tomada del conjunto de datos vectoriales de las cartas topográficas F12B34 “Santiago”, F12B35 “Cabo Pulmo”, F12B44 “San José del Cabo” y F12B45 “Palo Escopeta” (INEGI, 1999). También se contó con la capa temática de la delimitación de la cuenca generada en el proyecto del cual forma parte el presente trabajo: Programa de Manejo para la Cuenca Hidrológica-Forestal “San José del Cabo”. Con el SIG y la información del censo de población, se obtuvieron las siguientes variables: número de habitantes en un área con un radio de 5 km alrededor del punto de muestreo; viviendas que cocinan con leña en un radio de 5 km; viviendas que cocinan con gas en un radio de 5 km (Figura 5).

Para evaluar la distancia (m) a los mercados de consumo de productos forestales se empleó la información de vías terrestres de las cartas topográficas digitales 1:50,000 (INEGI, 1999). Se calculó la distancia a la carretera transpeninsular y a San José del Cabo a partir de los puntos de muestreo, empleando la extensión RouteFinder versión 3.10 del programa MapInfo Profesional 5.0.1 (1988). La accesibilidad a los sitios de muestreo se obtuvo con el mismo programa, considerando el tiempo de acceso a la carretera transpeninsular y a San José del Cabo. El tiempo se estimó manejando 5 categorías de caminos de

acuerdo con los criterios del INEGI (1998), considerando la distancia y velocidad para cada categoría, como se muestra a continuación (Figura 6):

Clase 1: Vereda, circulan sólo personas y animales, 2.4 km/hr

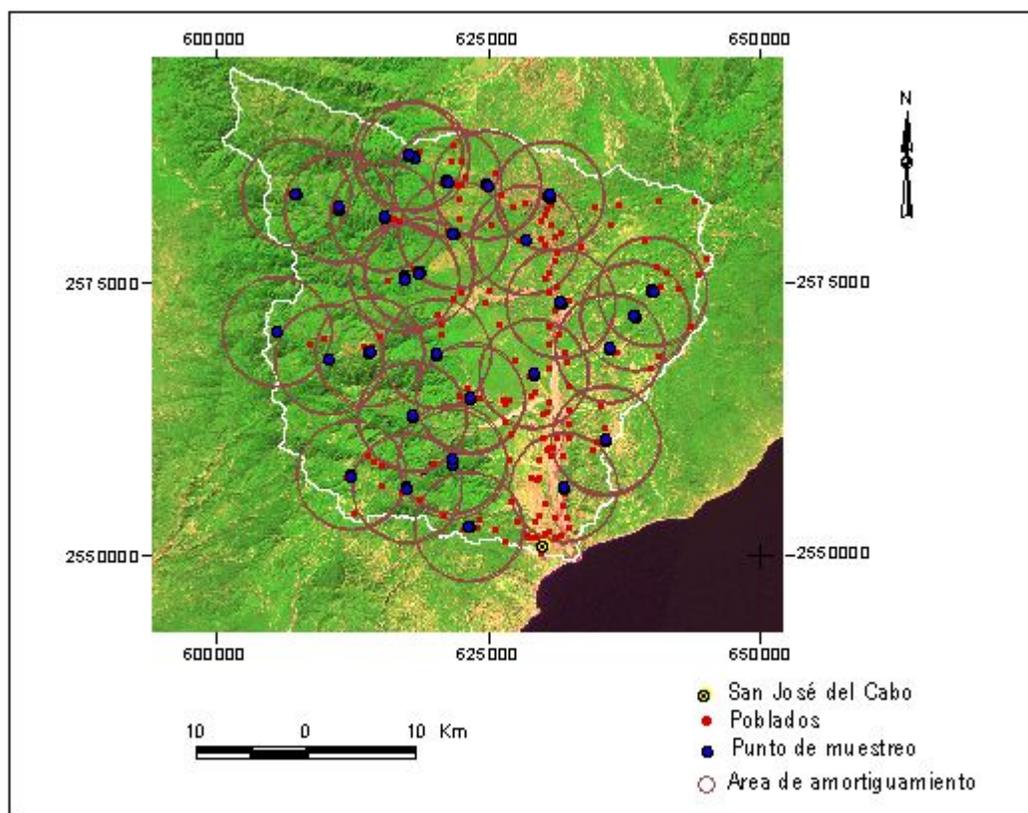
Clase 2: Brecha, circula 1 vehículo, 10 km/hr

Clase 3: Carretera de Terracería, 40 km/hr

Clase 4: Calles, 70 km/hr

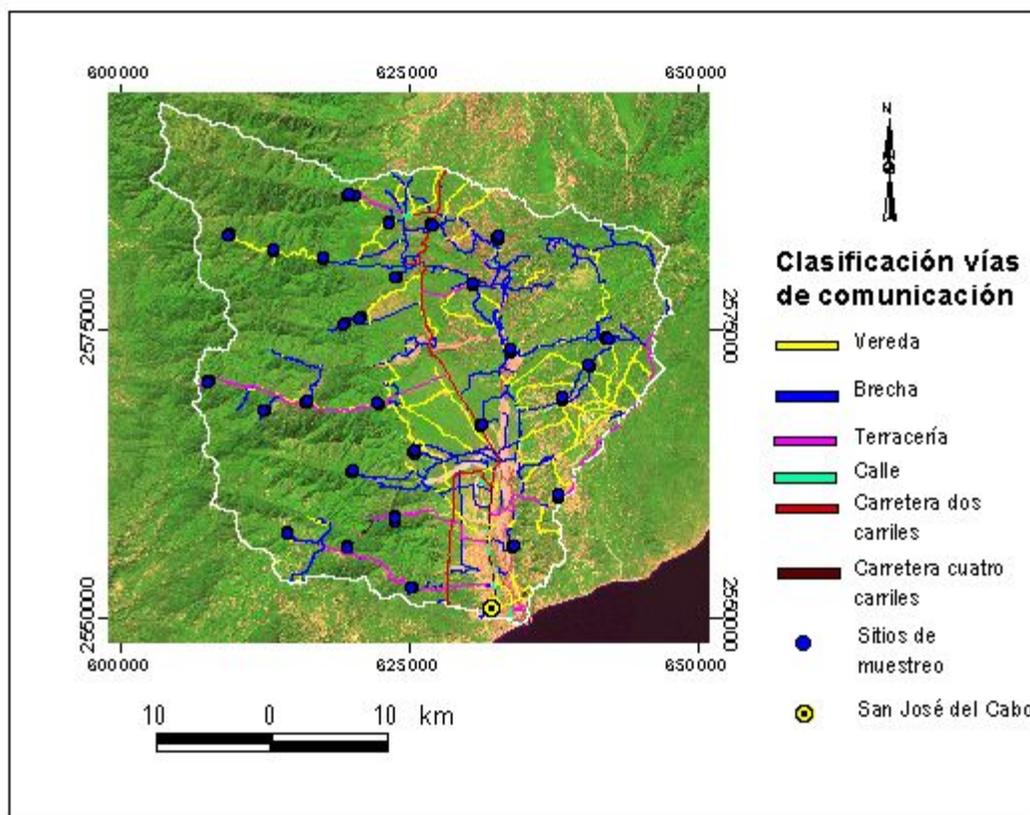
Clase 5: Carretera de 2 carriles, 80 km/hr

Clase 6: Carretera de 4 carriles, 90 km/hr



**Figura 5. Área de amortiguamiento (buffer) de 5 km en los sitios de muestreo con los que se obtuvo el número de habitantes y viviendas particulares que consumen leña y gas.**

También se consideró en el análisis la distancia de cada punto de muestreo al camino o arroyo, es decir a la distancia 0, 100 y 300m.



**Figura 6. Clasificación de la red de caminos para evaluar distancia y accesibilidad a los sitios de muestreo.**

#### **6.4 Composición florística y evaluación de la extracción de especies forestales maderables.**

A partir de los datos de individuos podados o cortados en campo, así como de las entrevistas se obtuvo un listado de especies forestales útiles empleadas en la construcción y como combustible, obteniendo las especies y familias de mayor preferencia. El uso de cada especie se corroboró con información bibliográfica.

Con los registros de las especies cortadas o podadas, arbóreas y arbustivas, se obtuvo un listado de 21 especies con las que se llevó a cabo la evaluación de la extracción forestal maderable para la cuenca.

Del listado de especies registradas como podadas o cortadas, se obtuvo la abundancia en pie total de todos los individuos (excepto plántulas) y por tipo de vegetación (selva baja caducifolia y matorral sarcococle), así como la abundancia de tocones y de individuos podados para cada una de las especies. Posteriormente estos datos fueron empleados para calcular la densidad (número de individuos/hectárea) en pie, tocones e individuos podados para cada especie, considerando que el área total de muestreada fue de 15.7 ha.

### **6.5 Análisis estadístico.**

Para determinar las causas de la extracción de especies maderables en la cuenca San José, se empleó el programa RATS para Windows (Classroom v.5.00) (Doan, 2000) para aplicar el Modelo de Regresión Lineal Múltiple:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K + \varepsilon_i \dots \dots \dots (2)$$

Donde  $y_i$  es la variable dependiente,  $X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_\alpha$  las variables independientes y  $\varepsilon_i$  el error asociado. Para la evaluación de la extracción forestal se consideraron como variables dependientes el número de tocones y el número de individuos podados, total y por especie, para cada sitio de muestreo. Como variables independientes, explicativas o predictivas se emplearon veintiún variables socioeconómicas y ambientales como se muestra en el anexo 1. El

modelo empleado no sólo permite obtener la relación entre la variable dependiente con las variables independientes, sino también conocer la proporción o el porcentaje de variación de la variable dependiente con respecto al grupo de variables relacionadas (Quinn y Keough, 2002).

Previo al análisis se hizo una exploración de las variables a estudiar. Esto consistió en seleccionar y eliminar a las variables redundantes y que estuvieran contenidas dentro de la variable dependiente, seleccionándose en total 21 variables independientes cuantitativas y categóricas (Anexo 1). Las variables categóricas fueron manejadas como variables binomiales o dummy, es decir variables que toman uno de dos posibles valores 0 y 1, el cero indica la ausencia de la característica, el uno su presencia (Quinn y Keough, 2002). Todas las variables fueron revisadas para probar si cumplían con los supuestos del Modelo de Regresión Lineal Múltiple: normalidad, linealidad, homogeneidad e independencia. Los supuestos fueron revisados con un análisis de residuales (Montgomery y Peck, 1992) y con la prueba de tolerancia (Quinn y Keough, 2002). (Anexo 2).

Una vez explorado los datos y verificado los supuestos; se empleó el modelo de Regresión Lineal Múltiple log-log, en el cual la variable dependiente y las variables independientes cuantitativas son transformadas con logaritmos, excepto las binomiales (dummy).

$$\log y_i = \beta_0 + \beta_k Z_j + \beta_k \log X_j + \varepsilon_i \quad (3)$$

$\log y_i$  = Variable dependiente

$Z_j$  = Variable independiente dummy (0,1)

$X_j$  = Variable independiente.

$\beta_0$  = Intercepto de la pendiente.

$\beta_K$  = Coeficiente parcial de regresión.

$\varepsilon_i$  = Error asociado con la  $i$  th observación de  $y$

Donde  $\beta_0$  es el valor medio de  $y$  cuando  $X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_\alpha$  son igual a cero,  $\beta_K$  nos indica que tanto cambia  $y_1$  por unidad de cambio en  $X_1$  cuando  $X_2 + X_3 + \dots + X_\alpha$  se mantienen constantes  $\varepsilon_i$  es también conocido como residual. (Quinn y Keough, 2002; Zar, 1975).

