

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



**“SIMULACIÓN DE LA DEFORESTACIÓN DEL PARQUE
MADIDI”**

TESIS DE GRADO

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN EN INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

POSTULANTE: Yhovanna Ticona Cocarico

TUTOR: Lic. Mario Claudio Loayza Molina M. Sc.

REVISOR: Lic. Freddy Miguel Toledo Paz

La Paz – Bolivia

2007

DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres: Raymundo Ticona y Juana Cocarico quienes con su cariño, consejos y esfuerzos me apoyaron en todo momento, a mis hermanos Janeth, Oscar y Richard quienes siempre me empujaron y me dieron fuerzas para seguir luchando y salir adelante.

Y en especial a Dios que me dio fuerzas, alegrías y sobre todo paz.

AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes de la carrera de Informática por la enseñanza que me dieron todos estos años que estuve en la carrera.

A mi docente tutor: Lic. Mario Loayza Molina que con sus aportes y sugerencias, me ayudo a la conclusión del presente trabajo.

A mi docente Revisor: Lic. Miguel Toledo Paz por su apoyo, consejos y observaciones en la construcción y conclusión del trabajo elaborado.

A los bibliotecarios a don Fernando, don Daniel por todos esos años de servicio a la carrera y un agradecimiento especial a don Willy por toda la ayuda que me brindo y su comprensión.

A todos mis amigos (Beatriz, Rina, Gladys, Tania, Marlen, Nancy, Monkey, Choco, Gato, Dardo, Manuel, Omar, Miki, Daniel,...), gracias por todas las cosas compartidas que pasamos todos esos años con alegrías son cosas que las llevare en mi corazón, un agradecimiento especial para ti Jacqui que eres como una hermanita sincera, cariñosa a veces con tu carácter pero al final siempre triunfa la verdadera amistad. A Juan Daniel por todo su aliento y apoyo en la elaboración y conclusión de este trabajo, A Victor Hugo por las tantas cosas que compartimos y sobre todo por ser un amigo. A Lucio por ser un gran amigo.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.6.1. Justificación científica.....	4
1.6.2. Justificación técnica.....	4
1.6.3. Justificación social.....	4
1.6.4. Justificación económica.....	4
1.7. ALCANCES Y LIMITES.....	5
1.7.1. Limites.....	5
1.7.2. Alcances.....	5
1.7.3. Aportes.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. SISTEMAS.....	6
2.1.1. Definición.....	6
2.1.2. Tipos comunes de sistemas.....	6
2.1.2.1. Sistemas naturales.....	6
2.1.2.2. Sistemas artificiales.....	7
2.1.3. Características de los sistemas.....	7
2.1.3.1. Características estructurales de los sistemas.....	7
2.1.3.2. Características funcionales de los sistemas.....	8
2.1.4. Principios de sistemas generales.....	9
2.1.5. Clasificación de sistemas.....	9
2.2. MODELOS	
2.2.1. Definiciones.....	10
2.2.2. Tipos de modelos.....	11
2.2.3. Modelos matemáticos.....	13
2.2.3.1. Características estructurales de los modelos matemáticos.....	13
2.2.3.2. Características funcionales de los modelos matemáticos.....	14
2.2.4. Uso de los modelos para analizar las características de los sistemas.....	14
2.2.5. Ventajas de la utilización de los modelos.....	14
2.3. SIMULACIÓN.....	15
2.4. MODELOS DE SIMULACIÓN	
2.4.1. Generalidades.....	15
2.4.2. Conceptos básicos.....	15
2.4.3. Elementos del modelo de simulación.....	17
2.4.4. Tipos de modelos para la simulación.....	18

2.4.4.1. Modelos determinísticos.....	19
2.4.4.2. Modelos estocásticos.....	19
2.4.4.3. Modelos estáticos.....	19
2.4.4.4. Modelos dinámicos.....	20
2.4.5. Pasos para la construcción de un modelo en simulación.....	22
2.4.6. Planeación de experimentos de simulación.....	22
2.4.6.1. Formulación del problema.....	22
2.4.6.2. Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad....	23
2.4.6.3. Formulación de los modelos matemáticos.....	25
2.4.6.4. Evaluación del modelo y de los parámetros estimados.....	26
2.4.6.5. Formulación de un programa para la computadora.....	26
2.4.6.6. Validación.....	27
2.4.6.7. Diseño de los experimentos de simulación.....	28
2.4.6.8. Análisis de los datos simulados.....	28
2.4.7. Ventajas y desventajas de la simulación.....	29
2.5. DINAMICA DE SISTEMAS	
2.5.1. Generalidades.....	30
2.5.2. Metodología sistémica.....	31
2.5.3. Definiciones.....	31
2.5.4. Estructura elemental de sistemas.	32
2.5.5. Diagrama Causal.....	33
2.5.6. Diagramas de Forrester.....	33
2.5.7. Construcción del Modelo en Dinámica de Sistemas.....	35
2.5.7.1. Diagrama Causal.	35
2.5.7.2. Definición de cada variable.....	35
2.5.7.3. Diagrama de Forrester.....	36
2.5.7.4. Formular sistema de ecuaciones.....	36
2.5.7.5. Calibrado.....	37
2.5.7.6. Análisis de sensibilidad.....	37
2.5.7.7. Contrastado.....	38

CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL: PARQUE MADIDI

3.1. INTRODUCCION.....	35
3.2. ASPECTOS GENERALES DEL PARQUE MADIDI	
3.2.1. GEOGRAFIA.....	35
3.2.1.1. Acceso.....	36
3.2.1.2. Hidrografía.....	36
3.2.1.3. Clima.....	36
3.2.2. BIODIVERSIDAD.....	37
3.2.3. INFLUENCIA HUMANA	
3.2.3.1. Ocupación humana.....	38
3.2.3.2. Turismo.....	39
3.2.4. AMENAZAS	
3.2.4.1. Construcción del camino Apolo-Ixiamas.....	40
3.2.4.2. Avance de la frontera agropecuaria y procesos de colonización.	40
3.2.4.3. Minería aurífera.....	41
3.2.4.4. Tala ilegal de madera.....	42
3.2.4.5. Turismo desordenado.....	43
3.2.4.6. Exploración y explotación hidrocarburífera.....	43
3.2.5. INFRAESTRUCTURA.....	43
3.3. BOSQUES.....	44
3.4. DEFORESTACION.....	44
3.4.1. Factores que intervienen en la deforestación.....	45
3.4.2. Esquematización de los factores de la deforestación el Parque Madidi...	45

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISEÑO DEL MODELO DE DEFORESTACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN.....	54
4.2. APLICACIÓN DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.....	54

4.2.1 Selección de elementos y relaciones que intervienen con la deforestación	54
4.2.1.1. Agricultores.....	54
4.2.1.2. Ganaderos.....	55
4.2.1.3. Colonizadores.....	55
4.2.1.4. Invasores.....	55
4.2.1.5. Desarrollo de infraestructura.....	55
4.2.1.6. Concesiones petroleras y mineras.....	56
4.2.1.7. Madereros.....	56
4.2.2. DIAGRAMA CAUSAL.....	56
4.2.3. CODIGO DE VARIABLES.....	65
4.2.4. MODELO DINÁMICO DIAGRAMA DE FORRESTER.....	66
4.2.5. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE ECUACIONES.....	67
4.2.5.1. Ecuaciones de Nivel.....	67
4.2.5.2. Ecuaciones de flujo.....	68
4.2.5.3. Ecuaciones auxiliares:.....	69
4.3. MODELO MATEMÁTICO.....	69
4.3.1. Modelo con ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs).....	69
4.3.2. Método de la transformada inversa.....	69

CAPITULO V

SISTEMA DE SIMULACIÓN Y PRUEBAS

5.1. ENTORNO DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	70
5.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN.....	71
5.3. DESCRIPCIÓN DE LA PANTALLA PRINCIPAL.....	71
5.3.1. Pantalla inicio.....	71
5.3.2. Pantalla principal.....	72
5.3.2.1. Opción Ejecutar Simulación	72
5.3.2.2. Opción Generar Tabla.....	75
5.3.2.3. Opción imágenes.....	77
5.3.2.4. Opción de ayuda.....	78

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 79

BIBLIOGRAFÍA..... 81

ANEXO 1: ÁREAS DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS... 84

ANEXO 2: FLORA Y FAUNA DEL PARQUE MADIDI..... 89

ANEXO 3: ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS EN EL MADIDI..... 92

ANEXO 4: PRUEBAS..... 100



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de la ubicación del Parque Madidi.....	1
Figura 2.1. Modelo estático.....	20
Figura 2.2. Modelo dinámico.....	20
Figura 3.1. Río Tuchi.....	40
Figura 3.2. Parque Nacional Madidi.....	41
Figura 3.3. Piso alto andino.....	42
Figura 3.4. Bosque húmedo de llanura.....	42
Figura 3.5. Bosque y flores del Parque Madidi.....	42
Figura 3.6. Parabas rojas y mariposas del Parque Madidi.....	43
Figura 3.7. Camino abierto ilegalmente.....	46
Figura 3.8. Ganado alrededor del Parque Madidi.....	46
Figura 3.9. Actividad minera en el río Tequeje.....	47
Figura 3.10. Tala y tractor alrededor del Parque Nacional Madidi.....	48
Fuente 3.11. Principales campamentos de guardaparques.....	49
Figura 4.1. Diagrama causal incentivos para deforestar.....	57
Figura 4.2. Diagrama causal 1.....	59
Figura 4.3. Diagrama causal 2.....	60
Figura 4.4. Diagrama causal 3.....	60
Figura 4.5. Diagrama causal 4.....	61
Figura 4.6. Diagrama causal del manejo de tierras.....	62
Figura 4.7. Diagrama causal deforestación Parque Madidi.....	64
Figura 4.8. Diagrama de Forrester deforestación Parque Madidi.....	66
Figura 4.9. Forma gráfica del método de la transformada inversa.....	70
Figura 5.1. Inicio Sistema de Simulación.....	71
Figura 5.2. Pantalla principal del sistema.....	72
Figura 5.3. Gráfica hectáreas deforestadas.....	72
Figura 5.4. Gráfica invasores en el parque.....	73

Figura 5.5. Gráfica tierras deforestadas y sin uso.....	73
Figura 5.6. Gráfica explotación ilegal.....	74
Figura 5.7. Gráfica tierras Colonos.....	74
Figura 5.8. Tabla de bosque en el parque y explotación ilegal.....	75
Figura 5.9. Tabla de invasores y tierras de colonizadores.....	75
Figura 5.10. Tabla de tierras deforestadas.....	76
Figura 5.11. Descripción de la simulación.....	76
Figura 5.12. Reportes.....	77
Figura 5.13. Galería de fotografías.....	77
Figura 5.14. Ayuda.....	78



INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Símbolos del Diagrama de Forrester.....	34
Tabla 2.2. Tabla de códigos.....	35
Tabla 3.1. Habitantes en centros urbanos del Parque Madidi.....	44
Tabla 3.2. Tasa de deforestación de los países Amazónicos.....	51
Tabla 3.3. Porcentaje de desmonte por departamento.....	51
Tabla 3.4. Factores de deforestación.....	52
Tabla.4.1. Código de variables.....	65



RESUMEN

Bolivia dispone de una gran riqueza natural, esta riqueza consiste en sus bosques. El Parque Nacional Madidi está ubicado entre las provincias Franz Tamayo e Iturralde. Fue establecido como Parque Nacional a través del Decreto Supremo 24123 del 21 de septiembre de 1995. Madidi guarda dentro de sí riquezas inimaginables.

Hoy en día se ve el problema de la deforestación de los bosques como un problema que altera al medio ambiente por lo que es importante resaltar los factores que hacen a estos problemas, el principal factor es la intervención del hombre

Se ve la aplicación de modelos de simulación en la conservación del medio ambiente es importante ya que con este se tiene la posibilidad de efectuar experimentos que representan la realidad en este caso nos ayuda a conocer que sucederá si los problemas de deforestación continúan.

Se describe la situación actual del Parque Madidi: su geografía, biodiversidad, fauna, flora, etc. La simulación de sistemas es un área de mucha importancia, en el capítulo 4 describimos los elementos que intervienen en la deforestación del Parque así también se realiza la construcción de los diagramas de causales que nos ayudan a modelar la realidad del parque. El principal objetivo del presente trabajo es la construcción de un modelo de simulación de la deforestación del Parque Madidi. En el capítulo 5 se da una breve explicación del sistema de simulación, como es su funcionamiento. La simulación del sistema de simulación esta implementada en java.

Con este trabajo se quiere mostrar como vamos perdiendo los bosques y de alguna manera llegar a la conciencia de las personas para cuidar mejor nuestros bosques.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

*“Me interesa el futuro porque en ella
pasaré el resto de mi vida”.*

Socrates



CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.8. INTRODUCCIÓN

Bolivia dispone de una gran riqueza natural, esta riqueza consiste en sus bosques que representa aproximadamente el 48% de la superficie del país con una amplia variedad de especies. En el Norte de La Paz hasta el momento los bosques si son accesibles por algún modo han sido objeto de una explotación selectiva irracional ocasionando la pérdida de material genético valioso.