Para elegir la mejor ecuación de la regresión que explicara la proporción de cambio en  $y$ , es decir la extracción de las especies forestales maderables, se siguió el procedimiento conocido como “eliminación paso a paso”, el cual consiste en probar todas las variables e ir eliminando aquellas que no son significativas, hasta obtener la mejor ecuación de la Regresión Lineal Múltiple. La prueba de  $t$  fue empleada para obtener la significancia de cada una de las variables (Zar, 1975).

Una vez obtenida la mejor ecuación se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para probar la significancia de la Regresión Lineal Múltiple. Las hipótesis a probar en la regresión fueron:

$$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$$

$$H_A : \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$$

Las hipótesis de prueba permiten saber si hay una relación lineal entre la variable dependiente con respecto a las independientes, por lo que se esperaría el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la alternativa.

El coeficiente de determinación múltiple  $R^2$  explica la proporción de la variabilidad total en  $y$ , atribuible a la dependencia de  $y_1$  sobre todas la  $X_1$ 's (Zar, 1975).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. ESPECIES FORESTALES MADERABLES ÚTILES.

Con base en los datos obtenidos en 46 entrevistas y observaciones en campo se obtuvo un total de 32 especies forestales útiles para la construcción y/o combustible (Tabla II), siendo la familia Leguminosae la que presenta mayor número de especies (46.2%). El 38% de las especies son empleadas exclusivamente para construcción, 19% como combustible y 44% tienen ambos usos. Las especies de uso más frecuente para la construcción son *Senna atomaria* (23%), siguiéndole *Washingtonia robusta* (20%) y *Tecoma stans* (19%).

Las especies de mayor preferencia como combustible son *Lysiloma divaricatum* (18%), *Senna atomaria* (16%), *Lysiloma candida* (9%), *Colubrina viridis* (8%) y *Albizia occidentalis* (7%). De acuerdo con la información obtenida en las entrevistas, se obtuvo que el consumo promedio de cargas de leña al mes por familia es de  $2.2 \pm 3.3$  con una moda de 4 cargas y un intervalo de consumo de 0 a 16 cargas/mes.

### 7.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS ESPECIES CORTADAS O PODADAS.

En el Tabla II se indican las especies que mostraron corte y/o podas, así como el uso. De acuerdo con estos datos se obtuvo un total de 21 especies maderables podadas y/o cortadas las cuales son empleadas como postes y varas para la construcción de viviendas, así como combustible. La mayoría de éstas

Tabla II. Lista de especies forestales útiles.

Especie	Familia	*F.V.	Nombre común	Usos	*C	*P	*E
<i>Yucca valida</i>	Agavaceae	Sc	Datil cimarrón, datilillo	Construcción			X
<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Ab	Palo de arco	Combustible, varas para techos, cercos y paredes	X	X	X
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Cactaceae	Sc	Cardón barbón	Construcción			X
<i>Pachycereus pringlei</i>	Cactaceae	Sc	Cardón pelón	Construcción			X
<i>Stenocereus thurberi</i>	Cactaceae	Sc	Pitaya dulce	Combustible			X
<i>Gochnatia arboreoens</i>	Compositae	Ar	Oote	Postes para cercos	X	X	X
<i>Baccharis glutinosa</i>	Compositae	Aq	Guatamote	Construcción (techos)			X
<i>Adelia virgata</i>	Euphorbiaceae	Ab	Pimientilla	Construcción		X	
<i>Jatropha cinerea</i>	Euphorbiaceae	Ab	Lombay blanco	Construcción			X
<i>Quercus brandegeei</i>	Fagaceae	Ar	Encino	Construcción y combustible	X		X
<i>Acacia californica</i>	Leguminosae	Ar	Guamuchillo	Combustible	X	X	X
<i>Albizia occidentalis</i>	Leguminosae	Ar	Palo escopeta	Combustible, postes para cercos	X		X
<i>Chloroleucon mangense</i>	Leguminosae	Ar	Palo eva	Combustible, postes para cercos	X	X	X
<i>Ebenopsis confinis</i>	Leguminosae	Ar	Palo fierro	Combustible, postes para cercos	X	X	X
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Leguminosae	Ar	Palo brasil	Construcción y combustible	X	X	X
<i>Lysiloma candida</i>	Leguminosae	Ar	Palo blanco	Combustible, postes para cercos y casas	X	X	X
<i>Lysiloma divaricatum</i>	Leguminosae	Ar	Mauto	Combustible, postes para cercos y paredes para casas	X	X	X
<i>Prosopis articulata</i>	Leguminosae	Ar	Mezquite	Construcción y combustible		X	X
<i>Senna atomaria</i>	Leguminosae	Ar	Palo zorrillo	Combustible, postes y vigas para techos, cercos	X	X	X
<i>Acacia farnesiana</i>	Leguminosae	Ab	Vinorama	Combustible			X
<i>Cercidium floridum</i>	Leguminosae	Ar	Palo verde	Combustible			X
<i>Havardia mexicana</i>	Leguminosae	Ar	Palo chino	Construcción, elaboración de muebles y combustible			X
<i>Schoepfia californica</i>	Oleaceae	Ab	Iguajil	Construcción (sombra)		X	
<i>Washingtonia robusta</i>	Palmae	Ar	Palma	Construcción			X
<i>Phragmites comunes</i>	Poaceae	Ab	Carrizo	Construcción			X
<i>Colubrina viridis</i>	Rhamnaceae	Ab	Palo colorado	Combustible	X	X	X
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Rhamnaceae	Ab	Cacachila	Combustible, postes para casas y muebles (mesas y homillas)	X	X	X
<i>Randia obcordata</i>	Rubiaceae	Ab	Crucecilla	Combustible, varas para cerco		X	
<i>Esenbeckia flava</i>	Rutaceae	Ar	Palo amarillo	Combustible, postes para techos y cercos	X	X	X
<i>Zanthoxylum arborescens</i>	Rutaceae	Ar	Naranjillo	Construcción	X	X	
<i>Zanthoxylum sonora</i>	Rutaceae	Ab	Gomitila	Combustible		X	
<i>Celtis reticulata</i>	Ulmaceae	Ab	Vainoro	Construcción	X		

\*F.V., forma de vida: Ar, árbol; Ab, arbusto; Sc, suculenta y Aq, acuática.

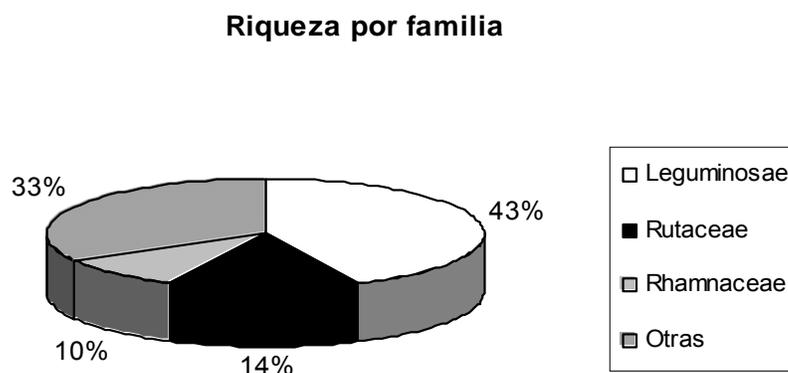
\*C, especie con corta.

\*P, especie con poda.

\*E, especie reportada en entrevista.

fueron registradas tanto en el matorral sarcocaulé como en la selva baja caducifolia, con excepción de *Prosopis articulata* y *Acacia californica* que se encontraron solamente en el matorral y *Schoepfia californica* para la selva; sin embargo, ambas comunidades contienen prácticamente la misma riqueza específica de especies útiles.

Las especies pertenecen a 10 familias, destacando por su riqueza la familia Leguminosae con 9 especies, siguiéndole la familia Rutaceae con 3 y Rhamnaceae con 2. El resto de las familias están representadas por una sola especie (Figura 7). De las especies registradas, 62% tiene formas arbóreas y 38% arbustivas. De ellas 13 fueron observadas tanto cortadas como podadas, 3 exclusivamente cortadas y 5 exclusivamente podadas (Tabla II).



**Figura 7. Riqueza por familia en la Cuenca San José.**

### 7.3 ABUNDANCIA Y DISPONIBILIDAD DE RECURSOS FORESTALES MADERABLES.

#### 7.3.1. Abundancia en pie de especies forestales maderables.

En el área muestreada (15.7 ha) se registró una abundancia de todo los individuos en pie (individuos vivos, sin muestras de poda o corta) de 10,156 individuos de las 21 especies forestales maderables. En la tabla III se muestra la abundancia de estas especies por tipo de vegetación, siendo más abundantes en la selva baja caducifolia con 62% del total de individuos, en tanto que para el matorral fue de sólo 38%. Estas diferencias de disponibilidad de especies forestales maderables entre tipos de vegetación también se ven reflejadas en las estimaciones de número de individuos por hectárea, que para la selva es de 775 ind/ha y para el matorral de 513 ind/ha (Tabla III).

**Tabla III. Abundancia total de especies útiles.**

	MATORRAL	SELVA	TOTAL
Abundancia (ind.)	3,879	6,277	10,156
Superficie muestreada (ha)	7.6	8.1	15.66
Densidad (ind/ha)	513	775	649

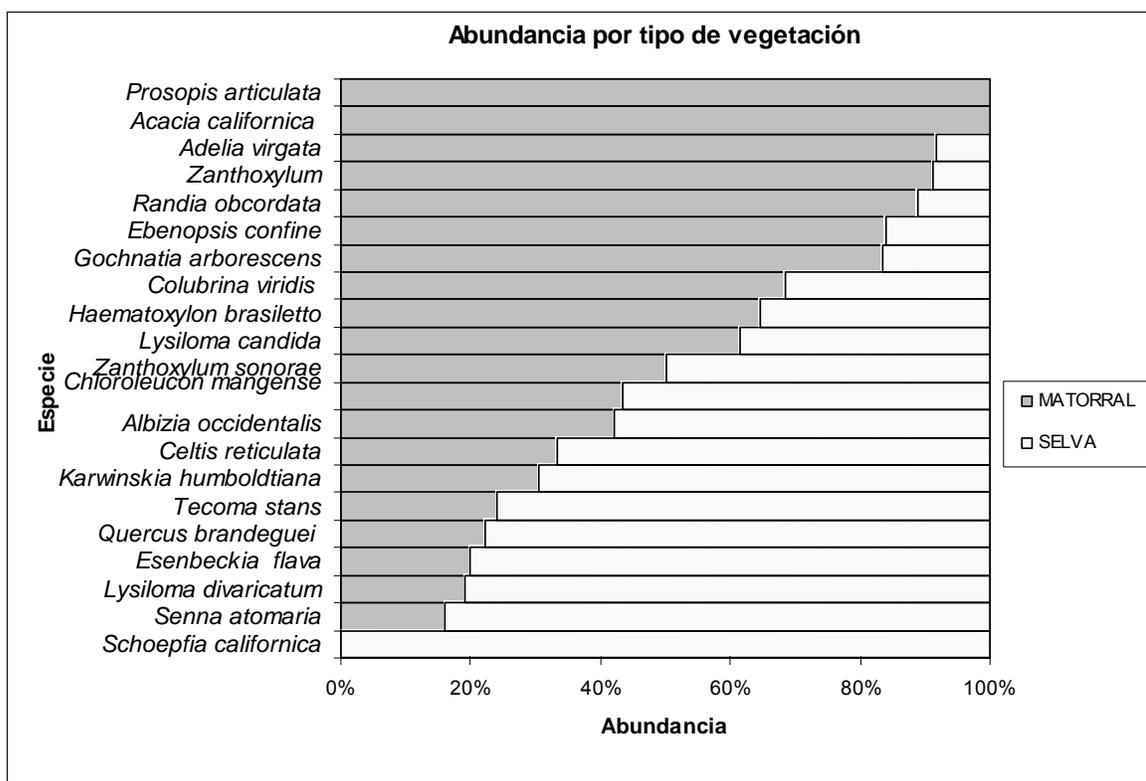
En la tabla IV se muestra la abundancia y densidad por especie forestal maderable por tipo de vegetación. De acuerdo con estos resultados *Tecoma stans* es la especie más abundante tanto en la selva baja caducifolia como en el matorral sarcocaulé, ya que concentra 48% del total de los individuos en pie,

seguida por *Chloroleucon mangense* (7.8%), *Karwinskia humboldtiana* (6.3%), *Senna atomaria* (6.2 %), *Colubrina viridis* (5.8%) y *Haematoxylon brasiletto* (4.9 %).

Cada una de estas especies presenta diferente abundancia para cada tipo de vegetación. Así *S. atomaria*, *C. manguense*, *K. humboldtiana* y *Lysiloma divaricatum* son más abundantes en la selva que en el matorral (Figura 8). En tanto que en el matorral son más abundantes *C. viridis*, *Zanthoxylum arborescens*, *H. brasiletto*, *Ebenopsis confine* y *Lysiloma candida*.

**Tabla IV. Abundancia y disponibilidad de especies forestales maderables.**

Especie	Abundancia (%)			Densidad (ind/ha)		
	MS	SBC	TOT	MS	SBC	TOT
<i>Tecoma stans</i>	11.6	36.4	47.9	155.3	456.2	310.9
<i>Chloroleucon mangense</i>	3.4	4.4	7.8	45.4	55.1	50.4
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	1.9	4.4	6.3	25.7	54.6	40.6
<i>Senna atomaria</i>	1.0	5.2	6.2	13.4	65.4	40.3
<i>Colubrina viridis</i>	4.0	1.8	5.8	53.4	23.1	37.7
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	3.1	1.7	4.9	42.2	21.6	31.5
<i>Zanthoxylum arborescens</i>	3.6	0.3	3.9	47.9	4.3	25.4
<i>Lysiloma divaricatum</i>	0.7	3.1	3.9	9.9	39.4	25.2
<i>Lysiloma candida</i>	2.1	1.3	3.3	27.6	16.2	21.7
<i>Ebenopsis confine</i>	2.3	0.4	2.8	31.5	5.6	18.1
<i>Esenbeckia flava</i>	0.3	1.3	1.6	4.4	16.3	10.5
<i>Adelia virgata</i>	1.1	0.1	1.2	14.7	1.2	7.7
<i>Albizia occidentalis</i>	0.4	0.6	1.1	6.0	7.7	6.8
<i>Randia obcordata</i>	0.9	0.1	1.0	11.6	1.4	6.3
<i>Acacia californica</i>	0.7	0.0	0.7	9.5	0.0	4.6
<i>Zanthoxylum sonorae</i>	0.3	0.3	0.7	4.6	4.3	4.5
<i>Gochnatia arborescens</i>	0.4	0.1	0.5	5.3	1.0	3.1
<i>Prosopis articulata</i>	0.3	0.0	0.3	4.1	0.0	2.0
<i>Celtis reticulata</i>	0.03	0.1	0.1	0.4	0.7	0.6
<i>Quercus brandegei</i>	0.02	0.1	0.1	0.3	0.9	0.6
<i>Schoepfia californica</i>	0.00	0.01	0.01	0.0	0.1	0.1



**Figura 8. Abundancia de especies forestales maderables por tipo de vegetación.**

### 7.3.2. Abundancia total de tocones e individuos podados (ramas).

De los 87 sitios muestreados a través de la cuenca se determinaron un total de 775 de tocones y 331 individuos podados (ramas). A partir de estos datos se hizo una estimación de la densidad de tocones y podas por hectárea, estimando 49 tocones/ha, y 21 individuos podados/ha. En la tabla V se muestran los resultados de la estadística básica para la abundancia de tocones e individuos podados. Se observa que la desviación estándar para tocones y ramas es mayor que su respectiva media, lo cual indica que existe una gran variación en el número de árboles y arbustos podados o cortados por sitio de muestreo.

**Tabla V. Estadística básica.**

	Abundancia de Tocones	Abundancia de individuos podados
Promedio	8.9	3.9
Moda	0	0
Variación	122.3	25.3
SD	11.1	5
Min	0	0
Máx	59	24

Para tocones se identificaron. Del total de tocones *Senna atomaria* representa 67%, lo que la coloca como la especie de mayor extracción con un total de 33 tocones/ha. Las especies que le siguen en menor proporción son *Lysiloma divaricatum*, *Lysiloma candida*, *Chloroleucon mangense*, con porcentajes de 6% a 8% (Tabla VI).

**Tabla VI. Abundancia de tocones.**

Especie	Abundancia (%)	Densidad (toc/ha)	Total
<i>Senna atomaria</i>	66.5	33.0	515
<i>Lysiloma divaricatum</i>	7.9	3.9	61
<i>Lysiloma candida</i>	6.1	3.0	47
<i>Chloroleucon mangense</i>	5.9	2.9	46
<i>Esenbeckia flava</i>	3.2	1.6	25
<i>Colubrina viridis</i>	2.8	1.4	22
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	2.5	1.2	19
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.5	0.8	12
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	0.9	0.4	7
<i>Acacia californica</i>	0.8	0.4	6
<i>Ebenopsis confine</i>	0.5	0.3	4
<i>Tecoma stans</i>	0.5	0.3	4
<i>Gochnatia arborescens</i>	0.4	0.2	3
<i>Quercus brandegei</i>	0.3	0.1	2
<i>Celtis reticulata</i>	0.1	0.1	1
<i>Zanthoxylum arborescens</i>	0.1	0.1	1

Respecto a los registros de individuos podados, se registró un total de 18 especies, de las cuales 61% son arbóreas y 39 % arbustivas.

En la tabla VII se muestran los resultados por especie, siendo *Tecoma stans*, *Chloroleucon mangenses* y *Senna atomaria* las especies con mayor número de individuos podados. Las especies con 1 ó 2 ind pod/ha representan 33% del total y 56% de las especies presentan porcentajes muy bajos.

**Tabla VII. Abundancia de individuos podados.**

<b>Especie</b>	<b>Abundancia (%)</b>	<b>Densidad (ind. pod./ha)</b>	<b>Total</b>
<i>Tecoma stans</i>	31	6	101
<i>Chloroleucon mangense</i>	18	4	58
<i>Senna atomaria</i>	11	2	38
<i>Lysiloma candida</i>	10	2	32
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	9	2	30
<i>Colubrina viridis</i>	6	1	19
<i>Lysiloma divaricatum</i>	4	1	12
<i>Esenbeckia flava</i>	3	1	10
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	2	0.4	7
<i>Zanthoxylum arborescens</i>	2	0.4	6
<i>Ebenopsis confine</i>	1	0.3	4
<i>Acacia californica</i>	1	0.3	4
<i>Randia obcordata</i>	1	0.2	3
<i>Zanthoxylum sonora</i>	1	0.1	2
<i>Prosopis articulata</i>	1	0.1	2
<i>Schoepfia californica</i>	0.3	0.1	1
<i>Gochnatia arborescens</i>	0.3	0.1	1
<i>Adelia virgata</i>	0.3	0.1	1

## **7.4 CAUSAS DE LA EXTRACCIÓN DE RECURSOS FORESTALES MADERABLES.**

### **7.4.1. Análisis de la extracción por tocones.**

En la tabla VIII se muestran los resultados del análisis de regresión lineal múltiple, en donde el número de tocones se relaciona con longitud (posición oeste-este) (m), pendiente (%), exposición norte y tenencia de la tierra las cuales fueron

significativas de acuerdo con la prueba de t-student. El análisis de la varianza para la regresión múltiple mostró un valor de  $F_{4,82} = 8.3170$ ,  $p < .000011$ , indicando que la extracción de especies maderables mantiene una relación lineal con las variables independientes significativas mencionadas, por lo que modelo proporciona un buen ajuste de los datos (Daniel, 2000).

En tanto que el valor del coeficiente de determinación  $R^2$  nos indica que las variables mencionadas explican 28% de la extracción forestal, es decir la variación en  $\mathcal{Y}$ .

**Tabla VIII. Resultados de la regresión, variable dependiente no. de tocones.**

$R^2$	$F_{(4,82)}$	sig	Variable	Coef	Sd Error	t-student	sig
0.28	8.317	0.000011	Constante	288.857	111.225	2.597	0.011
			Longitud	-21.442	8.327	-2.575	0.012
			Pendiente	-0.263	0.105	-2.508	0.014
			Norte	0.770	0.277	2.783	0.007
			Tenencia de la tierra	-0.763	0.223	-3.423	0.001

Las variables que explican el porcentaje de variación en  $Y$ , quedarían representadas en el siguiente modelo:

$$(\log Y) = 288.857 - 21.442(\text{Log}X_1) - 0.263(\text{Log}X_2) + 0.770(Z_3) - 0.763(Z_4) + \varepsilon_i \quad (4)$$

Donde:

$\text{Log}Y$  = Log no. tocones

$\text{Log}X_1$  = Log Longitud (oeste-este)

$\text{Log}X_2$  = Log Pendiente

$Z_3$  = Exposición Norte

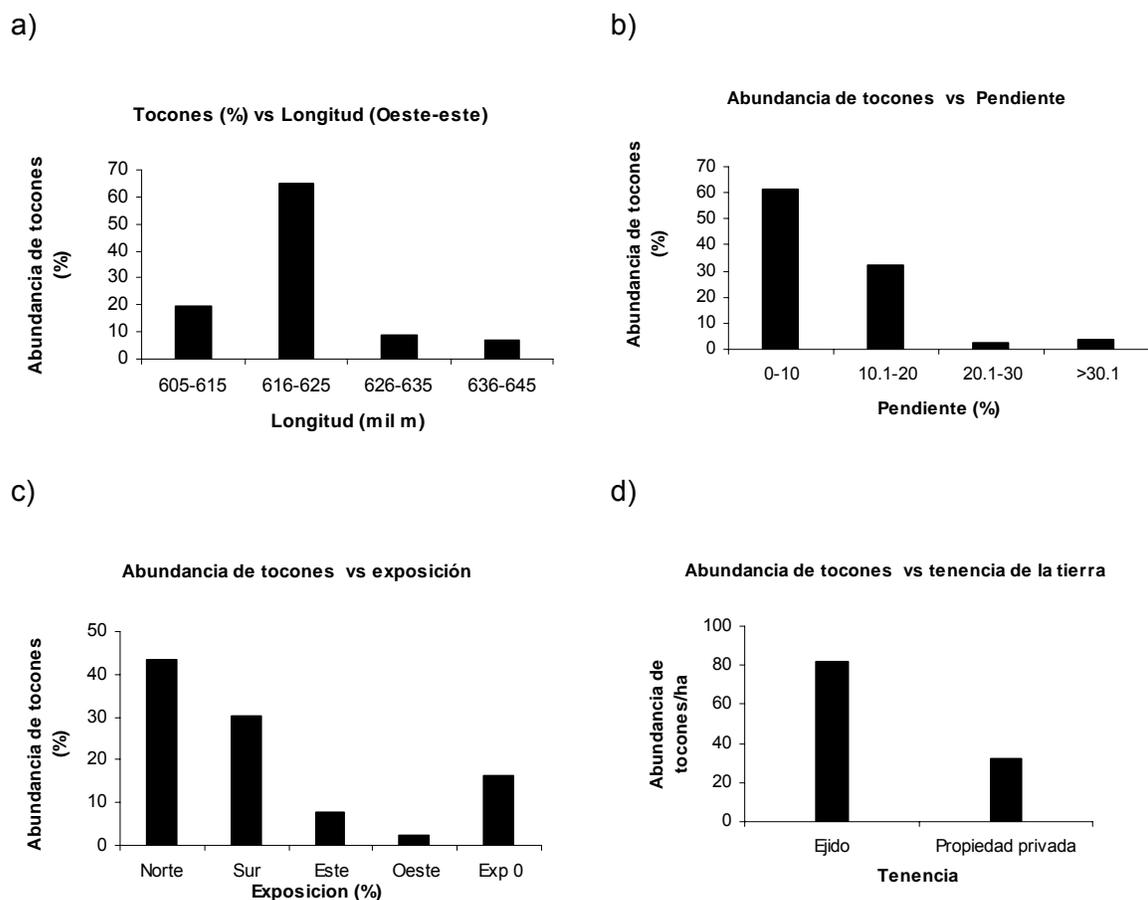
$Z_4$  = Tenencia de la Tierra (Ejido =0; Propiedad privada = 1)

De acuerdo con los resultados, la longitud (oeste-este) es la variable que mayor contribuye a la extracción de tocones toda vez que el valor de la pendiente o  $\beta_1$  es de -21.442. El valor negativo indica una relación inversa, es decir que al incrementarse la longitud el número de tocones disminuye, indicándonos que la extracción de tocones es mayor hacia la Sierra de la Laguna (oeste) y menor hacia el este de la cuenca (Figura 9a).