Hoy en día se ve el problema de la deforestación de los bosques como un problema que altera al medio ambiente por lo que es importante resaltar los factores que hacen a estos problemas, el principal factor es la intervención del hombre (colonizadores, invasores, concesiones madereras, el estado). Por ello existe la necesidad el análisis de la situación del parque.

La tecnología y el avance de modelos computacionales proporcionan a través de la simulación de sistemas una posible respuesta para mejorar el control y toma de decisiones. Por esta razón se hace necesario un modelo computacional.

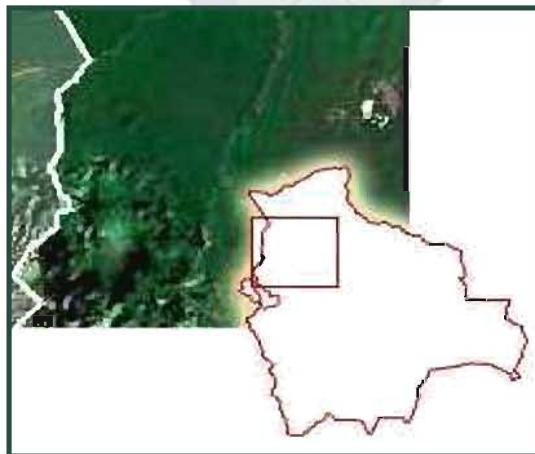


Figura 1.1. Mapa de la ubicación del Parque Madidi.
Fuente: Viceministerio de Turismo.

La simulación de sistemas es un área de mucha importancia, con la cual podemos representar cualquier sistema del mundo real, para esta simulación debe realizarse primeramente un modelo que a través de este se puede representar el comportamiento de del mundo real. El principal enfoque del presente trabajo es la construcción de un modelo de simulación de la deforestación del Parque Madidi, en la actualidad no existe un modelo de computación que contribuya a la toma de decisiones sobre el tema de la deforestación.

1.9. ANTECEDENTES

El Parque Nacional Madidi está ubicado entre las provincias Franz Tamayo e Iturralde. Fue establecido por el gobierno como Parque Nacional a través del Decreto Supremo 24123 del 21 de septiembre de 1995 (Anexo1), Madidi guarda dentro de sí riquezas inimaginables. La cuantificación de especies de flora y fauna del parque no ha sido completada.

El Madidi está entre los 15 lugares más buscados para turismo ecológico en el mundo y posicionado por su valor en biodiversidad. El 30 por ciento de la región vive y depende de las actividades generadas por ese rubro. Cada año, 17 mil visitantes ingresan en él y movilizan cerca a \$us 2 millones.

La aplicación de modelos de simulación en la conservación del medio ambiente es importante ya que con ellos se tiene la posibilidad de efectuar experimentos que representan la realidad en este caso nos ayuda a conocer que sucederá si los problemas de deforestación continúan.

1.10. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La deforestación se encuentra en gran parte en la mano del hombre los cuales solo velan sus intereses, si tomar en cuenta que la deforestación afecta mucho al medio ambiente por esta razón se pretende realizar un modelo de simulación que nos muestre el

comportamiento de la deforestación, cuales son los factores que contribuyen a esta actividad y como podemos ayudar a que las personas tomen conciencia.

Tomando en cuenta que la tecnología ha avanzado y que la aplicación de modelos es una herramienta fundamental para entender la complejidad que caracteriza los sistemas ecológicos y ambientales, no se puede permitir que el problema de la deforestación del Parque quede fuera de nuestra realidad y consideración.

Es así que el problema se lo plantea de la siguiente manera: ¿Es posible prevenir y controlar la deforestación del Parque Madidi a través de un modelo de simulación que se ajuste a la realidad?, utilizando para el mismo el criterio de dinámica de sistemas.

1.11. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema que simule el comportamiento de la deforestación e los bosques en el Parque Madidi.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Investigar el comportamiento de la deforestación del Parque.
- ✓ Identificar las causas de la deforestación del Parque Madidi.
- ✓ Modelar el comportamiento del Parque utilizando herramientas de dinámica de sistemas.
- ✓ Promover la conservación de los bosques.
- ✓ Dar a conocer los problemas de la deforestación dentro el Parque Madidi en intervalos de tiempo.
- ✓ Desarrollar el sistema de simulación.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos de la simulación.

1.12. HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de simulación, determinará el comportamiento de la deforestación del Parque Madidi.

1.13. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. Justificación científica

Con el presente trabajo se realiza un modelo desarrollado en base a los criterios de simulación de sistemas, además los lenguajes de programación facilitan la aplicación de los modelos de simulación.

1.6.2. Justificación técnica

La información de la investigación realizada se obtuvo de diferentes referencias bibliográficas y de artículos de Internet. Existen varios lenguajes de programación que son beneficiosos para el desarrollo de software, cuya finalidad es facilitar la programación y realizar el software con características amigables al usuario.

1.6.3. Justificación social

El aporte que tendrá en el aspecto social estará orientado a todas a las instituciones que trabajen con el medio ambiente y permitirá planificar la preservación de los bosques del Parque Madidi.

1.6.4. Justificación económica

Las ventajas de la simulación se muestra cuando el uso del modelo ahorra tiempo, dinero y esfuerzo humano.

1.14. ALCANCES Y LIMITES

1.7.1. Limites

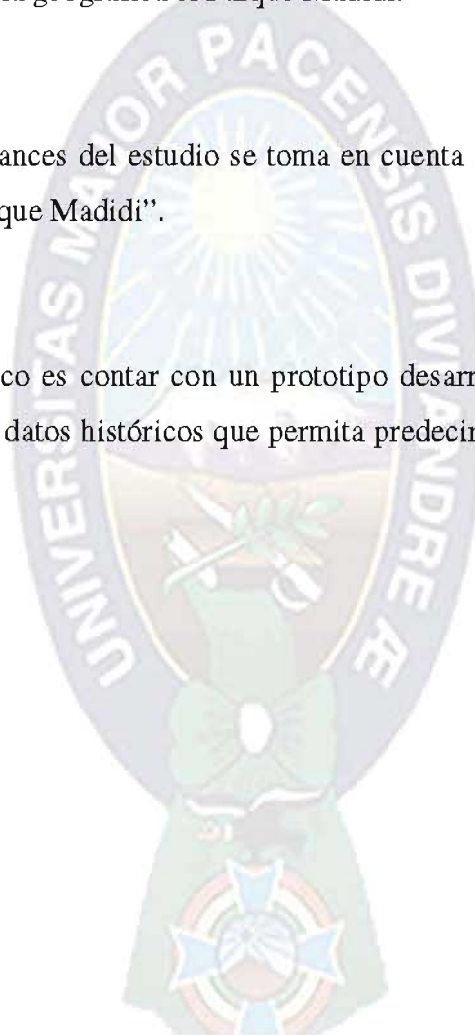
Debido al tiempo y complejidad del aspecto geográfico de nuestro país, es complicado construir una herramienta que realice la simulación del comportamiento sobre la deforestación de los bosques para cualquier área forestal del territorio boliviano, por lo que se toma como referencia geográfica el Parque Madidi.

1.7.2. Alcances

Para definir los alcances del estudio se toma en cuenta el tema central “Simulación de la deforestación del Parque Madidi”.

1.7.3. Aportes

El aporte informático es contar con un prototipo desarrollado mediante un modelo de simulación y utilizando datos históricos que permita predecir la deforestación del Parque Madidi.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

*“Si hallas un camino sin obstáculos,
quizás no te lleve a ninguna parte”.*

Esopo



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. SISTEMAS

2.1.1. Definición

“Un sistema se entiende como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros; de modo que operan hacia una media común. Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que lo rodea, y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes” [ARA99].

2.1.2. Tipos comunes de sistemas

Existen una infinidad de sistemas que rodean al universo. Edward Yourdon clasifica a los sistemas en dos grupos importantes: los sistemas naturales y los sistemas hechos por el hombre o sistemas artificiales. [YOU93]

2.1.2.1. Sistemas naturales

“La gran mayoría de los sistemas no están hechos por el hombre: existen en la naturaleza y sirven a sus propios fines” [YOU93]. A la vez los sistemas naturales están divididos en dos subcategorías básicas:

- a) Sistemas físicos; que están conformados por: sistemas estelares, sistemas geológicos y sistemas moleculares.

- b) Sistemas vivos; comprende toda la gama de animales y plantas que rodean al mundo incluyendo a la raza humana.

2.1.2.2. Sistemas artificiales

Los sistemas artificiales son contruidos, organizados y mantenidos por los seres humanos e incluyen a los siguientes: sistemas sociales, sistemas de transporte, sistemas de comunicaci3n, sistemas de manufacturas, sistemas financieros, etc.

2.1.3. Características de los sistemas

“La finalidad de un sistema es la raz3n de su existencia, es decir todo lo que existe tiene un fin para el cual ha sido creado, y se pueden detectar característias de los sistemas”: [SEE92].

- Los sistemas que interactúan con su medio ambiente y reciben entradas produciendo salidas, son denominados sistemas abiertos (son todos los sistemas actuales).
- Los sistemas que no interactúan con su medio ambiente se conocen como sistemas cerrados (solo existen en concepto).
- Los sistemas interaccionan con su medio ambiente, el cual est3 formado por todos los objetos que se encuentran fuera de las fronteras de los sistemas y permiten alcanzar sus objetivos.
- La informaci3n proporcionada al comparar los resultados con los est3ndares junto con el proceso de reportar las diferencias a los elementos de control recibe el nombre de “retroalimentaci3n”.
- Los componentes que forman un sistema pueden ser a su vez sistemas mas pequeños; es decir, los sistemas pueden estar formados por varios niveles de sistemas o subsistemas.

2.1.3.1. Características estructurales de los sistemas

Los sistemas tienen características en su estructura y están constituidos por los siguientes enunciados, se clasifican según Yáñez: [YAD99].

- a) **Elementos;** es la representación simplificada de alguna característica de la realidad objeto de estudio y son los componentes fundamentales del sistema que además, usualmente un elemento es la representación deformada y conceptualizada de una parte del mundo real.
- b) **Relaciones entre elementos o redes de comunicación;** los elementos o los componentes de los sistemas deben estar interrelacionados y solo para el diseño de un sistema con fines concretos se retienen las interacciones más importantes. Las redes de comunicación pueden tener un soporte físico, o pueden ser redes o conexiones mentales o abstractas.
- c) **Límites;** dan a conocer si un determinado elemento o red pertenece o no al sistema, trazar el límite de un sistema es arbitrario y subjetivo; pero esto no quiere decir que no puede hacerse con precisión.

2.1.3.2. Características funcionales de los sistemas

Las características funcionales de los sistemas se agrupan en: [YAD99].

- a) **Flujos de materiales de información o de energía;** que circulan entre los elementos del sistema. Esta circulación se la realiza a través de las redes de comunicación, que se encarga de interrelacionar a los componentes del mismo.
- b) **Válvulas o grifos;** controlan los diversos flujos de materiales, información o de energía que circulan entre los elementos del sistema.

- c) **Retardos;** son los resultados de las discrepancias entre unidades de tiempo y velocidad de circulación de los flujos entre los componentes del sistema.
- d) **Bucles de retroalimentación;** cadenas de causalidad o influencia circulares entre elementos.

2.1.4. Principios de sistemas generales

“Los sistemas en su diversidad pueden diferir en varias cosas, también poseen muchas características comunes, el estudio de dichas características comunes se conoce como “teoría general de sistemas” y es un tema fascinante de explorar” [YOU93].

El enfoque sistémico es sinónimo de la teoría general de sistemas, y su principio parte de que es preferible una visión global de los fenómenos, aun a costa de perder los detalles Yourdon de acuerdo a la definición de Bertalanfy clasifica algunos de los principios generales de la teoría general de sistemas e incluyen los siguientes: [YOU93]

- 1) Entre más especializado sea el sistema, menos capaz es de adaptarse a circunstancias diferentes. Se incluyen a este los sistemas biológicos, computacionales, negocios y otros.
- 2) Cuanto mayor sea el sistema mayor es el número de sus recursos que deben dedicarse a su mantenimiento diario. Este principio se vuelve a aplicar a la biología, a compañías a ejércitos y otros sistemas.
- 3) Los sistemas siempre forman parte de sistemas mayores y siempre pueden dividirse en sistemas menores. Tomando en cuenta que las fronteras de los sistemas tienen que estar bien definidas para poder así separar un sistema global en sistemas más pequeños o subsistemas.

- 4) Los sistemas crecen, este principio puede ser cierto o no debido a que algunos de los sistemas pueden ser estáticos.

2.1.5. Clasificación de sistemas

Existen varias clasificaciones de sistemas que responden a diferentes enfoques y la siguiente clasificación de sistemas fue tomada de A.K. Mahalanabis:

- a) **Sistemas en tiempo continuo;** Se dice que un sistema es continuo en el tiempo si opera en el continuamente.
- b) **Sistemas en tiempo discreto;** Se considera que un sistema está en tiempo discreto si opera en puntos de tiempo discreto.
- c) **Sistema dinámico;** Si su salida en el presente depende de una entrada en el pasado. En un sistema dinámico la salida cambia con el tiempo cuando no está e su estado de equilibrio.
- d) **Sistema estático;** Si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso. La salida de un sistema estático no varía si su entrada no cambia y cambia solo cuando la entrada cambia.
- e) **Sistemas determinísticos;** Un sistema es determinístico cuando las entradas al sistema son determinísticas.
- f) **Sistemas estocásticos;** Un sistema es estocástico cuando su comportamiento esta dado por procesos estocásticos.

2.2. MODELOS

2.2.1. Definiciones

De acuerdo a los diferentes autores se pueden distinguir muchos conceptos entre los cuales se resalta:

“Un modelo es una simplificación, una idealización de lo que se pretende modelar, la finalidad de un modelo no es naturalmente reproducir la realidad en toda su complejidad, sino captar formalmente lo que es esencial para comprender algún aspecto de su estructura o comportamiento, para lo cual se selecciona aquellos aspectos de la realidad que se considera esencial para los propósitos escogidos y la función esencial de un modelo es probar teorías”.

“Un modelo es la representación de un sistema real, es el proceso de la ciencia que descansa en la sistematización de los conocimientos científicos. Un conjunto de leyes sin un cuerpo central constituye un conocimiento científico, pero sin una teoría que explique y relacione estas leyes, no existe formalmente la ciencia. Una teoría frente a un simple cúmulo de conocimientos meramente empíricos (obtenidos, por ejemplo, a partir de regresiones)” [MSE82].

“Un modelo es una representación formal de un sistema que permitirá simular o estudiar los comportamientos diferentes frente a supuestos de partida distintos (escenarios)” [BAR99].

2.2.2. Tipos de modelos

Los modelos pueden dividirse en cinco clases y es evidente que deben definirse para describir las clases conviniendo saber qué opciones existen cuando se está por emprender la construcción de cualquier modelo.

a) Función

- **Descriptivo.** Los modelos descriptivos simplemente ofrecen un “panorama” de la situación con que hagan predicciones ni recomendaciones.
- **Predictivo.** Los modelos predictivos indican que “si esto ocurre, entonces, sucederá eso” relacionando las variables dependientes e independientes, permitiendo ensayar preguntas hipotéticas.
- **Normativo.** Los modelos normativos son aquellos que ofrecen las “mejores” respuestas a un problema proporcionando cursos recomendados de acción.

b) Estructura

- **Icónico.** Los modelos icónicos retienen algunas de las características físicas de las cosas que representan.
- **Analógico.** Los modelos analógicos son aquellos que admiten una sustitución de componentes o procesos para ofrecer un paralelo con lo que va a ser modelado.
- **Simbólico.** Los modelos simbólicos se sirven de símbolos para describir el mundo real.

c) Referencia temporal

- **Estático.** Son los que no explican los cambios ocurridos en el tiempo.
- **Dinámico.** Son los que tienen el tiempo como una variable independiente.

d) Referencia por incertidumbre

- **Determinístico.** Son los que para un conjunto específico de valores de entrada, hay una salida determinada en forma exclusiva que representa la solución de un modelo en condiciones de certeza.
- **Probabilístico.** Incluyen distribuciones de probabilidad para las entradas o procesos y suministran una gama de valores de variables de una salida por lo menos con una probabilidad asociada a cada valor, estos modelos ayudan en las decisiones tomadas en condiciones de riesgo.
- **Juego.** Los modelos basados en la teoría de juegos tratan de alcanzar soluciones óptimas cuando hay ignorancia completa o incerteza.

e) Generalidad

- **General.** Los modelos generales de las empresas son los que tienen aplicaciones en varias áreas funcionales del negocio.
- **Especializado.** Los modelos especializados son aquellos que tienen aplicación sólo a un problema particular.

2.2.3. Modelos matemáticos

Cualquier tentativa de diseño de un sistema debe empezar a partir de una predicción de su funcionamiento antes de que el sistema pueda diseñarse en detalle o construirse físicamente. Tal predicción se basa en una descripción matemática de las características dinámicas del sistema. A esta predicción matemática se le llama modelo matemático.

Un modelo matemático es la representación formal de un sistema, que puede utilizarse para predecir el efecto sobre el rendimiento del sistema y los posibles cambios de este.

2.2.3.1. Características estructurales de los modelos matemáticos

a) Los elementos de un sistema son las variables y los parámetros de un modelo.

- **Variable.** Es la definición precisa y operativa de un elemento cuya magnitud varía a lo largo del tiempo.
- **Parámetro.** Es una magnitud constante, es decir una característica estructural. La afirmación de constancia debe entenderse referida al periodo de estudio del sistema y por tanto es convencional.

b) Las redes de comunicación o relaciones entre elementos que en modelos matemáticos es la relación funcional entre variables y parámetros que se escriben como ecuaciones de comportamiento y definición, los parámetros y la forma funcional constituyen la característica de la función. Los elementos endógenos son denominados variables dependientes, en tanto que los exógenos se llaman variables independientes.

2.2.3.2. Características funcionales de los modelos matemáticos

Las características más importantes se presentan en:

- a) La relación funcional no opera con frecuencia entonces se producen retardos.
- b) Es frecuente en los modelos la existencia de bucles de retroalimentación.

2.2.4. Uso de los modelos para analizar las características de los sistemas

La aplicación de modelos de diagramación, modelos de simulación y la teoría del control por retroalimentación, ayudan mucho al evaluar el diseño del sistemas de información administrativa y a localizar las áreas problemáticas. Un modelo útil para la representación de modelos es el modelo de diagrama de bloques.

2.2.5. Ventajas de la utilización de los modelos

Los modelos ofrecen dos ventajas muy importantes que guardan estrecha relación entre sí, pero que no son idénticas y son las siguientes: [MUR88]

- Ahorro en la representación y en la búsqueda.
- Los modelos permiten analizar y experimentar situaciones tan complejas en una forma que resultaría imposible si se reproduciría el sistema y su ambiente real.

2.3. SIMULACIÓN

Es una técnica que consiste en identificar un determinado acontecimiento del mundo real y modelarlo de tal manera que se pueda reproducir su evolución mediante la ejecución de un programa de ordenador. De esta manera podremos estudiar y analizar cuál sería el comportamiento del sistema modelado ante diferentes situaciones y cuales serian los resultados o consecuencias al cabo del tiempo.

2.4 MODELOS DE SIMULACIÓN

2.4.1. Generalidades

La simulación ha tenido una gran aplicación en estudios científicos y de ingeniería, puesto que los procesos administrativos y económicos no pueden representarse con facilidad por medio de modelos físicos. La simulación utilizada por computadoras digitales ha hallado una amplia aceptación tanto en trabajos científicos como de ingeniería, así como

para el análisis de problemas administrativos y económicos. La simulación quizá haga posibles los experimentos para validar predicciones teóricas de la conducta, en aquellos casos donde la experimentación con el sistema bajo estudio sería imposible, altamente costosa y complicada por los efectos de la interacción del observador con el sistema estudiado.

2.4.2. Conceptos básicos

Para entender la técnica de la simulación se detallan los siguientes conceptos:

“Los modelos de simulación son una herramienta fundamental para entender la complejidad que caracteriza los sistemas ecológicos y ambientales. Esto se debe a que son la única herramienta disponible para traducir una colección de hipótesis acerca de procesos ecológicos en una representación de cómo el ecosistema funciona en su totalidad”. [Swartman y Kaluzny]

“Se puede decir que la simulación es una técnica consistente en identificar un determinado acontecimiento del mundo real y modelarlo (es decir, describir su desarrollo considerando todos los posibles factores que influyen en él) de tal manera que se pueda reproducir su evolución mediante la ejecución de un programa de ordenador. De esta manera se puede estudiar y analizar cual sería el comportamiento del sistema modelado ante diferentes situaciones y cuales serían los resultados o consecuencias al cabo del tiempo”.

“Simular, de acuerdo con la definición de Morgenthaler, es duplicar la esencia del sistema o la actividad, sin llegar verdaderamente a la realidad misma, así puede decirse que la simulación es el empleo de un modelo para representar en el tiempo con características esenciales de un sistema o proceso que se estudie. El modelo puede manipularse de modos imposibles o imprácticos de realizar en el sistema representado donde la dinámica del comportamiento del sistema representado puede inferirse por el funcionamiento del modelo”. [TAY89]

“La simulación en este contexto queda definida como el empleo del programa simulador para obtener el comportamiento del modelo en una serie de circunstancias que vienen definidos por los experimentos de simulación, por lo tanto la simulación es una técnica alternativa a la resolución analítica del modelo. Es de utilidad cuando esta resolución analítica no es abordable y experimentar directamente con el sistema real es impensable por su coste o incluso imposible, su principal ventaja es que permite abordar modelos más complejos que los métodos analíticos, aunque no produzca soluciones exactas, sino sólo estimaciones, aproximaciones o repuestas a casos concretos”. [YAS99]

2.4.3. Elementos del modelo de simulación

Un modelo de simulación que se constituya a su vez en un sistema debe estar integrado y construido sobre la base de cuatro elementos que son: [YAS99]

- a) **Componentes.** Representan aquellos elementos que varían mas ampliamente y son los más relevantes para los propósitos del sistema en estudio
- b) **Variables.** Representan a aquellos elementos que son empleados para relacionar los componentes entre sí, pueden ser de tres tipos:
 - **Variables exógenas.** Son las variables independientes o variables de entrada del sistema, es decir son predeterminadas y proporcionadas independientes del sistema. Concretamente su acción es de causa a efecto en un solo sentido, es decir actúan sobre el sistema pero no reciben acción de parte de él, estas variables se clasifican en: variables controlables y variables no controlables.
 - **Variables de estado.** Estas variables se caracterizan porque permiten describir el estado del sistema o de sus componentes ya sea al principio o al final en un período dado del tiempo. Las variables de estado muchas veces

dependen de las variables exógenas no solo en un periodo dado sino que pueden depender de estas variables exógenas en periodos previos.

➤ **Variables endógenas.** Son las variables dependientes o de salida del sistema, estos surgen como resultado de la interrelación entre las variables exógenas y endógenas a través de relaciones funcionales que se encargan de describir el comportamiento del sistema.

c) **Parámetros.** Constituyen aquellos elementos de un modelo que se estima con anterioridad y que almacenan como datos de entrada, si estos parámetros son variables aleatorias existe la posibilidad de generarlas internamente vía computadora.

Ligado con los parámetros se tiene a los factores los cuales con elementos que se representan sobre todo cuando se realizan experimentos de simulación. Los factores en sí se presentan cuando nos interesa conocer los efectos de los diferentes niveles de los factores sobre las variables endógenas o de estado.

f) **Relaciones funcionales.** Son las que describen interacciones entre los elementos del sistema. Las relaciones funcionales pueden expresarse de dos maneras a través de identidades o a través de características de operación.

g) **Identidades.** Son aquellas relaciones que se expresan o muestran a través de definiciones o de declaraciones tautológicas relativas a los componentes del sistema.

h) **Características de operación.** Básicamente constituyen las hipótesis a cerca del comportamiento del sistema y generalmente se expresan mediante ecuaciones matemáticas que relacionan a las variables y parámetros del sistema.

2.4.4. Tipos de modelos para la simulación

El estudio de la simulación se interesa más en la modelación matemática y admitiendo que los sistemas de estudio son completamente arbitrarios se opta la clasificación de los modelos de simulación en determinísticos, estocásticos, estáticos y dinámicos, tomando en cuenta además que ninguna de las descripciones son mutuamente exclusivas. A continuación se explica los tipos de modelos de la simulación más conocidos. [YAS99]

2.4.4.1. Modelos determinísticos

En los modelos determinísticos, ni a las variables exógenas ni a las endógenas, se les permite ser variables al azar, en tanto que se suponen relaciones exactas para las características de operación en lugar de funciones de densidad de probabilidad. Los modelos determinísticos requieren menos procesamiento en computadoras que los modelos estocásticos que con frecuencia es posible resolverlos analíticamente por medio de la utilización de técnicas como el cálculo de máximos y mínimos, la mayoría de los modelos tradicionales que se encuentran en la teoría microeconomía son modelos determinísticos que asumen implícitamente circunstancias de completa certeza.

2.4.4.2. Modelos estocásticos

Aquellos modelos en los que por lo menos una de las características de operación esta dada por una función de probabilidad, se denominan modelos estocásticos, la suficiencia de las técnicas analíticas para solucionar modelos estocásticos se encuentra bastante restringida debido a que estos modelos son considerablemente más complejos que los modelos determinísticos. Por esta razón la simulación es un método mucho mas atractivo para analizar y resolver los estocásticos y no los determinísticos, este tipo de modelos también interesan desde el punto de vista de la generación de muestras de datos al azar que se emplean en las etapas de observación o prueba de la investigación científica.