En cuanto a la relación con la pendiente, tiene un coeficiente negativo  $\beta_2 = -0.263$ , esto es que al aumentar la pendiente de las laderas de las montañas la extracción de tocones disminuye, por lo que sitios con pendientes suaves favorecen la extracción de especies maderables forestales (Figura 9b).

Por otra parte la exposición norte se correlaciona positivamente con el número de tocones  $\beta_3=0.770$ , lo que indica que en sitios con exposición norte presentan un mayor número de tocones (Figura 9c)

La tenencia de la tierra muestra un coeficiente negativo con respecto al número de tocones  $\beta_4=-.763$ , es decir que en aquellos terrenos donde la propiedad es privada hay menor número de tocones, en tanto que en los ejidos hay mayor corta de especies maderables (Figura 9d).



**Figura 9. Variables independientes asociadas al número de tocones. Los datos de la variable longitud fueron registrados en coordenadas UTM, por lo que las unidades están representadas en miles de metros.**

#### 7.4.2. Análisis de la extracción por individuos podados.

Los resultados de la regresión lineal múltiple para abundancia de individuos podados se muestran en la tabla IX. Estos resultados indican que las variables longitud, pendiente, tipo de vegetación, tenencia de la tierra, viviendas que cocinan con gas y viviendas que cocinan con leña explican 46% de la varianza.

**Tabla IX. Resultados de la regresión, variable dependiente no. de individuos podados.**

R <sup>2</sup>	F <sub>(5,81)</sub>	sig	Variable	Coef	Sd Error	t-student	sig
0.43	12.61	0.00	Constante	254.076	90.387	2.811	0.006
			Longitud	-18.861	6.771	-2.786	0.007
			Pendiente	-0.349	0.085	-4.108	0.0001
			Tenencia de la tierra	-0.742	0.085	-4.108	0.002
			Vpplcinco	0.367	0.095	3.870	0.00022
			Vpcgcinco	-0.281	0.063	-4.441	0.00003

\*Vpplcinco: viviendas particulares que cocinan con leña en un radio de 5 km

\*\*Vpcgcinco: viviendas particulares que cocinan con gas en un radio de 5 km.

Las variables que explican el porcentaje de variación en Y, quedarían representadas en el siguiente modelo, para el caso del número de individuos podados:

(5)

$$\text{Log } Y = 475.363 - 35.415(\text{Log } X_1) - 0.321(\text{Log } X_2) - 0.838(Z_4) + 0.380(\text{Log } X_5) - 0.279(\text{Log } X_6) + \varepsilon_i$$

Donde:

$\text{Log } Y$  = Log no. de ind. podados.

$\text{Log } X_1$  = Log Longitud (oeste-este)

$\text{Log } X_2$  = Log Pendiente

$Z_4$  = Tenencia de la tierra (Propiedad privada =1, Ejido = 0;)

$\text{Log } X_5$  = Log Viviendas particulares que cocinan con leña en un radio de 5 km

$\text{Log } X_6$  = Viviendas particulares que cocinan con gas en un radio de 5 km

También en este caso la variable que muestra mayor relación con el número de individuos podados es la posición longitudinal ya que el coeficiente fue de -34.415, lo que significa que el número de individuos podados decrece

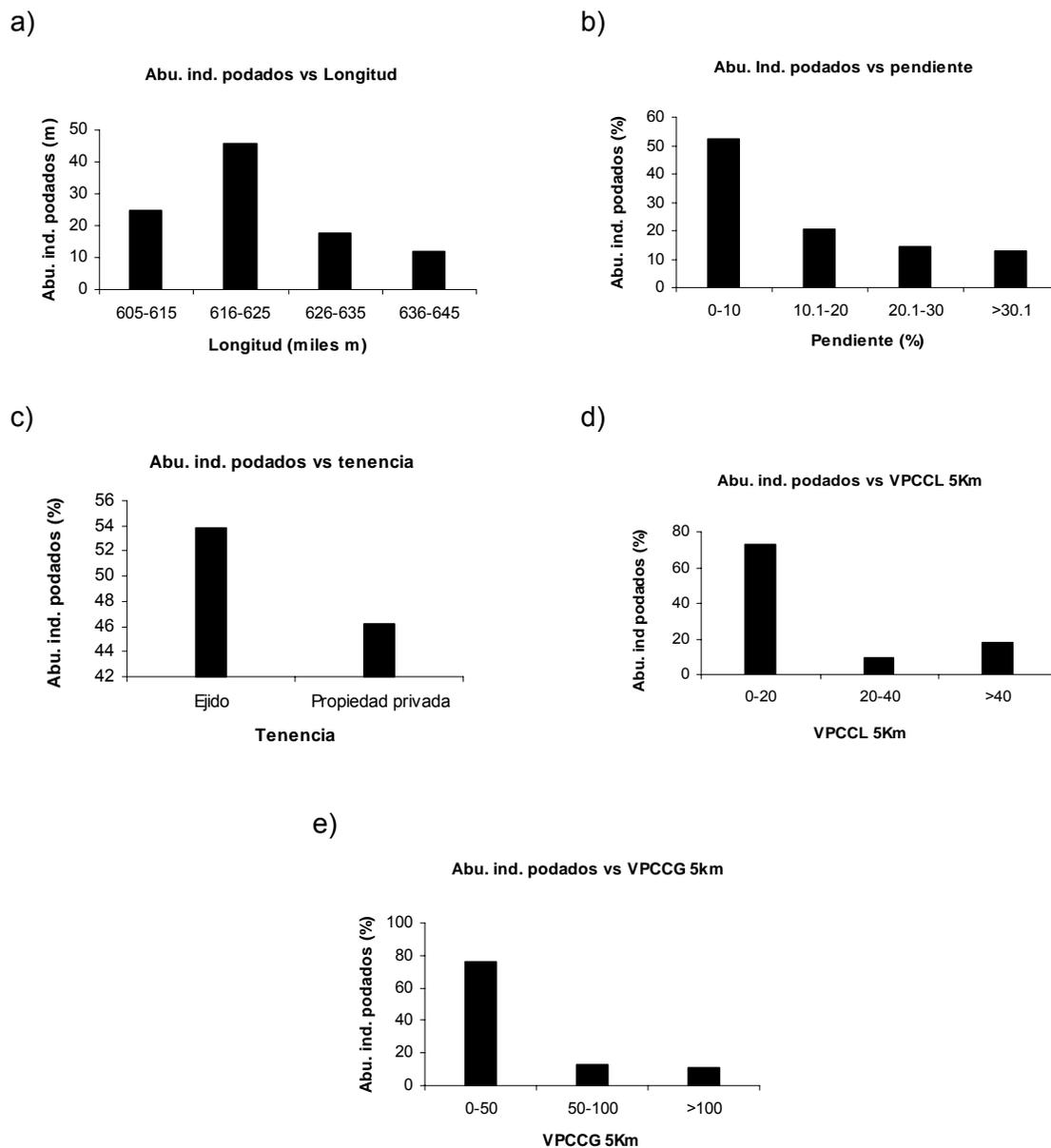
conforme se incrementa el valor de la longitud, es decir hacia el este, en otras palabras y tomando como referencia los sistemas montañosos de la cuenca, el mayor número de individuos con poda se localizan hacia la Sierra de La Laguna y disminuye conforme nos acercamos a la Sierra de la Trinidad. En la figura 10a, podemos observar que entre los 615 mil metros y 625 mil metros de longitud se concentra la mayor poda de individuos.

Para el caso de la pendiente, con un coeficiente de  $\beta_2=-0.321$ , muestra que la relación de Y con respecto a esta variable es negativa, indicando que hacia los sitios de mayor pendiente el número de individuos podados es menor, en cambio en pendientes suaves la poda de individuos aumenta (Figura 10b).

En el caso de la tenencia de la tierra  $\beta_4=-0.838$ , la pendiente es negativa con respecto a Y, nos indica que el número de individuos podados tiende a ser menor en terrenos de carácter privado, en tanto que hay mayor poda en los ejidos (Figura 10c).

Respecto al número de viviendas que cocinan con leña en un radio de 5 km, la relación entre ambas variables fue positiva con una  $\beta_5=0.380$ , es decir que al incrementarse el número de viviendas que cocinan con leña hay mayor número de individuos podados (Figura 10d).

Finalmente, la relación entre las viviendas que cocinan con gas en un radio de 5 km fue negativa, con un coeficiente de  $\beta_6=-0.279$ , es decir que entre más viviendas cocinan con gas, es menor el número de individuos podados (Figura 10e).



**Figura 10. Variables independientes asociadas al número de individuos podados. Los datos de la variable longitud fueron registrados en coordenadas UTM, por lo que las unidades están representadas en miles de metros.**

### 7.4.3. Análisis de la extracción de tocones e individuos podados por especie.

En la tabla X se presenta los resultados del análisis de la regresión múltiple para la corta (tocones) por especie. La regresión se realizó con las especies de mayor extracción, que fueron: *Senna atomaria*, *Chloroleucon mangense* y *Lysiloma divaricatum*.

En el análisis, la extracción de *Senna atomaria* presentó una correlación negativa con la pendiente y tenencia de la tierra; positiva con porcentaje de rocosidad y tipo de vegetación, variables que en conjunto explican 37% de la variación de la extracción de esta especie. El grupo de variables nos indica que la extracción de la especie en la cuenca se presenta en sitios de pendiente suave, ejidales, que muestran un mayor porcentaje de rocosidad y que se ubican hacia la selva baja caducifolia. Para *Chloroleucon mangense*, las variables longitud (oeste-este), pendiente y tenencia de la tierra se correlacionaron negativamente con su extracción, explicando el 34% de la variación de la regresión. Estas variables indican que la extracción de la especie se ve favorecida en sitios con pendientes suaves, con tenencia ejidal y que se ubican hacia la Sierra de La Laguna. En el caso de *Lysiloma divaricatum* las variables exposición Norte y distancia a San José del Cabo presentaron una correlación positiva, explicando 27% de la variación de la extracción de la especie. Las variables indican que la extracción se da en sitios de exposiciones norte y alejadas de San José del Cabo.

**Tabla X. Resultados de la Regresión por especie, variable dependiente no. de tocones.**

Especie	R <sup>2</sup>	F	Variables	Coef	Sta error	T-stat	sig
<i>Senna atomaria</i>	0.37	0.0000001	Constante	1.868	0.270	6.924	0.000
			Pendiente	-0.364	0.122	-2.995	0.004
			Rocosidad (%)	0.156	0.073	2.141	0.035
			Tipo de vegetación	0.929	0.281	3.303	0.001
			Tenencia	-1.053	0.225	-4.689	0.000
<i>Chloroleucon mangense</i>	0.34	0.0000002	Constante	107.440	48.595	2.211	0.030
			Longitud	-7.979	3.638	-2.193	0.031
			Pendiente	-0.193	0.044	-4.383	0.000
			Tenencia	-0.362	0.097	-3.712	0.000
<i>Lysiloma divaricatum</i>	0.27	0.0000018	Constante	-2.545	1.170	-2.174	0.033
			Norte	0.715	0.134	5.327	0.000
			Distancia a S.J.C.	0.255	0.113	2.249	0.027

En la tabla XI se presentan los resultados de la regresión múltiple de organismos podados por especie, destacando *Chloroleucon mangense*, *Karwinskia humboldtiana*, *Lysiloma candida*, *Colubrina viridis* y *Tecoma stans*.

Para *Chloroleucon mangense*, las variables pendiente y tenencia de la tierra se correlacionaron negativamente, explicando el 32% de la variación de la extracción. Esto nos indica que la poda de esta especie se ve favorecida en sitios con pendientes suaves y en áreas ejidales.

*Karwinskia humboldtiana* se asocia negativamente a la altitud y positivamente a la exposición norte y a la distancia a San José del Cabo, explican el 29% de la variación en la poda de la especie. La poda de esta especie se da en sitios de mayor altitud, exposición norte y lejana a San José del Cabo.

*Lysiloma candida*, se encuentra asociada positivamente a la variable longitud y viviendas particulares que cocinan con leña en un radio de 5 km, y

negativamente con las viviendas particulares que cocinan con gas en un radio de 5 km. Esto nos indica que la poda de la especie se presenta en sitios ubicados hacia el este de la cuenca, en la Sierra de la Trinidad, en lugares donde hay viviendas que cocinan con leña y que casi no cocinan con gas.

*Colubrina viridis*, se correlaciona negativamente con el tipo de vegetación y positivamente con el número de cargas de cargas de leña consumidas al mes. Las variables explican el 26% de la variación en la poda de la especie. Estas variables indican que la poda se presenta en sitios ubicados dentro de la selva baja caducifolia y en áreas donde hay un mayor consumo de cargas de leña.

**Tabla XI. Resultados de la regresión por especie, variable dependiente no. de individuos podados.**

Especie	R2	F	Variables	Coef	Sta error	T-stat	sig
<i>Chloroleucon mangense</i>	0.32	0.0000001	Constante	0.940	0.125	7.544	0.000
			Pendiente (%)	-0.111	0.042	-2.666	0.009
			Tenencia	-0.549	0.106	-5.167	0.000002
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.29	0.000002	Constante	-3.175	0.826	-3.844	0.0002
			Altitud (m)	-0.346	0.083	-4.156	0.0001
			Norte	0.380	0.100	3.780	0.0003
			Distancia a S.J.C.	0.510	0.096	5.297	0.000001
<i>Lysiloma candida</i>	0.28	0.00002	Constante	106.320	40.501	-2.625	0.01031
			Longitud	7.974	3.036	2.627	0.01027
			Vpplcinco	0.188	0.046	4.081	0.00010
			Vpcgcinco	-0.132	0.032	-4.160	0.00008
<i>Colubrina viridis</i>	0.26	0.000003	Constante	-0.085	0.081	-1.052	0.296
			Tipo de vegetación	-0.159	0.066	-2.419	0.018
			Cargas/mes	0.234	0.053	4.411	0.00003
<i>Tecoma stans</i>	0.22	0.0001	Constante	224.010	83.682	2.677	0.00895
			Longitud	-17.022	6.206	-2.743	0.00746
			Pendiente (%)	-0.181	0.067	-2.716	0.00803
			Distancia a S.J.C.	0.384	0.168	2.282	0.02506

*Tecoma stans* muestra una correlación negativamente con la variable longitud y pendiente; positivamente con la distancia a San José, ambas explican el

22% de la variación de la poda de la especie. Esta correlación indica que la poda de la especie se da en sitios ubicados hacia el oeste de la cuenca, de pendientes suaves y alejados de San José del Cabo.

## **8.- DISCUSIÓN.**

### **8.1. ESPECIES FORESTALES MADERABLES ÚTILES.**

Los recursos forestales son muy importantes para la subsistencia de poblaciones rurales ya que son una fuente de recursos para satisfacer diversas necesidades a los pobladores, desde alimento, medicina, combustible, materiales para herramientas y construcción, entre otros (Lipper, 2000, McNeely, 2003). En Baja California Sur y particularmente en la Cuenca San José, han sido utilizados desde antes de la llegada de los españoles (Cariño, 1996). Actualmente en la Región del Cabo las especies vegetales se utilizan para un amplio espectro de satisfactores, destacando el empleo para construcción y combustible como uno de los principales (Breceda *et al.*, 1997; Echeverría y Breceda, 2004 ).

De acuerdo con los resultados de este trabajo, en la Cuenca San José se encuentran 56% de las especies registradas como forestales maderable para la Región del Cabo (Wiggins, 1980; Arriaga y Cancino, 1992; León de la Luz y Coria, 1992; Parra, 1993; Piña, 1993; Turner, 1995; Dimayuga, 1996; Domínguez y León, 1996; Breceda *et al.*, 1997; León de la Luz *et al.*,1999; Echeverría y Breceda, 2004). Además se encontraron tres especies presentes en la cuenca que no habían sido reportadas como especies maderables forestales para la Región del Cabo por ningún otro autor, éstas son: *Acacia californica* (guamuchillo), *Randia obcordata* (crucecilla) y *Zanthoxylum sonorae* (gomitila). Estos resultados indican que en tan sólo en 13% de la superficie de la Región del Cabo se encuentran más

de 56% de las especies forestales maderables, lo que muestra la importancia forestal de esta zona.

De acuerdo con León de la Luz *et al.* (1999) en la Región del Cabo el matorral sarcocaula presenta 146 especies arbóreas y arbustivas, 13% de éstas son especies forestales maderables útiles empleadas en la construcción y combustible (Wiggins, 1980; Arriaga y Cancino, 1992; León de la Luz y Coria, 1992; Parra, 1993; Piña, 1993; Turner, 1995; Dimayuga, 1996; Domínguez y León, 1996; Breceda *et al.*, 1997; León de la Luz *et al.*, 1999; Echeverría y Breceda, 2004) y la cuenca alberga 53% de estas especies.

Para la selva baja caducifolia de la Región del Cabo, León de la Luz *et al.* (1999) reportan 120 especies de árboles y arbustos, que representan 23.1% de las especies de la selva. De este porcentaje aproximadamente 15% son maderables útiles empleadas en las actividades antes mencionadas (Wiggins, 1980; Arriaga y Cancino, 1992; León de la Luz y Coria, 1992; Parra, 1993; Piña, 1993; Turner, 1995; Dimayuga, 1996; Domínguez y León, 1996; Breceda *et al.*, 1997; León de la Luz *et al.*, 1999; Echeverría y Breceda, 2004) y la cuenca contiene 79% de estas especies. Esto muestra que la cuenca alberga más de la mitad de las especies útiles para la Región del Cabo tanto en la selva baja como en el matorral sarcocaula.

## 8.2 EXTRACCIÓN DE RECURSOS FORESTALES MADERABLES

Los resultados de este trabajo muestran que existe una actividad de extracción de recursos forestales maderables importante en la zona de estudio, tanto por el número de especies como por la densidad de tocones, siendo *Senna atomaria* la especie que muestra mayor nivel de extracción, ya que concentra más del 60% de las cortas maderables. La presión sobre esta especie ha sido también registrada por Breceda *et al.* (1997) quienes identifican valores volumétricos muy bajos para esta especie en la selva baja caducifolia de la Sierra de la Laguna. A pesar de que la extracción es una actividad constante y de subsistencia para la población de la región, los datos obtenidos con respecto a la densidad de recurso forestales maderables en pie indican que hay disponibilidad de estos recursos en el área de estudio, con excepción de *Senna atomaria*, especie que requiere de medidas de protección y manejo, ya que de acuerdo con las entrevistas, esta especie es de gran valía como postes para cercar terrenos y corrales debido a la resistencia y dureza de su madera.

En cuanto al nivel de extracción por poda de ramas, los resultados muestran que fue bajo y poco común para todas las especies, con excepción de *Tecoma stans*, especie que muestra una amplia distribución sobre la cuenca, es abundante y su fácil manejo la hace ser una de las favoritas por la población rural para construir cercos, paredes y techos. Tales características permiten considerarla como una especie con posibilidad de explotación comercial, ya que sus varas pueden ser empleadas como tutores en cultivos hortícolas (Osuna, E.,

2003) y para construcciones tradicionales en las ciudades turísticas cercanas. En general de acuerdo con los resultados del trabajo la mayoría de las especies útiles muestra disponibilidad; sin embargo, es recomendable que el manejo forestal se haga sobre un plan sustentable, considerando que la extracción maderable no es la única actividad que ejerce presión sobre la vegetación. Entre estas actividades esta la ganadería cuyo efecto a través del ramoneo del ganado puede impedir el crecimiento de las especies, mermando su capacidad forestal como en el caso de *Lysiloma divaricata* (Breceda *et al*, 2005) y otras especies. El cambio de suelos derivado del crecimiento urbano por el incremento de las actividades turísticas y la apertura de la frontera agrícola son también factores de cambio en la región. Es importante también que dentro de los planes de manejo se tome en cuenta la sanidad de las comunidades vegetales y su dinámica poblacional para que en decisiones a tomar se consideren las condiciones de cada especie.

### **8.3 CONSUMO DE LEÑA COMO COMBUSTIBLE.**

El empleo de leña como combustible es una práctica común en las poblaciones rurales del país (Díaz-Jiménez, 2000), se ha calculado que para el año 2001 en el país hubo un consumo de leña de 202,536 m<sup>3</sup> de madera en rollo (SEMARNAT, 2003b). En la cuenca de San José el empleo de leña es también común y de acuerdo con los resultados de este trabajo en la zona de estudio se registró un consumo de 2.2 cargas al mes/rancho, lo que equivale a 110 kg de leña/rancho/mes, la cual es empleada básicamente para cocinar alimentos y

complementar con ello el consumo de gas. Actualmente existe una tendencia al uso mixto de gas y leña, esta tendencia también ha sido registrada para otras regiones del país (Díaz-Jiménez, 2000), debido al proceso de urbanización que están sufriendo las zonas rurales. El principal consumidor de leña es la población rural, Díaz-Jiménez (2000) reportó que durante 1990, 89% de la población rural empleaba la leña como fuente principal de energía para la preparación de alimentos, para el caso de la cuenca la población rural que consume leña fue de 23% para el año 2000 (INEGI, 2001b) lo que indica que en la región de estudio la población que emplea leña para cocinar es menor que la estimada para el país.