2.4.4.3. Modelos estáticos

Son aquellos modelos que no toman en cuenta, explícitamente la variable tiempo (la gráfica 2.1. muestra de manera gráfica un modelo estático), estos modelos son importantes en la economía. Hicks a propuesto la siguiente definición para modelos económicos de carácter estático: “aquellas partes de la teoría económica que no se preocupan por los aspectos referentes a la fecha, se denomina estática económica; por el contrario las partes en las que cada cantidad que interviene una fecha, constituye la dinámica económica”. Los modelos estáticos se concentran en la investigación de operaciones, con raras excepciones la mayoría del trabajo en las áreas de programación lineal, no lineal y teoría e juegos.

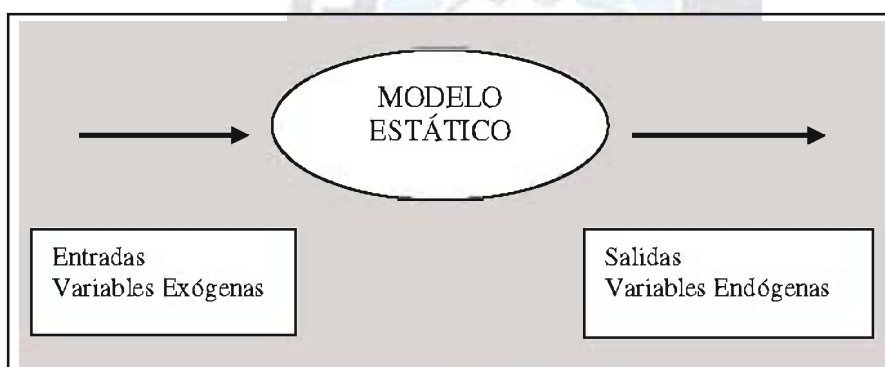


Figura 2.1. Modelo estático
Fuente: [MSE82]

2.4.4.4. Modelos dinámicos

Los modelos matemáticos que tratan de las interacciones que varían con el tiempo, se denominan modelos dinámicos (la figura 2.2. muestra la representación de los modelos dinámicos)

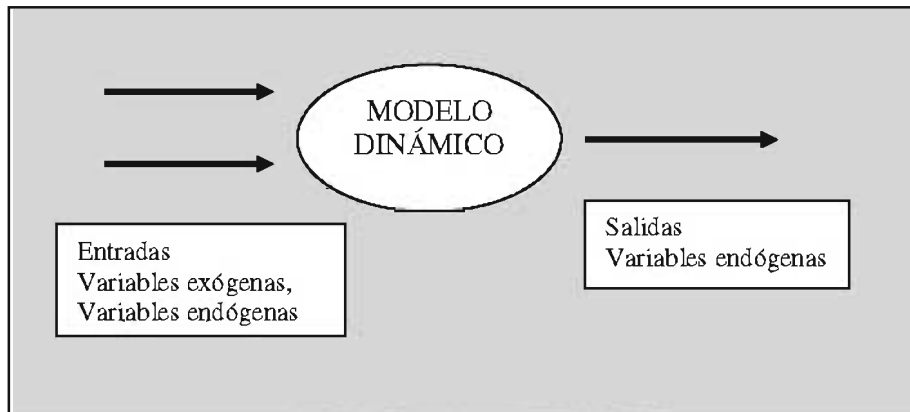


Figura 2. 2. Modelo dinámico
Fuente: [MSE82]

Samuelson propuso la siguiente clasificación de los sistemas dinámicos:

1. **Estático y estacionario**, estos sistemas equivalen a los sistemas de equilibrio estático en los cuales el tiempo ha sido abstraído del modelo, es decir en el sistema no ocurre cambio alguno y el transcurso del tiempo no se considera en absoluto.
2. **Estático e histórico**, esta clasificación se refiere a sistemas económicos en los cuales las alteraciones se atribuyen enteramente a causas exógenas o no económicas, que les hayan sido introducidas.
3. **Dinámico y casual**, estos son los sistemas económicos en los cuales, dado un conjunto de condiciones económicas iniciales se tiene la posibilidad de predecir el comportamiento del sistema en periodos subsiguientes. Este tipo de sistemas dinámicos se caracteriza porque todas las condiciones iniciales son económicas por naturaleza, en consecuencia el comportamiento futuro del sistema, también depende de las variables económicas.
4. **Dinámico e histórico**, esta clasificación es similar a la tercera, excepto que admite la posibilidad de alteraciones no económicas en el sistema; es decir, el

comportamiento de este en algún periodo futuro, dependerá no solamente de las condiciones económicas iniciales sino también de las condiciones y perturbaciones iniciales no económicas.

5. **Estocástico y no histórico**, en esta clasificación si se introduce un elemento estocástico, ya sea en el tercer sistema o en el cuarto los sistemas resultantes se denominan estocásticos y no histórico.
6. **Estocástico e histórico**, esta clasificación respectivamente, depende del elemento estocástico introducido en un sistema económico que sea cerrado, o abierto, este sujeto a alteraciones no económicas. Existen algunas evidencias para apoyar la tesis que la mayoría de los sistemas económicos corresponden a esta categoría, es decir la mayoría de ellos son dinámicos estocásticos porque reciben influencias de variables no económicas.

2.4.5. Pasos para la construcción de un modelo en simulación

Para construir un modelo de simulación se aconseja seguir las siguientes metodologías:
[YAS99]

- a) Definir claramente la denominación del modelo.
- b) Establecer claramente los supuestos ha ser considerados para la construcción del modelo
- c) Establecer los propósitos del modelo.
- d) Identificar los componentes.
- e) Definir las variables y parámetros.

- f) Definir las identidades y características de la operación.

2.4.6. Planeación de experimentos de simulación

La experiencia sugiere que la planeación de experimento de simulación requiere un procedimiento que conste de etapas que ayuden a la elaboración de un modelo de simulación, a continuación se explica la clasificación realizada por Yañez. [YAS99]

2.4.6.1. Formulación del problema

Como en otras áreas de la investigación científica, el estudio de la simulación debe comenzar por la formulación del problema, donde se realiza la declaración clara y explícita de los objetivos del experimento. Generalmente este primer paso tiene un proceso secuencial porque requiere una reformulación continua y progresiva y un refinamiento de los objetivos del experimento durante su realización.

Los objetivos de la investigación, en la mayoría de las ciencias sociales, la economía o en una empresa, toman ya sea de:

- Preguntas que deben contestarse, debido a que este tipo de preguntas surge cuando se desean conocer comportamientos de un sistema.
- Hipótesis que deben probarse, considerando que es necesario que las hipótesis a probarse se planteen explícitamente, así como también los criterios de aceptación o rechazo.
- Efectos por estimarse cuando se desea conocer los cambios en los parámetros, las características operacionales o las variables exógenas tengan sobre las variables endógenas del sistema.

2.4.6.2. Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad

En este paso se necesita recolectar y procesar una cierta cantidad de datos antes de que exista la posibilidad de definir algún problema, por lo tanto para la recolección y deducción de datos utilizados es necesario disponer de un sistema eficiente para el procesamiento de datos que permita alcanzar el éxito al realizar los experimentos de simulación. Las razones por las cuales es necesario de un procesamiento de datos se explican a continuación, obteniendo los motivos siguientes:

- La información descriptiva y cuantitativa (datos) referente al sistema que se va a investigar, constituye un requisito previo a la información del problema.
- Los datos que hayan sido reducidos a una forma significativa pueden sugerir hipótesis de cierta validez, las cuales se usarán en la formulación de los modelos matemáticos que describen el comportamiento de un sistema dado.
- Los datos también pueden sugerir mejoras o refinamientos en los modelos matemáticos que existen en el sistema por simularse.
- Es necesario que los datos, reducidos a una forma final, se utilicen para estimar los parámetros de las características de operaciones relativas a las variables endógenas, exógenas y de estado del sistema.
- Cabe considerar que sin tales datos sería imposible probar la validez de un modelo para la simulación.

Es posible identificar seis funciones importantes del procesamiento de datos que forman una parte integral del procedimiento para implantar los experimentos de simulación en computadoras:

- a) **Recolección de datos**, que es el proceso de captación de los hechos disponibles, con lo cual estos pueden ser procesados posteriormente cuando sea necesario.

- b) **Almacenamiento**, que es el proceso de recolección y el de almacenamiento de datos ocurren simultáneamente, pues el primero implica que los datos sean o hayan sido almacenados.
- c) **Conversión**, a menudo se ha demostrado que la tarea de recolectar y almacenar los datos es sumamente costosa y laboriosa, pues comprende la identificación, revisión, edición, codificación (asignación de claves), transcripción y verificación de ellas y no constituye por lo general la forma más eficiente para las etapas posteriores. Por esta razón la conversión de datos de una forma a otra tiene una función crucial en la determinación de la eficiencia del procesamiento.
- d) **Transmisión, manipulación y salidas**, una vez que los datos han sido recolectados, almacenados, convertidos a una forma eficaz y transmitidos al lugar de procesamiento final, resulta posible entonces comenzar con las operaciones de manipulación de datos y la preparación de estos para su salida final. Las etapas de manipulación requieren la realización de operaciones como las de clasificar, cotejar, intercalar, recuperar información y otras, como las operaciones aritméticas y lógicas. Estas operaciones se realizan con una computadora o sin ella, y depende de la cantidad de datos para manipular la utilización que finalmente tengan.

2.4.6.3. Formulación de los modelos matemáticos

La formulación de los modelos matemáticos consiste en tres pasos:

- a) **Especificación de los componentes**, esta es una de las primeras consideraciones que se toman en cuenta en la formulación de un modelo matemático, porque reside en saber cuantas variables se deben incluir en el modelo.
- b) **Especificación de las variables y los parámetros**, en esta parte la elección de las variables endógenas o de salida del modelo es sencilla, debido a que generalmente estas variables se determinan al comenzar el experimento, sin embargo la dificultad

real surge en la elección de las variables exógenas. El número de estas variables es importante, pues la existencia de muy pocas variables exógenas puede llevar a modelos inválidos, en tanto que si existe abundancia de ellas hace imposible la simulación en la computadora.

- c) **Especificación de las relaciones funcionales**, tomando en cuenta el tipo de variables porque pueden afectarse mutuamente y llevaría en la simulación por computadora a una insuficiencia en la capacidad de su memoria o bien a complicar de modo innecesario la programación por computadora.

2.4.6.4. Evaluación del modelo y de los parámetros estimados

“Es claro que serían pocos los beneficios que se obtendrán con la utilización de un modelo inadecuado para realizar experimentos de simulación en computadora ya que estaríamos solamente simulando nuestra propia ignorancia” [YAS99], por eso es necesario hacer un juicio del valor inicial de la suficiencia del modelo planteado describiendo las características de su comportamiento basados en las observaciones tomadas del mundo real, es decir se debe probar el modelo. Este paso representa sólo la primera etapa en la prueba de un modelo de simulación, previa a las corridas reales en la computadora, por lo que en este punto el interés reside en probar las suposiciones o entradas que se programarán en la computadora.

2.4.6.5. Formulación de un programa para la computadora

La formulación de un programa para computadora cuyo propósito sea dirigir los experimentos de simulación con los modelos del sistema bajo estudio, requiere que se consideren especialmente las siguientes actividades:

1. **Diagrama de flujo**, es una herramienta que ayuda a realizar un bosquejo de la secuencia lógica de los eventos que realizará la computadora al generar los tiempos planificados para las variables endógenas del modelo.

2. **Lenguaje de computación**, que se utiliza para las corridas de experimentos del modelo, existen dos alternativas para la simulación por computadora, estas son:
 - a. **Compiladores de propósitos generales**, que consiste en escribir un programa en un lenguaje con propósitos generales como los lenguajes visuales existentes.
 - b. **Lenguaje de simulación de propósitos especiales**, que consiste en emplear un lenguaje propio de la simulación como el GPSS, SIMSCRIPT, GASP, SIMPAC, DYNAMO o PROGRAM SIMULATE.
3. **Datos de entrada y condiciones iniciales**; ya que los experimentos de simulación son por su propia naturaleza dinámicos, surge una pregunta respecto al valor que se les debería asignar a las variables y parámetros del modelo en el momento de comenzar la simulación del sistema, es decir se deberá forzar la entrada al sistema en un punto particular del tiempo.
4. **Generación de datos**, que tiene el problema que se relaciona directamente con la escritura de programas de simulación en computadoras para el desarrollo de las técnicas numéricas y su posterior generación de datos.
5. **Reportes de salida**, son necesarios para dar la información relativa al comportamiento del sistema bajo simulación, este punto es la consideración final en el desarrollo de un programa de computadora para el experimento de simulación.

2.4.6.6. Validación

El problema de validar los modelos de simulación es difícil, ya que implica un sin número de complejidades de tipo práctica, teórico, estadístico e inclusive filosófico. La validación de experimentos de simulación forma parte de un problema mucho más general,

es decir la validación de cualquier clase de modelo o hipótesis. Por lo general sólo dos pruebas se consideran apropiadas para validar los modelos de simulación.