De acuerdo con los criterios empleados por Masera *et al.* (2003) para identificar áreas de riesgo por empleo de leña en el país (número total de usuarios de leña, proporción de viviendas que cocinan con leña, tasa de crecimiento de usuarios de leña, densidad de usuarios/km<sup>2</sup>, porcentaje de población indígena y demanda-oferta de leña). Aplicando algunos de estos criterios para la cuenca de San José en este trabajo obtuvimos que: 1) el número de usuarios de leña es de 1,568 lo que corresponde a sólo 3.4% del total de la población de la cuenca; 2) el 3.5% de las viviendas emplean leña para cocinar; 3) la tasa de población que consumió leña fue de -24% en el periodo 1990-2000 (INEGI, 1990, 2000); 4) la densidad de usuarios por km<sup>2</sup> es de 1.2; 5) en la cuenca no se tiene registrado población indígena nativa y 6) el consumo de leña fue de 0.12 ton/ha/año, el cual para la Cuenca San José está por debajo del consumo en las zonas rojas (municipios con alta presión en la extracción de leña) del país, el cual es

>2ton/ha/año (Masera *et al.*, 2003). De acuerdo con las observaciones *in situ* con respecto a leña muerta, se observó que existe suficiente materia muerta en los cauces de los arroyos. Considerando estos criterios se puede concluir que, a pesar de que en la Cuenca de San José la población consume leña, comparado con otras entidades del país, el consumo en el área de estudio es relativamente bajo. El empleo de leña para los pobladores de la cuenca es básicamente de autoconsumo y ocasionalmente se llega a vender para complementar el gasto familiar, es por ello importante desarrollar programas de manejo sustentable de este recurso, toda vez es una fuente de ingresos para la población rural.

#### **8.4 CAUSAS ASOCIADAS A LA DEGRADACIÓN.**

Uno de los problemas ambientales más analizados a nivel nacional e internacional ha sido la deforestación y las causas asociadas a este proceso. La deforestación ha sido correlacionada con variables económicas, sociales, políticas y recientemente se ha considerado el papel que juega las variables ambientales.

De la revisión bibliográfica se hizo un resumen (Tabla XII), en donde se muestran las principales causas de deforestación, siendo la densidad poblacional, la accesibilidad, características socioeconómicas, el suelo, la pendiente y la precipitación las variables que con mayor frecuencia se mencionan como significativas.

A pesar de la valiosa información que proporcionan estos análisis respecto a la deforestación poca importancia se le ha prestado a la degradación y sus

causas. Para el caso de México, durante el periodo de 1974 a 1990, las estimaciones de las tasas de cambio por degradación fueron mayores que las tasas de deforestación, es decir de 0.714 % y de 0.403% anual respectivamente, tales estimaciones, muestran que la degradación es mayor que la deforestación (SEMARNAT, 1998).

**Tabla XII. Lista de variables que han sido significativas en trabajos sobre deforestación <sup>1</sup>**

<b>VARIABLES AMBIENTALES</b>	<b>Frecuencia</b>
Características del suelo	10
Pendiente	2
Precipitación	2
Altitud	1
Características estacionales	1
Vegetación	1
<b>VARIABLES SOCIOECONÓMICAS</b>	
Densidad poblacional	5
Distancia a vías de comunicación	4
Accesibilidad	3
Distancia a centros de población	3
Características socioeconómicas de los habitantes	3
Tierras agrícolas	3
Conectividad a vías de comunicación	2
Infraestructura-caminos	2
Seguridad en los derechos de propiedad	2
Tenencia de la tierra	2
Etnicidad	2
Costo de acceso	1
Acceso a crédito bancario	1
Áreas protegidas	1
Superficie en posesión	1
Educación	1
Pobreza	1

<sup>1</sup> Southgate *et al.* (1991); Chomitz y Gray (1996); Nelson y Hellerstein (1997); Cropper *et al.* (1999); Mendoza y Dirzo (1999); Pfaff (1999); Deininger y Minten (1999, 2002); Southworth y Tucker (2001); Laurance *et al.* (2002); Cordona y Haack (2003); Verburg, *et al.* (2004); Carr (2005)

La degradación, es un proceso importante porque puede provocar pérdida de recursos valiosos para la población rural, disminución en la biodiversidad, así como la alteración en la composición y funcionalidad de los ecosistemas forestales (Panayotou, 1994, Works y Handley, 2004) y si éste se acentúa puede volverse irreversible (SEMARNAT, 2003a).

En este contexto, los resultados encontrados en el presente estudio revisten una gran importancia ya que contribuyen al conocimiento de un área de estudio aún poco explorada. Las variables asociadas a la degradación por extracción de recursos forestales maderables en la Cuenca San José fueron, en su mayoría, variables ambientales y algunas sociales, destacando entre estas últimas la tenencia de la tierra.

Dentro de las variables físico-geográficas analizadas, la posición geográfica fue la variable más fuertemente relacionada con la extracción de tocones, siguiéndole la exposición norte, la tenencia de la tierra y la pendiente. Para la extracción de ramas también sobresale la posición geográfica, la tenencia, la pendiente y el número de viviendas que cocinan con gas o con leña.

La pendiente ha sido evaluada en diversos estudios, coincidiendo que pendientes suaves, al ser accesibles facilitan el cambio de uso de suelo y la explotación de los recursos maderables (Cropper *et al.*, 1999; Trejo y Dirzo, 2000; Deninger y Minten, 2002) y al mismo tiempo se asocia con sitios de alta perturbación (Breceda, 2005); en tanto que pendientes escarpadas al ser inaccesibles crean zonas de refugio, favoreciendo la conservación de los

ecosistemas forestales y su biodiversidad (Breceda, 2005; Trejo y Díaz, 2000; Southworth y Tucker, 2001). Para el caso de la cuenca las pendientes suaves han favorecido concretamente la extracción de *Senna atomaria* y *Chloroleucon mangense*.

La longitud y la exposición norte son variables ambientales que reflejan la distribución y disponibilidad de los recursos forestales maderables. La relación negativa de la posición geográfica con la corta y poda, muestra la distribución y presencia de los recursos en la cuenca, siendo mayor el número de tocones y de individuos podados en el oeste de la cuenca, en sitios ubicados en la Sierra de la Laguna y sus alrededores. La entresaca por corta se asoció a exposición norte, ya que estas zonas al recibir menor insolación, permiten que halla una mayor humedad favoreciendo que la densidad y la cobertura vegetal se incrementen, particularmente de especies de afinidad tropical como *Lysiloma divaricatum* y *Karwinskya humboldtiana*. La importancia de los sitios de exposición norte para el desarrollo de especies tropicales en comunidades del trópico seco ha sido puntualizada por Breceda (2005) en la Región del Cabo y Balvanera *et al.*, (2002) para Jalisco.

La tenencia y los derechos de propiedad han sido ampliamente analizados en diversas regiones de América Latina (Chomitz y Gray, 1996; Southworth y Tucker, 2001; Deininger y Minten, 2002; Jaramillo y Kelly, 2004). Algunos autores como Barbier y Burgess (1996); Angelsen y Kaimowitz (1999) consideran que las formas de propiedad que implican poca seguridad de este derecho promueven los

procesos de deforestación. Otros autores argumentan que la seguridad en la tenencia de la tierra y la ausencia de un derecho de propiedad bien definido, pueden estar directa o inversamente relacionados a la deforestación, dependiendo de otros factores como el ejercicio de actividades más productivas i. e. apertura de frontera agrícola, ganadera, especulación de la tierra, costos para manejo forestal, entre otros (Southgate *et al.*, 1991; Cordona y Haack, 2003; Carr, 2005; Jaramillo y Kelly, 2004).

Por otro lado se ha discutido también sobre el efecto de la tierra comunal y privada en la deforestación, al respecto se ha mencionado que el libre acceso bajo un sistema de tenencia comunal puede orillar a la población a extraer los recursos de manera descontrolada, fenómeno que Hardin (1968) nombró como “la tragedia de los comunes”. Este escenario fue probado en países de América Latina cuando la colonización de áreas forestales implicaba el desmonte como requisito para obtener los derechos de propiedad (Southgate *et al.*, 1991; Jaramillo y Kelly, 2004). En otros países como en México, Deiniger y Minten (1999, 2002) se ha observado que la hipótesis de la “tragedia de los comunes” no se sustenta toda vez que existen casos en que tierras comunales, ya sean indígenas o ejidales presentan tasas de deforestación menores que tierras privadas y que otros factores políticos, ingresos y dotación de la tierra parecen más importantes.

Un elemento más para la discusión en torno a la relevancia de la tenencia de la tierra y la deforestación en América Latina ha sido expuesto por Jaramillo y Kelly (2004) quienes afirman que la deforestación se presenta en todos los tipos

de tenencia, sea privada, estatal (áreas protegidas) y cooperativas (comunal), siendo los intereses económicos y sociales incentivos más fuertes para la explotación de los bosques y su conversión que los derivados de la tenencia.

En el caso de la degradación forestal por extracción en la cuenca de San José se encontró que había una mayor extracción en terrenos ejidales que en propiedades privadas, es posible que estos resultados se deban a que en los ejidos hay un mayor número de familias donde sus integrantes tienen libre acceso a los recursos de las tierras comunales, provocando una mayor explotación de las especies maderables. Al respecto Wunder (<http://www.repp.org/discussiongroups/resources/stoves/Fuels/topics-324-00.pdf>) menciona que, efectivamente el libre acceso en tierras comunales favorece la extracción de madera, lo que ocasiona una degradación de los ecosistemas.

En torno a la degradación y la tenencia de la tierra, otro de los problemas que es necesario analizar las modificaciones al Artículo 27 Constitucional en 1992, y la creación del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos, cuya finalidad es la de certificar y registrar los derechos de propiedad de los ejidatarios. Esto ha propiciado una conversión de tierras ejidales a privadas (Stoleson *et al.*, 2005), facilitando y promoviendo la venta de terrenos para fines turísticos. En el caso de la Cuenca de San José esta situación se ve fomentada por la cercanía a los centros turísticos de San José del Cabo y Cabo San Lucas lo que eleva la especulación de la tierra. Algunas consecuencias de esta venta masiva podrían ser el incremento en la tasa de

deforestación, pérdida de biodiversidad, pérdida de recursos potenciales y de beneficios ambientales. Socialmente habrá una tendencia a la pérdida del conocimiento tradicional sobre el manejo de los recursos y posiblemente un incremento en la densidad poblacional, que finalmente llevarán al ecosistema a una fuerte alteración.

Contrario a lo que se suponía obtener, el análisis de la red de caminos representada por las variables: distancia y tiempo a la carretera transpeninsular y San José del Cabo no se correlacionaron con la extracción de los recursos forestales maderables (poda o corta), a pesar de que en otros estudios se ha encontrado una relación marcada con la deforestación (Chomitz y Gray, 1996; Nelson y Hellerstein, 1997; Cropper *et al.*, 1999; Deninger y Minten, 1999; Angelsen y Kaimowitz, 1999; Pfaff, 1999; Southworth y Tucker, 2001; Laurence *et al.*, 2002; Cordona y Haack, 2003; Carr, 2005). Si bien las distancias y el tiempo a la carretera transpeninsular y a San José del Cabo se evaluaron como un reflejo del mercado, la falta de relación posiblemente se debió a que: 1) la escala de trabajo fue local y enfocada a la degradación, en comparación con los otros trabajos que evalúan la deforestación a escala regional o nacional y dirigido hacia el cambio de uso de suelo por actividades agrícolas-ganaderas, donde la influencia de los caminos ha sido muy notoria; 2) la extracción de las especies maderables para la venta es mínima, la mayoría es de autoconsumo, por lo que los recursos son extraídos en la cercanía a los ranchos; 3) a la gran interconectividad de los caminos; 4) en el caso de las distancias 0, 100 y 300 m la

falta de correlación posiblemente se debió a que no fueron lo suficientemente representativas para determinar la influencia de los caminos sobre la extracción de las especies forestales maderables.