- ✓ La primera que consiste en analizar que tan bien coinciden los valores simulados de las variables endógenas con los datos históricos conocidos si es que estos están disponibles.
- ✓ En segundo lugar se analiza que tan exactas son las predicciones del comportamiento del sistema real hechas por el modelo de simulación, para periodos futuro (de tiempo).

Asociada con cada una de estas pruebas existe una gran variedad de pruebas estadísticas tanto clásicas como recientes.

2.4.6.7. Diseño de los experimentos de simulación

Una vez que se tiene la satisfacción de la validez del modelo para la computadora, se tiene la posibilidad de considerar su uso para dirigir efectivamente los experimentos de simulación, de hecho si se tiene definido el problema experimental, el interés se concentra en el diseño experimental. En esta fase es posible identificar dos metas importantes:

- ✓ En primer lugar, se selecciona los niveles de factores y las combinaciones de niveles así como el orden de los experimentos.
- ✓ En segundo lugar, se debe esforzar por asegurar que los resultados queden razonablemente libres de errores fortuitos.

2.4.6.8. Análisis de los datos simulados

La etapa final en el procedimiento requiere un análisis de los datos generados por la computadora a partir del modelo que se simula, tal análisis consiste de tres pasos.

- Recolección y procesamiento de los datos simulados.

- Cálculo de la estadística de las pruebas.
- Interpretación de los resultados.

Aun cuando el análisis de los datos simulados es de hecho semejante al análisis de los datos del mundo real, existen algunas diferencias importantes. Teichroew ha señalado que al comparar la simulación en computadora con la técnica estadística conocida por el nombre de muestreo de las distribuciones, el análisis de los datos de simulación en computadora es considerablemente más difícil que el análisis de los datos del mundo real.

La forma en la cual la aleatoriedad se torna en cuenta en el muestreo de las distribuciones esta bien entendida y además existe la posibilidad de enunciarla explícitamente, en cambio en los experimentos de simulación la aleatoriedad se considera en una forma muy complicada y por lo común sus relaciones no son enunciadas explícitamente, excepto en el algoritmo empleado para calcular los valores numéricos.

Otra compilación considerable radica en el hecho de que mientras el muestreo de las distribuciones trata generalmente con los modelos estadísticos la simulación por su propia naturaleza, lo hace con los modelos dinámicos.

La salida es un conjunto de series relacionadas de tiempo cuyo análisis es mucho más difícil que el de un conjunto de números que representan la muestra de una distribución dada. Las técnicas para analizar las series de tiempo múltiples no independientes y no estacionarias aun no han sido desarrolladas en su integridad.

2.4.7. Ventajas y desventajas de la simulación

Las ventajas de la simulación son las siguientes: [MUR88]

1. Cuando un modelo ha sido construido, puede utilizarse una y otra vez para analizar todas las clases de situaciones.
2. la simulación permite modelar los sistemas cuyas soluciones son demasiado complejas para expresarlas con una o varias relaciones matemáticas.
3. la simulación exige un nivel mucho más bajo de habilidad matemática que los modelos analíticos (matemáticos).
4. La simulación casi siempre es más barata que construir el sistema real y probarlo en operación.

Las desventajas de la simulación son:

1. A veces cuesta mucho construir y programar los modelos de simulación para la computadora.
2. Correr un programa de simulación a menudo requiere cientos de simulaciones, y en consecuencia mucho tiempo de computadora. Todo ellos puede representar una fuerte erogación.
3. Es muy fácil realizar los pasos para desarrollar un modelo de simulación, por lo cual la gente tiende a emplear la simulación cuando en realidad las técnicas analíticas (modelado matemático) son mejores y cuestan mucho menos.

2.5. DINAMICA DE SISTEMAS

2.5.1. Generalidades

La dinámica de sistemas o sistemas dinámicos vienen ha ser una técnica para la resolución de problemas, incluso metodológicamente útil para las actividades cotidianas del ser humano, pues la conducta es asistida por retroalimentación que es una vía importante

para enfocar y tomar decisiones concernientes a problemas de tipo social, económico, ambiental, empresarial y en la política. [BAR98]

J. Forrester, ingeniero de sistemas del Instituto Tecnológico de Massachussets desarrolló esta metodología durante la década de los cincuenta, la primera aplicación fue el análisis de la estructura de una empresa norteamericana y el estudio de las oscilaciones muy acusadas en las ventas de esta empresa publicada como Industrial Dynamics. En 1960 se publica la obra Dinámica Urbana en la que se muestra como el “modelado de sistema” es aplicable a sistemas de ciudades. En 1970 aparece “el modelo del mundo”, trabajo que sirvió de base para que Meadows realizase el primer trabajo divulgado posteriormente con el nombre de “Los límites del crecimiento”. Estos trabajos y su discusión popularizaron la Dinámica de Sistemas en el ámbito mundial, Forrester estableció un paralelismo entre los sistemas dinámicos (o en evolución) y uno hidrodinámico, construido por depósitos, intercomunicados por canales con o sin retardos variando mediante flujos su nivel con el concurso de fenómenos exógenos (externos). [BAR98]

2.5.2. Metodología sistémica

“Los enfoques analíticos y sistémico no tienen por que ser contrapuestos, por el contrario si se utilizan complementariamente pueden obtenerse muy buenos resultados”. [YAD99] La dinámica de sistemas nace como una técnica que permite analizar los sistemas y simular sus comportamientos pasados o futuros, entonces la dinámica de sistemas es una técnica que permite:

- Establecer la estructura del sistema, es decir que elementos son mas significativos y como están relacionados basados en el análisis causa efecto.
- Establecer la evolución temporal de los elementos del sistema, según sean las circunstancias en que vaya a desenvolverse.

2.5.3. Definiciones

“La dinámica de sistemas constituye en un estudio de cómo la estructura determina el comportamiento, ambos conceptos estructura y comportamiento tienen un significado preciso en el contexto de la dinámica de sistemas”. [YAD99]

- La estructura, se define mediante relaciones que articulan entre sí las partes del sistema.
- El comportamiento esta formado por la evolución a lo largo del tiempo relevante para describir el sistema bajo estudio.

2.5.4. Estructura elemental de sistemas

- a) **Bucles de retroalimentación**, en un diagrama causal se dice que existe un bucle que partiendo de un elemento vuelve al mismo después de un tramo. El bucle de retroalimentación puede ser positivo o negativo.
- b) **Retrasos**, o retardos los cuales suceden debido a que en una relación funcional entre dos variables no se opera en el instante, es decir se presentan discrepancias en los tiempos.








2.5.5. Diagrama Causal



El diagrama causal es un modelo mas formalizado que una descripción lingüística; pero mucho menos preciso que un sistema de ecuaciones matemáticas. En un diagrama causal aparecen formulados los elementos del sistema y se establecen las relaciones causa-efecto entre ellos. En concreto si existe una relación directamente proporcional de causa-efecto a esta relación se le asigna el signo “+”, en cambio si la relación es inversamente proporcional se le asigna el signo “-”. [YAD99]

2.5.6. Diagramas de Forrester

El diagrama de Forrester es una formalización mayor que los diagramas causales, Forrester realizó una simbología para el mejor entendimiento de las variables que integran el sistema y se describe de la siguiente manera:

Tabla 2.1. Símbolos del Diagrama de Forrester.

NUMERO	SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1		Nube	Representa una fuente o un pozo; puede interpretarse como un nivel que es prácticamente inagotable o que no es de interés del científico.
2		Nivel	Representa una acumulación de flujos; la variable de estado.
3		Flujo	Variación de un nivel; representa un cambio de estado del sistema.
4		Canal de material	Canal de transmisión de una magnitud física que se conserva.
5		Canal de información	Canal de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve.
6		Variable auxiliar	Una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo.
7		Constante	Es un elemento del modelo que no cambiará de valor durante la simulación.

8		Retardo	Un elemento que simula retrasos en la transmisión de información y de material.
9		Variable exógena	Un elemento cuya evolución independiente de las del resto del sistema: representa una acción el medio del sistema.

Fuente: [YAD99]

2.5.7. Construcción del Modelo en Dinámica de Sistemas

2.5.7.1. Diagrama Causal

Es la representación gráfica, donde cada elemento tiene un nombre y se conocen las interrelaciones y signos entre elementos.

2.5.7.2. Definición de cada variable

Se procede a la descripción de las variables y asignación de códigos a cada una de ellas y de estas se prepara la construcción de la tabla de códigos.

Tabla 2.2. Tabla de códigos

NRO	CLASE	SIMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES	OBS

Fuente: [YAD99]

Donde:

- ✓ **Número:** en este campo se asigna un número correlativo.

- ✓ **Clase:** en este campo se debe categorizar de acuerdo a las definiciones de la dinámica de sistemas.
- ✓ **Símbolo:** en este campo se asignan símbolos elegidos para reconocer las variables, hay que tener en cuenta que los símbolos no deben repetirse y no deben ser muy largos.
- ✓ **Definición:** en este campo se definen las variables o parámetros en forma precisa.
- ✓ **Unidades:** en este campo se toma las unidades de medida de cada variable.
- ✓ **Observaciones:** se escribe la especificación histórica de la información que sirve para medir las magnitudes.

2.5.7.3. Diagrama de Forrester

Después de construir el Diagrama Causal y haber elaborado el código de variables, se establece el Diagrama de Forrester.

2.5.7.4. Formular sistema de ecuaciones

Después de elaborar el Diagrama de Forrester este se traduce en relaciones matemáticas, para ser reconocidas por las herramientas informáticas de soporte del modelo. A continuación como se establecen las ecuaciones:

- a) *Ecuaciones de nivel;* se define de la siguiente manera:

$$N_{(T)} = N_{(T-1)} + DT * [FE_{(T)} - FS_{(T)}]$$

$$N = N + DT * [FE - FS]$$

Donde:

$N_{(T)}$: Valor del nivel en el instante T.

$N_{(T-1)}$: Valor del nivel en el instante T-1.

DT: Intervalo de tiempo elegido convencionalmente.

$FE_{(T)}$: Flujos de entrada en el periodo T.

$FS_{(T)}$: Flujos de salida en el periodo T.

- b) *Ecuaciones de flujos*; pueden ser definiciones de relación de causa - efecto entre dos o más variables.

$$Y = Y(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

- c) *Ecuaciones auxiliares*; pueden ser de comportamiento o definicionales, y debe tratarse en la medida de lo posible de seguir la pista hasta el final a cada cadena de variables para evitar errores.
- d) En los casos en que inicialmente no se conozca la forma funcional entre variables, se indicará cuanta información se tiene.

2.5.7.5. Calibrado

Las disponibilidades de información y de métodos de calibrado decidirán el camino a seguir, el calibrado es sin duda la etapa de construcción de los modelos de dinámica de sistemas. En dinámica de sistemas suele recurrirse a simularse para calibrar determinados parámetros utilizando un método de “prueba y repite”. Básicamente consiste en dar unos valores arbitrarios a los parámetros y obtener los valores calculados de la variable

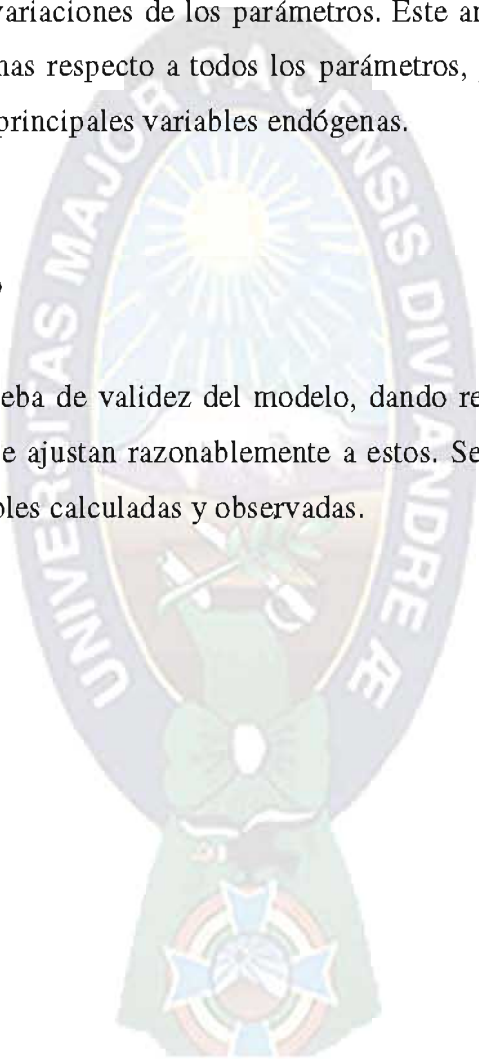
dependiente de esta manera se verá cuanto deben modificarse los valores iniciales del conjunto de parámetro.

2.5.7.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es la prueba donde se estudia la variación de las variables endógenas ante pequeñas variaciones de los parámetros. Este análisis debería hacerse para todas las variables endógenas respecto a todos los parámetros, pero es suficiente disponer de tales funciones para las principales variables endógenas.

2.5.7.7. CONTRASTADO

Es una primera prueba de validez del modelo, dando respuestas concretas con los hechos observados y que se ajustan razonablemente a estos. Se debe examinar los ajustes relativos de todas las variables calculadas y observadas.



CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL: PARQUE MADIDI

“El hombre lucha por encontrar vida fuera de él, sin darse cuenta de que la vida que busca esta en su interior”.

Khalil Gibran



CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL: PARQUE MADIDI

3.1. INTRODUCCION

El Parque Nacional Madidi está ubicado en el noroeste del Departamento de La Paz, en las provincias Franz Tamayo, Abel Iturralde y Bautista Saavedra, se considera que es como el corazón del corredor de conservación binacional Vilcabamba - Amboró. Se caracteriza por la existencia de un gran número de cuencas hidrográficas. El clima del parque es diverso, variando de frío en la zona cordillerana, templado en las tierras intermedias montañosas, hasta cálido en las tierras bajas del norte.

El Parque es considerado una de las principales reservas naturales de América Latina, a pesar de ser una reserva forestal enfrenta muchas amenazas como quienes aspiran a explotar sus valiosos recursos. Aunque su condición de área protegida ha puesto fin a la tala indiscriminada y limpieza territorial a gran escala, pero a pesar de todo el control que existe dentro el Parque Nacional las operaciones clandestinas continúan.

3.2. ASPECTOS GENERALES DEL PARQUE MADIDI

3.2.1. GEOGRAFIA

El Parque Nacional Madidi está ubicado en el noroeste del Departamento de La Paz, en las provincias Franz Tamayo, Abel Iturralde y Bautista Saavedra. Con una superficie de 1.880.996 ha, de la cual 1.277.075 ha corresponden a la categoría de Parque Nacional y 603.921 ha a la categoría de Área Natural de Manejo Integrado, es una de las áreas protegidas más grandes de Bolivia. Sus límites se encuentran entre 12°30' y 14°44' de latitud sur y entre 67°30' y 69°51' de longitud oeste.

Existen 5 municipios que tienen jurisdicción en el área: San Buenaventura, Apolo, Ixiamas, Pelechuco y Curva. Se encuentra también rodeado de territorios indígenas y

demandas de titulación de tierras indígenas (TCO Tacana I al este; demanda de TCO Tacana II al norte y demandas de TCOs Lecos Apolo y Lecos Larecaja al sur.

3.2.1.1. Acceso

Los puntos de ingreso son Pelechuco y Apolo al sur, Rurrenabaque al este, Tumupasa al noreste y el río Madre de Dios al norte. Las tres localidades son accesibles con transporte vehicular desde la ciudad de La Paz, pero mediante caminos precarios e inseguros.

3.2.1.2. Hidrografía

Se caracteriza por la existencia de un gran número de cuencas hidrográficas, en especial cabeceras, localizadas en zonas de elevada pluviosidad y alta fragilidad de suelos por las pronunciadas pendientes. Está conformado por los ríos Tuichi, Madidi y Quendeque (cuenca del río Beni) y el río Heath (cuenca del río Madre de Dios), habiéndose definido seis subcuencas principales: Heath, Beni, Madidi, Tuichi, Enapurera y Tumupasa-Beni.



Figura 3.1. Río Tuichi
Fuente: Willy Kenning (Parks Watch)

3.2.1.3. Clima

El clima del es diverso, variando de frío en la zona cordillerana, templado en las tierras intermedias montañosas, hasta cálido en las tierras bajas del norte. La precipitación anual registra datos mínimos de 700 mm en las zonas altas y valles secos. En la llanura estacional alcanza valores intermedios de 1800 mm anuales y en las serranías pluviales del subandino, como en la zona de Alto Madidi, se observan niveles extraordinarios de pluviosidad de 5000 mm al año



Figura 3.2. Parque Nacional Madidi
Fuente: Stéphane Pauquet

3.2.2. BIODIVERSIDAD

En función a su amplio rango altitudinal, el Parque Nacional Madidi presenta una extraordinaria diversidad de hábitat: piso alto andino, puna, matorrales y restos de bosque de cabeceras de valle, páramo de Yungas, bosque nublado de ceja de monte, bosque nublado de serranías, bosque montano, bosque seco andino, sabana de montaña, bosque húmedo pede montano (una de las últimas muestras bien conservadas en el país), bosque húmedo de llanura, sabana de inundación y palmares pantanosos de palma real (*Mauritia flexuosa* y *Mauritiella aculeata*).



Figura 3.3. Piso alto andino
Fuente: Stéphane Pauquet



Figura 3.4. Bosque húmedo de llanura
Fuente: Stéphane Pauquet

a) Flora: Esta amplia heterogeneidad de hábitat determina la presencia de una gran variedad de especies de plantas. Hasta el momento se han registrado 1.875 especies de plantas vasculares, pero la flora total del área se estima en unas 5.000 especies (Anexo 2).



Figura: 3.5. Bosque y flores del Parque Madidi
Fuente: Stéphane Pauquet

- c) **Fauna:** Responde con similares patrones de diversidad a esta extraordinaria variedad de hábitat. A las 1.370 especies de vertebrados registradas, se estima que futuros estudios revelarán la presencia de 600 más (Anexo2).



Figura 3.6. Parabas rojas y mariposas del Parque Madidi
Fuente: Stéphane Pauquet

3.2.3. INFLUENCIA HUMANA

3.2.3.1. Ocupación humana

La población asentada dentro del Parque es de aprox. 3.900 habitantes, distribuidos en 31 comunidades, mayormente ubicadas en las cercanías de los caminos principales o en los alrededores de los centros urbanos de los Municipios con jurisdicción sobre el área protegida. Por su parte, la zona de colonización San Buenaventura-Alto Madidi se caracteriza por un crecimiento demográfico positivo y se evidencian condiciones que provocarán un mayor crecimiento en los próximos años.

Los centros urbanos más importantes en la zona son:

Tabla 3.1. Habitantes en centros urbanos del Parque Madidi

CENTRO URBANO	HABITANTES
Rurrenabaque	4.959
Apolo	2.123
Ixiamas	1.890
San Buenaventura	1.670

Fuente: INE 1992

Si bien en la región de Apolo el número de habitantes se ha mantenido relativamente estable durante las últimas décadas, la reciente apertura (ilegal) del camino Apolo-Azariamas está estimulando una cierta repoblación por migración interna desde otras comunidades. La zona de colonización San Buenaventura-Alto Madidi se caracteriza por un crecimiento demográfico positivo y se evidencian condiciones que provocarán un mayor crecimiento en los próximos años (Anexo3).

a) Caza y pesca: La caza por parte de los comunarios y colonos es destinada a la producción de charque (carne secada) para la venta. Por lo tanto, no constituye una grave presión sobre la fauna. Se realiza generalmente de noche usándose para ello un rifle, que generalmente poseen todas las familias. La pesca es otra alternativa de subsistencia para aquellas poblaciones que se hallan próximas a los ríos (Anexo3).

b) Extracción forestal: Desde mediados de los 80 el parque y su región circundante han sido el escenario de un importante auge de la madera, basado principalmente en la extracción de la Mara (*Swietenia macrophylla*). Ello condujo a la desaparición de esta especie en prácticamente todas las áreas accesibles desde los caminos y los principales ríos (Anexo3).

3.2.3.2. Turismo

La excepcional belleza escénica del parque, su buena accesibilidad, la infraestructura instalada, y sobre todo la importante promoción de la cual se ha beneficiado, han hecho de este parque un destino privilegiado para el turismo de naturaleza a nivel nacional e internacional. La publicación de un artículo sobre el parque en la revista *National Geographic* en marzo de 2000, terminó de hacer del Madidi un destino “obligatorio” del turismo de naturaleza en Iberoamérica. Tal como se concibe en la actualidad, el “ecoturismo” practicado en el Parque Nacional Madidi es tan dañino como una actividad extractiva.

El Programa de Turismo elaborado en el marco del Plan de Manejo e intitulado “*Madidi: las más variadas expresiones del mundo natural mostradas por diversas culturas andino amazónicas*”, afirma la voluntad de desarrollar un turismo social en paralelo al turismo de naturaleza que domina en la zona (Anexo3).

3.2.4. AMENAZAS

3.2.4.1. Construcción del camino Apolo-Ixiamas

Sin duda la principal amenaza y el mayor desafío actual para el parque es la determinación de un sector influyente de la población local de abrir un camino transitable a través del área, que al unir las localidades de Apolo e Ixiamas podría dar un impulso al desarrollo del norte paceño.

Bajo los eslóganes de “desarrollo” y “apertura de mercados”, en el transcurso de los años un reducido número de personas ha logrado convencer a muchos pobladores de la suma importancia de la apertura de una vinculación carretera entre Apolo e Ixiamas. Esto, a expensas de la integridad de un área de muy alto potencial para el ecoturismo, con su excepcional riqueza biológica y belleza paisajística.



Figura 3.7. Camino abierto ilegalmente
Fuente: Stéphane Pauquet

3.2.4.2. Avance de la frontera agropecuaria y procesos de colonización

Si bien la región de Apolo presenta un cierto potencial agropecuario, debido a un mal manejo de los suelos durante varias décadas se presenta hoy en día un grave problema de degradación de suelos. Los procesos erosivos desencadenados por la tala indiscriminada, la quema de pastizales y pajonales para el ganado obliga a los pobladores a buscar nuevas tierras en el interior del área protegida.



Figura 3.8. Ganado alrededor del Parque Madidi
Fuente: Stéphane Pauquet

La ganadería es probablemente una de las actividades más dañinas para los ecosistemas de la zona. Los animales consumen la regeneración de valiosas especies forestales, cuando se encuentran en estado de germinación. Además, la falta de alimentos durante la estación seca, los conduce a consumir parte de la cobertura de hojas de los pastos en desarrollo, con lo que disminuye la capacidad de pastos silvestres. Antiguamente, antes de la introducción del ganado en la zona, los grupos indígenas quemaban pastizales periódicamente, para facilitar la caza.

3.2.4.3. Minería aurífera

La problemática y los impactos relacionados con la minería aurífera en pequeña escala, se exponen en las amenazas. Se estiman en más de 200 los individuos que operan dentro del área de influencia del área protegida, en las tierras altas, los valles del subandino a lo largo de los ríos Tuichi, Beni y Quendেকে, y la llanura amazónica a lo largo del río Tequeje. Se registran también operaciones mineras esporádicas ilegales en el río Tuichi.



Figura 3.9. Actividad minera en el río Tequeje.
Fuente: Stéphane Pauquet

3.2.4.4. Tala ilegal de madera

Según un estudio realizado en el año 2000 sobre los impactos al área protegida producidos por las varias olas de migración, la actividad forestal que se realizó a lo largo de la década pasada, muy selectiva (concentrada en la mara, el cedro y el roble) y sin ninguna norma de manejo técnico, ha sido el principal factor de degradación de los ecosistemas de la zona.



Figura 3.10. Tala y tractor alrededor del Parque Nacional Madidi
Fuente: Stéphane Pauquet

3.2.4.5. Turismo desordenado

Dentro el Parque Nacional Madidi se han identificado los siguientes problemas: de turismo desordenado e insostenible por parte de las agencias de Rurrenabaque, falta de comunicación entre el área protegida y las agencias de turismo, actitudes y actividades destructivas de las operaciones ecoturísticas (corte de lianas y de palmeras, manipulación y alimentación de animales, disposición de basura en sitios inapropiados, construcción de balsas, ampliación de senderos, etc.).

3.2.4.6. Exploración y explotación hidrocarburífera

Las actividades de exploración y explotación hidrocarburífera están supuestamente prohibidas en la categoría de parque nacional. En la actualidad se sobreponen tres

concesiones al área: los bloques Río Hondo, en manos de la empresa PETROBRAS (1.000.000 ha, de las cuales 598.000 ha se encuentran dentro del Parque Madidi, la RB-TCO Pilón Lajas y el TIPNIS), Tuichi (805.000 ha, de las cuales 557.193 ha se encuentran dentro del Parque Madidi y la RB-TCO Pilón Lajas) y Tequeje. En estos dos últimos se ha recientemente llevado a cabo una serie de prospecciones, con algunos resultados positivos hacia el sur.

3.2.5. INFRAESTRUCTURA

El parque cuenta con una vagoneta, dos camionetas, un cuadratrack, siete motocicletas y dos botes. Bajo la coordinación de las oficinas de enlace de Apolo e Ixiamas se encuentran actualmente 14 campamentos y puestos de control, no todos con ocupación permanente:



Fuente 3.11. Principales campamentos de guardaparques
Fuente: Parks Watch Bolivia 2004

3.3. BOSQUE

Un bosque es un área con una alta densidad de árboles. Estas comunidades de plantas cubren grandes áreas del globo terráqueo y funcionan como hábitat de animales, modulares de flujos hidrológicos y conservadores de suelo constituyendo uno de los aspectos más importantes de la biosfera de la tierra.

Los bosques cumplen funciones muy importantes como:

- ✓ Proporcionan un hábitat a una amplia variedad de plantas y animales y cumplen otras muchas funciones que afectan a los seres humanos. La fotosíntesis es el proceso químico mediante el cual las hojas usan la luz del sol y el dióxido de carbono para producir azúcares que proporcionan energía al árbol o a la planta; durante el proceso, el follaje de las plantas y los árboles liberan oxígeno, necesario para la respiración.
- ✓ Impiden la erosión, el desgaste del suelo por el viento y la lluvia, así como también impiden inundaciones.