En cuanto a la densidad poblacional, no fue significativa. Los resultado de la relación de esta variable con la deforestación no ha sido contundente (Angelsen y Kaimowitz, 1999), ya que mientras algunos autores han encontrado una correlación (Laurance *et al.*, 2002; Cropper *et al.* 2003), otros reportan lo contrario (Deininger y Minten, 1999, 2002; Mendoza y Dirzo, 1999; Paff, 1999). Para el caso de México, Deininger y Minten (1999, 2002) y Mendoza y Dirzo (1999) no encontraron una relación definida de esta variable con la deforestación, lo que coincide con los resultados obtenidos para la degradación en la Cuenca San José.

Finalmente y retomando los trabajos de Deininger y Minten (1999, 2002) sobre las causas de deforestación en México, los resultados sobre degradación en el presente trabajo coinciden con los autores en que las variables fisicogeográficas se encuentran entre las principales variables relacionadas con este tipo de procesos. Los autores resaltan la importancia de este tipo de variables, consideran que su omisión y el empleo sólo de variables socioeconómicas y variables no instrumentadas pueden llevar a conclusiones erróneas.

Para el caso de la tenencia, Deininger y Minten (2002) reportaron bajas tasas de deforestación en terrenos comunales y ejidales, por el contrario, en este estudio se encontró que la extracción es mayor en este tipo de terrenos. Esta información es importante porque sugiere que una variable puede tener un

impacto diferente dependiendo de la escala de evaluación. Considerando que la deforestación es un proceso de cantidad y la degradación es de calidad, las conclusiones de Deiniger y Minten (1999, 2002) y los resultados del presente estudio nos permiten concluir que a nivel de deforestación la tenencia de la tierra no se asocia con la pérdida de cobertura forestal, pero sí a la reducción de la productividad del ecosistema, de la pérdida de biodiversidad y posiblemente en la sustitución de la vegetación primaria por la secundaria como producto de la degradación forestal por extracción de especies forestales.

Hay que resaltar que el presente trabajo es uno de los pocos que intenta establecer las causas ambientales y socioeconómicas de la degradación por extracción de recursos forestales maderables. Debido a la importancia que representan la degradación es necesario continuar con estudios que analicen estos aspectos para proponer planes de manejo que estén en función de las condiciones de cada sitio. En cuanto a los efectos ecológicos de la degradación es importante evaluar los efectos en las comunidades naturales por la extracción.

## 9. CONCLUSIONES.

- La Cuenca San José presenta un alto porcentaje de especies reportadas como forestales maderables para la Región de Cabo. La familia mejor representada es la Leguminosae.
- Las actividades extractivas vía poda o corta en la cuenca San José son prácticamente de autoconsumo.
- *Senna atomaria* es la especie más afectada por la corta para postes, por lo que es recomendable estudiar con mayor detalle la dinámica poblacional de la especie.
- *Tecoma stans* fue la especie más aprovechada por la poda de sus varas, debido a su abundancia, forma de vida y fácil manejo.
- La población rural es la principal consumidora de leña en la cuenca, el consumo es bajo (0.12 ton/ha/año) comparado con el de las zonas de mayor consumo en el país, el cual es de mayor a 2 ton/ha/año.
- La degradación forestal de especies maderables en la Cuenca San José se asoció a variables ambientales y sociales. Para la extracción por corta (tocones) las variables fueron: longitud, pendiente, exposición norte y tenencia de la tierra; Para la extracción por poda: longitud, pendiente, exposición norte, tenencia de la tierra, número de viviendas particulares que cocinan con leña o gas en un área de 5 km.
- Para la mayoría de las especies forestales maderables la disponibilidad es mayor que la extracción, por lo que pudiera ser una campo de

oportunidades de manejo, complementado con estudios de dinámica poblacional y de comunidades.

## 10.- BIBLIOGRAFIA

- Angelsen, A. y D. Kaimowitz. 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The World Bank Research Observer* 14(1):73-98.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. 2000. Software ArcView GIS 3.2a.
- Arriaga, L. y J. Cancino. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva baja caducifolia. Pp. 155-184. En: A. Ortega (Ed.). *Uso y Manejo de los Recursos Naturales Terrestres de la Sierra de la Laguna, B.C.S.* Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, La Paz, B.C.S. Publicación No. 5.
- Balvanera, P., E. Lott, G. Segura, C. Siebe y A. Islas. 2002. Patterns of  $\beta$ -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 13:145-158.
- Barbier, E. B. y J. C. Burgess. 1996. Economic Analysis of deforestation in Mexico. *Environmental and Development Economy* 1:203-239.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, 4ta. ed. U.S.A. 738 pp.
- Breceda, A., L. Arriaga y Y. Maya. 1997. Forest resources of the tropical dry forest and riparian communities of Sierra de la Laguna Biosphere Reserve, Baja California Sur, México. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 30(1): 1-16.
- Breceda, A. 2005. El mosaico de vegetación de una selva baja caducifolia. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 192 pp.

- Breceda, A., V. Ortiz y R. Scrosati. 2005. Mauto (*Lysiloma divaricatum*, Fabaceae) morphology as an indicator of cattle grazing pressure in a tropical dry forest in northwestern Mexico. *Rangeland Ecology and Management* 58:21-24.
- Carr, D. 2005. Forest clearing among farm households in the Maya Biosphere Reserve. *The Professional Geographer* 57(2):157-168.
- Cariño, M. M. 1996. Historia de las relaciones hombre naturaleza en baja California Sur 1500-1940. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 229 pp.
- Chomitz, K. y D. Gray. 1996. Roads, land use, and deforestation: A spatial model applied to Belize. *The World Bank Economic Review* 10(3):487-512.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1970. Sistema de Clasificación de Suelo FAO-UNESCO 1968, modificado por CETENAL en 1970. Secretaría de la Presidencia. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. Mapa de climas. Escala 1:1,000,000.
- Cordona C. y B. Haack. 2003. Roadside measurement of deforestation in the Amazon Area of Bolivia. *Environmental Management* 31(6):774-783.
- Cropper, M., C. Griffiths and M. Mani. 1999. Roads, population pressures and deforestation in Thailand, 1976-1989. *Land Economics* 75:58-73.
- Daniel, W. W. 2000. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Uteha Noriega Editores. 3a. ed. México. 878 pp.
- Deininger, K. y B. Minten. 1999. Poverty, Policies, and Deforestation: The Case of Mexico. *Economic Development and Cultural Change* 47(2):313-44.

- Deininger, K. y B. Minten. 2002. Determinants of deforestation and the economics of protection: An application to Mexico. *American Journal Agricultural Economics* 84(4):943-960.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación (DOF), 25-02-2003.  
[http://www.conafor.gob.mx/documentos\\_conafor/pdfs/LGDFS.pdf](http://www.conafor.gob.mx/documentos_conafor/pdfs/LGDFS.pdf)
- Díaz-Jiménez, R. 2000. Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>. Tesis Maestría en Ingeniería (energética). Universidad Nacional Autónoma de México. 113 pp.
- Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). 1976. Descripción de la leyenda de la carta edafológica detenal. 104 pp.
- Dimayuga, R. E. 1996. Medicina tradicional y popular de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 121 pp.
- Dirzo, R. y M. C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast, México. *Conservation Biology* 6(1):84-90.
- Domínguez, R. C. y J. León de la Luz. 1996. Flora visitada por *Apis mellifera* L. en dos comunidades vegetales de Baja California Sur. *Agrociencia* 30:417-421.
- Doan, T. 2000. RATS for Windows (Classroom v. 5.00).
- Echeverría, I. y A. Breceda. 2004. Uso y manejo de los recursos forestales para la Cuenca San José. Reporte técnico. Proyecto CONAFOR-2002-C01-5671.
- Flores, E. 1998. Geosudcalifornia. Geografía, agua y ciclones. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 277 pp.

- Flores-Villela, O. A. y P. Gerez. 1988. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo. INIREB-CI. México. 302 pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2001. Global forest resources assessment 2000. Roma.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2a. ed. Instituto de Geografía, UNAM. México. 256 pp.
- García, J., A. Janvry y E. Sadoulet. 2003. A tale of two communities: explaining deforestation in México. Department of Agricultural and Resource Economics, UCB. University of California, Berkeley. Paper 964
- Gastil, G., D. Krummenacher, J. Douppont, J. Bushee, W. Jensky y D. Barthelmy. 1976. La zona batolítica del sur de California y el occidente de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 37:84-90.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of Commons. Science 162:1243-1248.
- Hernández, M. A. 1998. Desarrollo, planificación y medio ambiente en Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 265 pp.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 1990. Resultados preliminares XI Censo General de Población y Vivienda 1990. 285 pp.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 1995. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur. México. 52 pp.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 1998. Diccionario de datos topográficos. Vectorial. Escala 1:50,000. Sistema Nacional de Información geográfica. 108 pp.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 2001a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación 1:250,000 F1205 Serie II "San José del Cabo". (Información Digital).
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 2001b. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Formato digital.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 1999. Conjunto de datos vectoriales 1:50,000 de la carta topográfica F12B34 "Santiago", F12B35 "Cabo Pulmo", F12B44 "San José del Cabo" y F12B45 "Palo Escopeta".
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 2004. Anuario Estadístico de Baja California Sur. 437 pp.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 2002. Cartas topográficas 1:50,000 F12B34 "Santiago", F12B35 "Cabo Pulmo" y F12B44. 2da. ed.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI). 2000. Diccionario de datos fisiográficos 1:1,000,000 Vectorial. 38 pp.
- Jaramillo, C. F. y T. Kelly. 2004. La deforestación y los derechos de propiedad en América Latina. Maryland: BID.  
[www.iadb.org/sds/doc/ENV-JaramilloKelly-S.pdf](http://www.iadb.org/sds/doc/ENV-JaramilloKelly-S.pdf)
- Kimmins, J. P. 1987. Forest Ecology. Macmillan Publishing Company. U.S.A. 531 pp.

- Lanly, J. P. 1982. Tropical forest resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 106 pp.  
[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/ad911s/ad911s00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/ad911s/ad911s00.htm)
- Laurance, W., A. Albernaz, G. Schroth, P. Fearnside, S. Bergen, E. M. Venticinque y C. Da Costa. 2002. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* 29:737-748.
- León de la Luz, J. L., R. Domínguez y R. Coria. 1988. Aspectos florísticos. Pp. 83-96. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds.). *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de B.C.S. Publicación No. 1, La Paz, B.C.S.
- León de la Luz, J. y R. Domínguez. 1989. Flora of the Sierra de La Laguna, Baja California Sur, México. *Madroño*, 36(2):61-83.
- León de la Luz, J. L. y R. Coria. 1992. Flora iconográfica de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. 156 pp.
- León de la Luz, J. L. y R. Coria. 1993. Additions to the flora of the Sierra de La Laguna, Baja California Sur, México. *Madroño* 40(1):15-24.
- León de la Luz, J. L., J. J. Pérez, Domínguez M. y R. Domínguez. 1999. Listados Florísticos de México. Flora de la Región del Cabo de Baja California Sur. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. XVIII.
- León de la Luz, J. 2000. Vegetation of the lowlands of the Cape Region of Baja California Sur. *Proceedings IAVS Symposium*. Pp. 154-157.

- León de la Luz, J. L., R. Domínguez y S. C. Díaz. 2005. Evolución del peso del leño a partir de variables dimensionales en dos especies de mezquite *Prosopis articulata* S. Watson y *P. palmeri* S. Watson, en Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 72:17-32.
- Lipper, L. 2000. Degradación forestal y seguridad alimentaria. Bosques, seguridad alimentaria y medios de vida sostenibles. *Unasylva*. No. 202. [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/x7273s/x7273s05.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/x7273s/x7273s05.htm)
- MapInfo Corporation. 1998. Software MapInfo Professional version 5.0.1 New York, USA.
- Martínez, G. y P. Sethi. 1997. Miocene-Pleistocene sedimentos within the San José del Cabo Basin, Baja California Sur, México. *Geological Society of America Special* 318. 141-166.
- Martínez, G. 2005. Geología de la Cuenca San José del Cabo. Reporte técnico. Proyecto CONAFOR-2002-C01-5671
- Masera, O. R. 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA). Documento de trabajo núm. 19. México. 55 pp.
- Masera, O. R., G. Guerrero, A. Ghilardi, A. Velázquez, J. F. Mas, M. Ordóñez y R. Drigo. 2003. Identifying household fuelwood Hot Spots using the WISDOM approach: a case study for México. Wood Energy Programme, Forest Products Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italia.

- Maya, Y. 1988. Edafología. Pp. 53-65. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds.). La Sierra de la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de B.C.S. Publicación No. 1, La Paz, B.C.S.
- Maya, Y. 2005. Suelos de la Cuenca San José del Cabo. Reporte técnico. Proyecto CONAFOR-2002-C01-5671.
- Mendoza, E. y R. Dirzo. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621–1641.
- McNeely, J. A. 2003. Biodiversity in arid regions: values and perceptions. *Journal of Arid Environmental* 54:61-70.
- Morán, J. A. y H. A. Galletti. 2002. Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la Deforestación en México. Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA). México. 258 pp.  
[http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Deforestacion\\_Mexico/ce mda-1.PDF](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/Deforestacion_Mexico/ce mda-1.PDF)
- Morelos, S. 1988. La vegetación: Una aproximación a través de la fotointerpretación. 1988. Pp. 69-81. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds.). La Sierra de la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de B.C.S. Publicación No. 1, La Paz, B.C.S.
- Nelson, G. y D. Hellerstein. 1997. Do roads cause deforestation? Using satellite images in econometric analysis of land use. *American Journal of Agricultural Economics* 79: 80-88.

- Odum, H. T. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders Co., 3ra. ed. Toronto. 574 pp.
- Osuna, E. 2003. Producción de vara de palo de arco (*Tecoma stans*) para uso hortícola con riego de gravedad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 7. 25 pp.
- Panayotou, T. 1994. Ecología, medio ambiente y desarrollo. Debate, crecimiento vs. conservación. Ediciones Gernika. México. 217 pp.
- Parra, H. 1993. Estudio etnobotánico de las plantas alimenticias de Baja California Sur. SARH. Campo Experimental Todos Santos. México. 36 pp.
- Pfaff, A. 1999. Why drives deforestation in the Brazilian Amazon?. *Journal of Environmental Economics and Management* 37:26-43.
- Piña, F. 1993. Catálogo de plantas útiles de Baja California Sur. SARH. Campo Experimental Todos Santos. México. 51 pp.
- Poder Ejecutivo Federal. 1996. Programa Forestal y de Suelos 1995-200. México.
- Puy y Alquiza, M. I. 1995. Relación recurso agua, población y corredor turístico de San José del cabo, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). 225 pp.
- Quinn, G. P. y M. J. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. 537 pp.
- Ramírez, J. A. 2001. Identificación de áreas críticas para la protección de la biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). 94 pp.

- Rzendowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 431 pp.
- Roper, J. y R. W. Roberts. 1999. Deforestación: Bosques Tropicales en Disminución. Red de Asesores Forestales de la ACIDI.  
<http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.12.html>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Censo Ganadero para Baja California Sur.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994. México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 1998. Diagnóstico de la deforestación en México. 28 pp.  
<http://www.ccmss.org.mx/documentos/diagnosticosemarnat.doc>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2003a. Informe de la situación del medio ambiente en México 2002. 275 pp.  
[http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/index.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/index.shtml)
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2003b. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002. México.  
[http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas\\_2000/Presentacion/index.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/Presentacion/index.shtml)
- Southgate, D., R. Sierra y L. Brown. 1991. The causes of tropical deforestation in Ecuador: A statistical analysis. World Development 19(9):1145-1151.
- Southworth, J. y C. Tucker. 2001. The influences of accessibility, local institutions, and socioeconomic factors on forest cover change in the Mountains of Western Honduras. Mountain Research and Development 21(3):276-283.

- Stoleson, S. H., R. S. Felger, G. Ceballos, C. Raish, M. F. Wilson y A. Búrquez. 2005. Pp. 55-56. En Cartron, J. E., G. Ceballos y R. S. Felger (Eds.). Biodiversity and conservation in Northern Mexico. Oxford University Press. New York.
- Toledo, V., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno A. C. México. 402 pp.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94:133-142.
- Turner, R. M., J. E. Bowers y T. L. Burgess. 1995. Sonoran Desert Plants. An ecological atlas. The University of Arizona Press, Tucson. USA. 504 pp.
- Valdez, A. 2004. Diagnóstico de la Cuenca Hidrológica-Forestal de San José del Cabo, Baja California Sur, México. Reporte técnico No. 1. Proyecto CONAFOR-2002-C01-5671
- Valdez, A. 2006. Diagnóstico, servicios ambientales y valoración económica del agua en el corredor turístico-urbano de Los Cabos, BCS. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 147 pp.
- Velázquez, A., J.J. Mas, J. Palacios, G. Bocco, G. Gómez, L. Luna, I. Trejo, J. López, M. Palma, A. Peralta, J. Prado, y F. González. 2001. El Inventario Forestal Nacional 2000. *Ciencias* 64:13-19.

- Verburg, P., K. P. Overmars y N. Witte. 2004. Accessibility and land-use patterns at the forest fringe in the northeastern part of the Philippines. *The Geographical Journal* 170(3):238-255.
- Wiggins, J. L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. 1025 pp.
- Works, M. y K. Hadley. 2004. The cultural context of forest degradation in adjacent Purépechan communities, Michoacán, Mexico. *The Geographical Journal* 170(1):22-38.
- Wunder S. 2000. *The economics of deforestation. The example of Ecuador*. Edit. MacMillan Press LTb. Gran Bretaña.
- Wunder S. *Deforestation and wood uses in the Ecuador Andes*.
- <http://www.repp.org/discussiongroups/resources/stoves/Fuels/topics-324-00.pdf>
- Zar, J. H. 1975. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. 4a. ed. New Jersey. 123 pp.

## 11.- ANEXOS

### Anexo 1

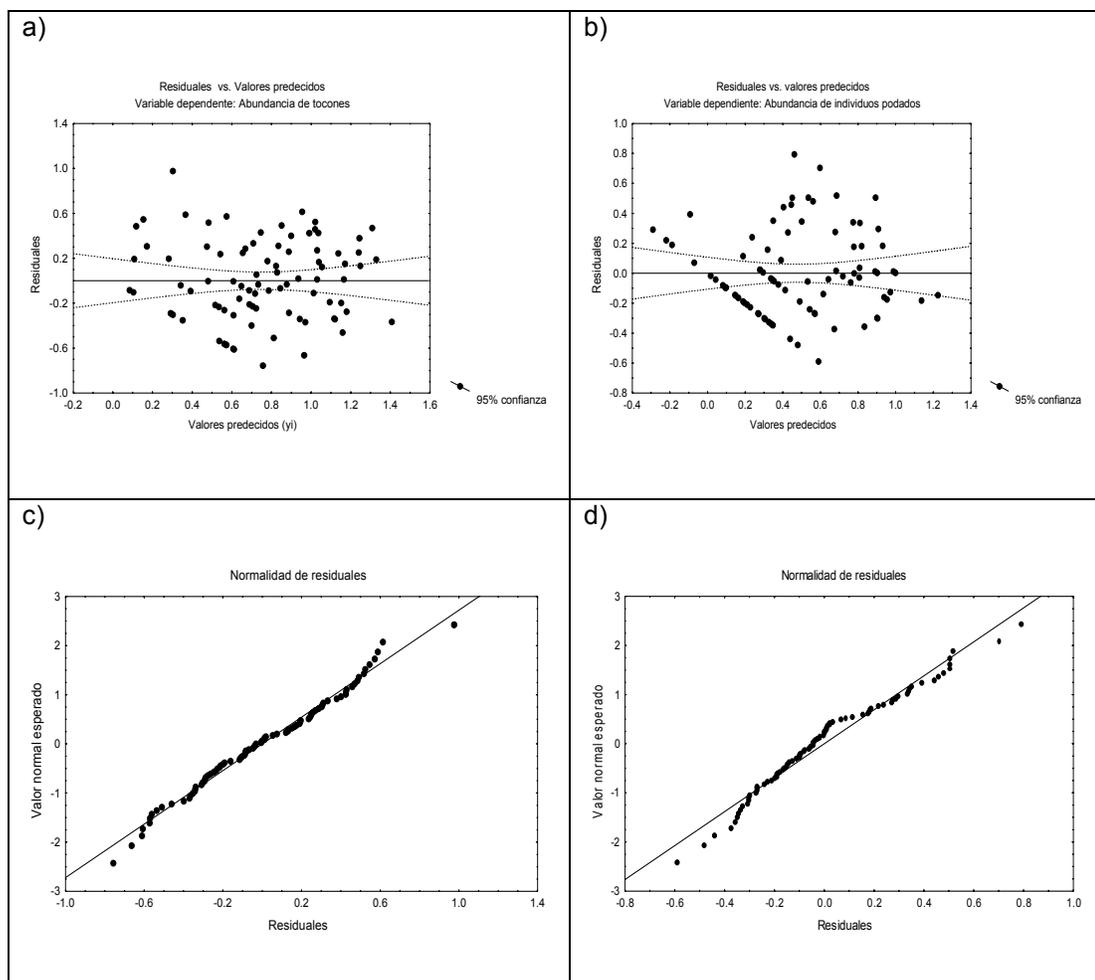
#### Lista de variables analizadas en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple.

No.	Descripción de las variables	Variables (log)
1	Longitud (m).	LogX
2	Latitud (m).	Logy
3	Altitud (msnm).	Logalt
4	Pendiente (%).	Logpenp
5	Rocosisdad (%).	Logroc
6	Exposición Norte.	*Norte=1, otro=0
7	Exposición Sur.	*Sur=1, otro=0
8	Exposición Este.	*Este=1, otro=0
9	Exposición Oeste.	*Oeste=1, otro=0
10	Tipo de vegetación.	Matorral=0; SBC=1
11	Distancia al camino (0,100 y 300 m).	Logdiscam
12	Distancia a San José (m).	Logdissj
13	Distancia a la transpeninsular (m).	Logdistrans
14	Tiempo a San José (min).	Logtiesjc
15	Tiempo a la transpeninsular (min).	Logtietransp
16	Tenencia de la tierra.	*Propiedad privada=1, ejido=0
17	Percepción económica/mes (\$).	logpereco
18	No. de habitantes en un radio de 5 km.	logpob5km
19	No. de viviendas particulares que cocinan con leña en un radio de 5 km.	logvpclcinco
20	No. de viviendas particulares que cocinan con gas en un radio de 5 km.	logvpcgcinco
21	No. de cargas/mes por sitio de muestreo.	logcarmes
22	**Abundancia de tocones.	logabutoc
23	**Abundancia de individuos rama.	logaburam

\*Variable binaria o dummy.

\*\*Variable dependiente.

## Anexo 2.



Análisis de residuales para probar los supuestos de normalidad, linealidad y homocedasticidad de las variables analizadas en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple. Las gráficas del lado izquierdo corresponden a la variable dependiente abundancia de tocones, las de la derecha a abundancia de individuos podados. Las gráficas a y b prueban los supuestos de linealidad y homogeneidad (u homocedasticidad), c y d normalidad.