3.4. DEFORESTACION

La deforestación es el proceso por el cual la tierra pierde sus bosques en manos de los hombres, el cual en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para fabricar muchos productos. La madera también es usada como combustible o leña para cocinar y calentar. Por otro lado, las actividades económicas en el campo requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos. Esto ha generado una gran presión sobre los bosques.

Al tumar un bosque, los organismos que allí vivían quedan sin hogar. En muchos casos los animales, plantas y otros organismos mueren o les toca mudarse a otro bosque. Destruir un bosque significa acabar con muchas de las especies que viven en él.

Algunas de estas especies no son conocidas por el hombre. De esta manera muchas especies se están perdiendo día a día y desapareciendo para siempre del planeta.

Sin embargo, la deforestación masiva acelerada y acumulativa puede ser importante para el equilibrio climático del mundo, tanto por el potencial de calentamiento debido a incrementos de CO₂ en la atmósfera, como por la reducción de la evapotranspiración y cambios en el albedo en la región. Adicionalmente, la alta erosión que ocurriría con una masiva deforestación cargaría los ríos con niveles altos de partículas, lo que eventualmente podría afectar el equilibrio biótico de los océanos, importante componente de fijación biológica de CO₂ del aire.

Tabla 3.2. Tasa de deforestación de los países Amazónicos

TASA DE DEFORESTACIÓN ANUAL DE BOSQUES DENSOS EN LOS PAÍSES AMAZÓNICOS			
País	Área total bosques densos (Hectárea*1000)	Tasa anual de deforestación (%)	Área deforestada (Hectárea/año * 1000)
Bolivia	66763	0,2	133,5
Brasil	553030	2,2	12166,7
Colombia	40569	1,8	730,2
Ecuador	14679	2,4	352,3
Perú	71640	0,4	286,6
Venezuela	33075	0,4	132,3
TOTAL	779756	7,4	13801,6

Fuente: The World Resources Institute

Tabla 3.3. Porcentaje de desmonte por departamento

PORCENTAJE DE DEFORESTACIÓN			
AÑO	DEPARTAMENTO	PORCENTAJE DE DESMONTE	CANTIDAD
2005	Santa Cruz	76% desmonte	214033 hectáreas
2005	Pando	10% desmonte	29420 hectáreas
2005	Beni	8% desmonte	23978 hectáreas
2005	Cochabamba	2,5% desmonte	6950 hectáreas

2005	Tarija	1,5% desmonte	3848 hectáreas
2005	La Paz	2% desmonte	2344 hectáreas

Fuente: Superintendencia Forestal

3.4.1. Factores que intervienen en la deforestación.

Los factores de deforestación del Parque Madidi se muestran a continuación en la tabla 3.1.

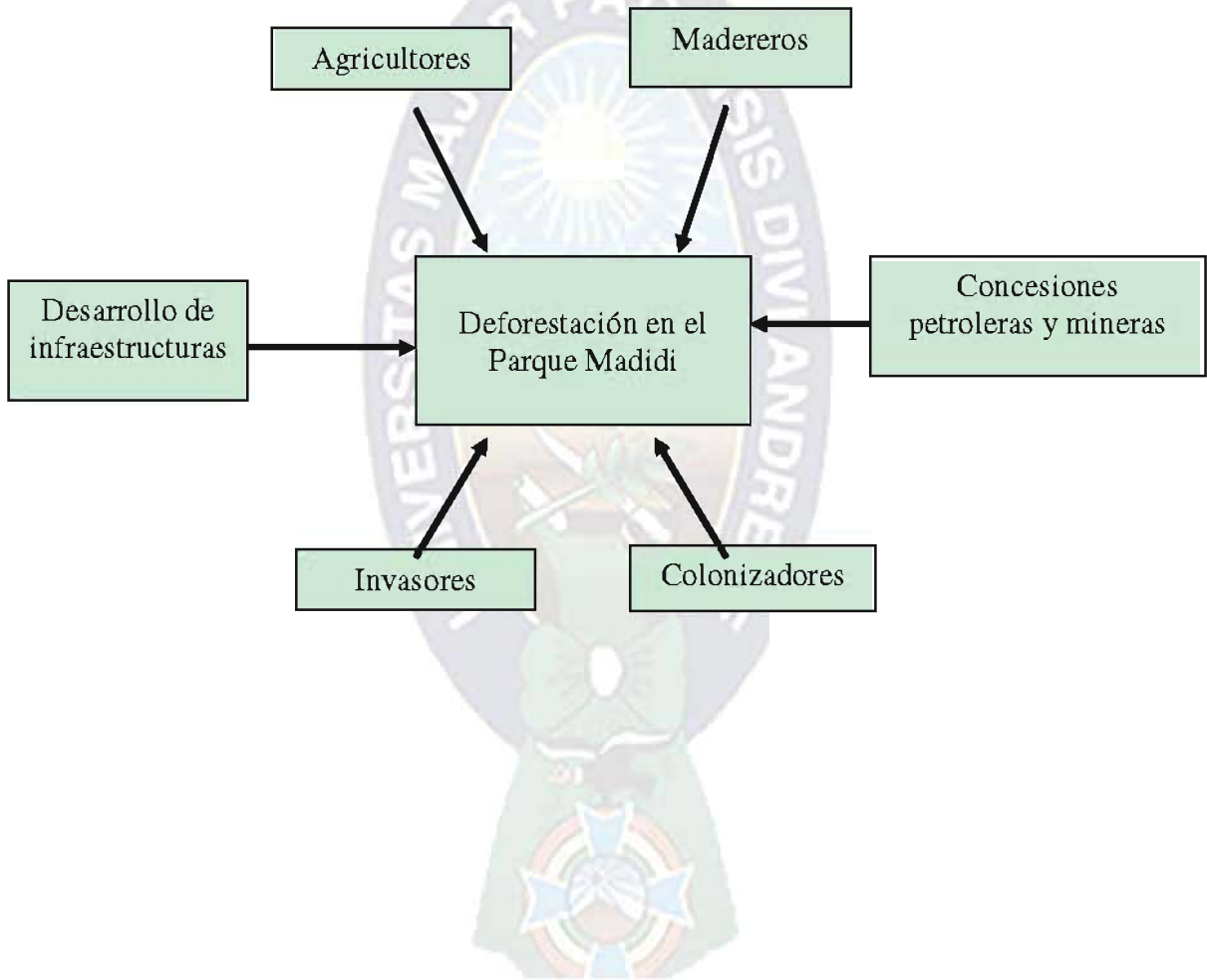
Tabla 3.4. Factores de deforestación

AGENTE	DEFORESTACIÓN
Agricultores comerciales	Talan los bosques para plantar cultivos comerciales, a veces desplazan a los agricultores de roza y quema, que se trasladan a su vez a los bosques.
agricultores de roza y quema	Descombran el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y otros cultivos para la venta.
Ganaderos	Talan los bosques para sembrar pastos, a veces desplazan a los agricultores de roza y quema, que se trasladan a su vez a los bosques.
Madereros	Cortan árboles maderables comerciales; los caminos que abren los madereros permiten el acceso a otros usuarios de la tierra.
Planificadores de infraestructuras	Los caminos y carreteras construidos a través de áreas forestales dan acceso a otros usuarios de la tierra; las represas hidroeléctricas ocasionan inundaciones.
Industriales mineros y petroleros	Los caminos y las líneas sísmicas proporcionan acceso al bosque a otros usuarios de la tierra; sus operaciones incluyen la deforestación localizada.
Planificadores de programas de	Planifican la relocalización de habitantes a áreas

colonización rural	forestales, lo mismo que proyectos de asentamiento que desplazan a los pobladores locales, los que a su vez se trasladan a los bosques.
--------------------	---

Fuente: Propia

3.4.2. Esquematización de los factores de la deforestación el Parque Madidi



CAPITULO IV

ANALISIS Y DISEÑO DEL MODELO DE DEFORESTACIÓN DEL PARQUE MADIDI

“La práctica es superior al conocimiento teórico, posee no solo la dignidad de la universidad sino también de la realidad inmediata”.

Lenin (Cuadernos Filosóficos)



CAPITULO IV

ANALISIS Y DISEÑO DEL MODELO DE DEFORESTACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se elabora el contexto del análisis, el diseño del modelo de simulación de la deforestación del parque Madidi, en el mismo se analizará los puntos importantes para la elaboración del modelo y la simulación correspondiente.

4.2. APLICACIÓN DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS

La metodología de dinámica de sistemas tiene pasos precisos para su ejecución, se realizará el desarrollo del problema planteado y se seguirá los pasos para la obtención del modelo de simulación

4.2.1 Selección de elementos y relaciones que intervienen con la deforestación

La descripción del sistema está aplicada a la deforestación que existe en el parque y cuales son los factores que intervienen en esta actividad dentro del Parque Madidi se define en los conceptos de desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales, en esta actividad la deforestación del Parque Madidi está intervenida por el hombre.

4.2.1.1. Agricultores

Las personas principales son los campesinos que utilizan la estrategia de apoderarse de una cierta superficie del parque para dedicarla a la agricultura. Dentro de la agricultura se tienen dos tipos de agricultura:

- ✓ Agricultores comerciales: Son los que talan los bosques para plantar cultivos comerciales.
- ✓ Agricultores de roza y quema: Desmontan el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y otros cultivos para la venta.

4.2.1.2. Ganaderos

Talan los bosques para sembrar pastos, a veces desplazan a los agricultores de roza y quema, que se trasladan a su vez a los bosques.

4.2.1.3. Colonizadores

Son personas que están asentadas en el parque es uno de los factores que interviene en el proceso de deforestación y acaparamiento de tierras.

4.2.1.4. Invasores

Son personas de bajos recursos que se encuentra dentro el parque, este puede trabajar para sí mismo o para otras personas o empresas, su principal actividad es la explotación forestal. Dentro de los invasores podemos resaltar a los contrabandistas están representados por el conjunto de comerciantes inescrupulosos que sacando partido de la situación de falta de vigilancia, inseguridad y confusión planteada por el problema de las invasiones en la reserva, realizan una explotación clandestina de los recursos forestales logrando con ello elevadas ganancias económicas.

4.2.1.5. Desarrollo de infraestructura

El desarrollo de vías de acceso al Parque Madidi tuvo muchas ventajas para el turismo; pero existen proyectos de caminos y carreteras para construir atravesando el parque, esto ocasionaría una gran deforestación además se elevaría el numero de invasores

y colonos. La construcción de represas hidroeléctricas ocasionaría inundaciones y esto no solo afectaría a las áreas boscosas sino también a los animales que viven en el parque un ejemplo si se construiría el dique hidroeléctrico del Bala producirá 350000 hectáreas de inundación el Parque Madidi.

4.2.1.6. Concesiones petroleras y mineras

Las concesionarias madereras están representadas por empresas privadas que bajo la supervisión del Ministerio del Ambiente tienen la función de llevar a cabo los planes de ordenación y manejo forestal en las áreas de reserva forestal. Estas empresas deben desarrollar la infraestructura necesaria de campamentos, los planes de protección, vigilancia e investigación en el bosque.

4.2.1.7. Madereros

Son personas dedicadas a cortar árboles maderables comerciales, al realizar esta actividad van abriendo caminos y esto permite el acceso a invasores o colonizadores en el bosque.

Todos estos factores amenazan principalmente al clima global, la flora y la fauna ocasionando daños irreversibles a nuestro medio ambiente, pero también a las industrias de ecoturismo.

4.2.2. DIAGRAMA CAUSAL

Antes de diseñar el diagrama causal realizamos relaciones que nos ayuden a la elaboración del diagrama de Forrester.

Incentivos para la deforestación

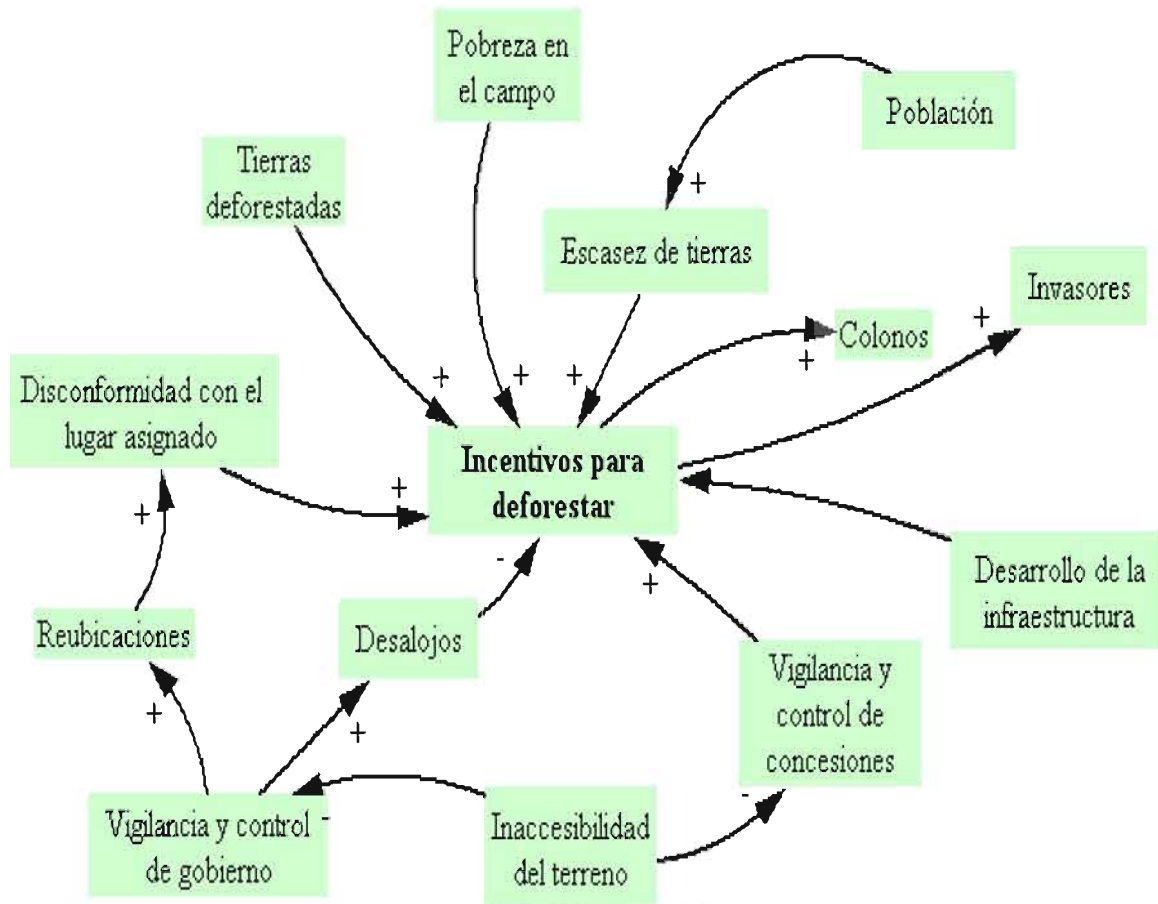


Figura 4.1. Diagrama causal incentivos para deforestar
Fuente: Elaboración propia

Existen muchas causas para las invasiones en el parque como las siguientes:

- ✓ Pobreza en el campo; hace que el campesino se vea forzado a buscar otras vías de sustento

- ✓ Escasez de tierras: esto resulta del aumento de la población, estos se sienten atraídos por la posibilidad de obtener tierras de una manera fácil, donde pueden establecer un sistema de agricultura de subsistencia sin tener que aportar grandes sumas de capital.
- ✓ Existencia de tierras deforestadas sin uso: cuando los colonos observan que existe un terreno sin uso determinado o que prácticamente ha sido abandonado, ellos toman posesión del mismo y comienzan sus actividades en dicho lugar, por ende, la existencia de "tierras deforestadas sin uso" es un "incentivo para la deforestación".
- ✓ Precio de la madera: los colonos e invasores saben de los diversos tipos de madera comerciales de los cuales obtiene más beneficios económicos.
- ✓ Inaccesibilidad del terreno: es muy importante dentro este problema de la deforestación, en un principio la zona del parque era muy poco habitada debido a que era muy difícil el acceso a la misma, pero en la actualidad con el desarrollo de carreteras e infraestructura abrió paso a los invasores.
- ✓ Vigilancia de gobierno; la vigilancia y el control no son suficientes para evitar las explotaciones ilegales en el parque.
- ✓ Desalojos: otra de las medidas que asumió el Gobierno fue los "desalojos". Obviamente, a medida en que éstos aumentaban, disminuían los incentivos para deforestar.
- ✓ Reubicaciones: Fueron usadas por el Gobierno para solventar la situación, pero a medida en que crecía el número de reubicaciones, disminuían los terrenos cercanos al área y disminuían las posibilidades económicas y ecológicas de los nuevos lugares. Todo ello creó un ambiente de "disconformidad con el lugar asignado" y por eso aumentaron los incentivos por volver a invadir la reserva con la esperanza de no ser descubiertos rápidamente.

Se sabe que la dinámica de un sistema está controlada por los ciclos de retroalimentación, se determinó algunos ciclos importantes para la construcción del modelo de simulación que se muestran a continuación:

Ciclo 1: Es un lazo de realimentación positiva. Al aumentar el número de colonos, aumenta el número de invasores en el Parque. A medida en que se incrementa el número de invasores, aumenta la expansión agrícola y ganadera en el parque, lo cual ocasiona un incremento en el índice de mal manejo de las tierras. Cuando las tierras tienen un mal manejo, se presenta una disminución en la productividad agrícola lo cual se convierte en un incentivo para la deforestación. A medida en que existen más incentivos para invadir, mayor será el número de colonos que lleguen al parque.

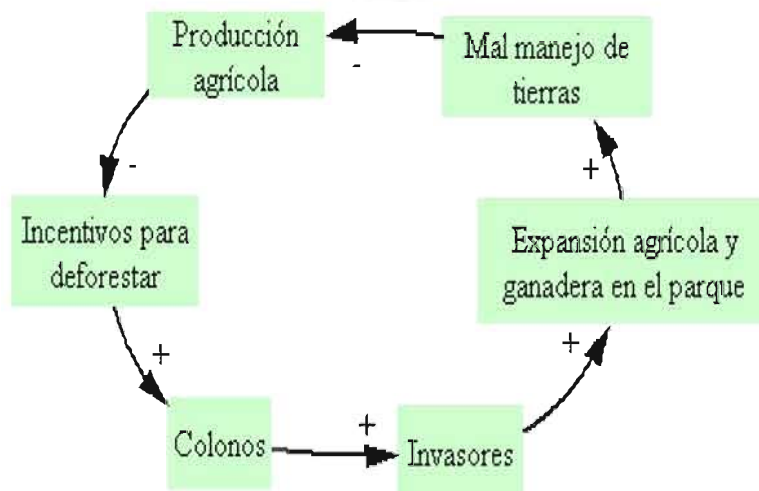


Figura 4.2. Diagrama causal 1
Fuente: Elaboración propia

Ciclo 2: Este es un lazo de realimentación negativa. Si la vigilancia y el control del Gobierno aumentan, se incrementa el número de desalojos, lo que inmediatamente genera nuevos problemas en el parque que obstaculizan la vigilancia y el control del Gobierno

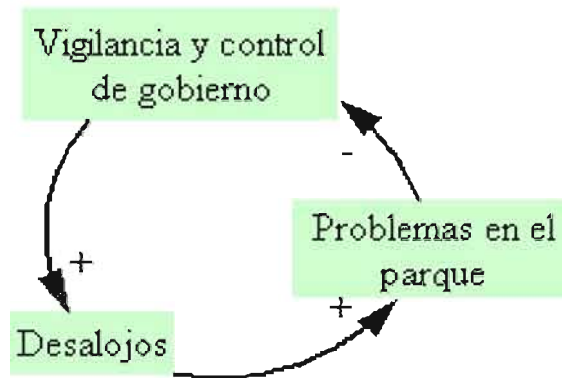


Figura 4.3. Diagrama causal 2
Fuente: Elaboración propia

Ciclo 3: Es un lazo de realimentación negativa. Si aumenta la vigilancia y el control del Gobierno, se incrementa el número de reubicaciones. Pero mientras más reubicaciones, mayor es la disconformidad que tendrán los invasores por el lugar asignado, porque estos lugares son más lejanos al original y con condiciones ecológicas y económicas inferiores. Cuando aumenta la disconformidad, se generan más problemas en el parque que dificultan la vigilancia y el control del Gobierno en la zona.



Figura 4.4. Diagrama causal 3
Fuente: Elaboración propia

Ciclo 4: Es un lazo de realimentación positiva. Cuando la producción agrícola disminuye, se generan expansiones de los invasores. Obviamente se incrementa la expansión agrícola y ganadera en el parque, conduciendo a un mal manejo de tierras que generará nuevamente una disminución en la producción agrícola.

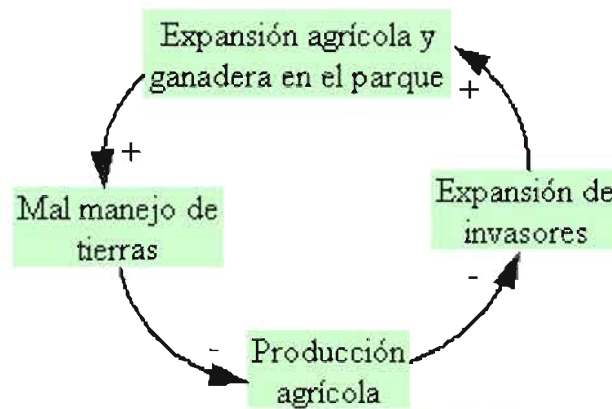


Figura 4.5. Diagrama causal 4
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama causal de incentivos para deforestar se observó anteriormente se observó las causas para el incentivo, ahora a continuación vemos el manejo de tierras en el Parque Madidi y se representa de la siguiente manera:

Manejo de tierras

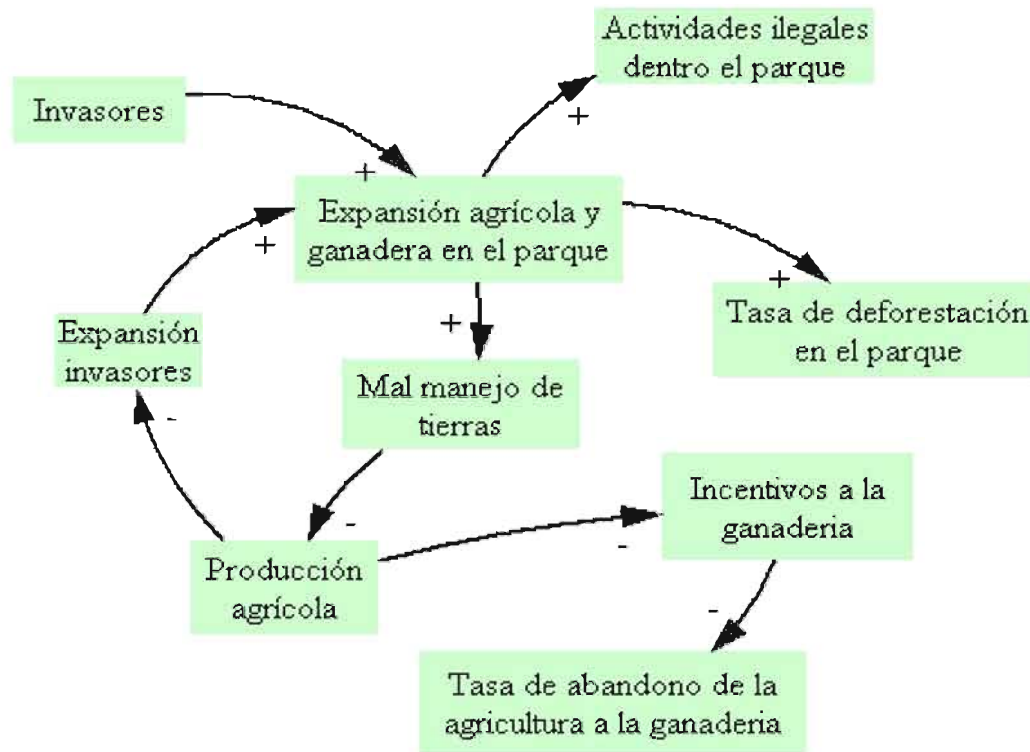


Figura 4.6. Diagrama causal del manejo de tierras
Fuente: Elaboración propia

- ✓ Actividades ilegales dentro el Parque; los colonos al expandirse dentro el parque no solo se dedican a la agricultura o ganadería, sino también a la explotación ilegal de los diversos recursos naturales con los que cuenta el parque.
- ✓ Expansión invasores; es el total de hectáreas que los invasores utilizan anualmente, si la producción agrícola aumenta entonces estas expansiones disminuirían.
- ✓ Expansión agrícola y ganadera; los colonos rompen los límites con el parque esto por querer más terrenos o por que sus tierras ya no son provechosas.

- ✓ Producción agrícola; la producción agrícola es uno de los atractivos de la zona, pero debido al mal manejo de las tierras la cubierta forestal disminuye y esto provoca la erosión de los suelos.
- ✓ Mal manejo de tierras; si existen mas expansiones de ganaderos y agricultores en el parque entonces esto producirá un mal manejo de tierras que afectará a la producción agrícola.
- ✓ Invasores; estas personas entran en el parque para realizar explotaciones ilegales, estos no solo pueden ser bolivianos sino también peruanos. También afectan a las expansiones de la ganadería y la agricultura.
- ✓ Incentivos a la ganadería; con el mal manejo de tierras existe una disminución en la producción agrícola y esto causa que los incentivos de la ganadería suban.

A continuación observamos el diagrama causal de la deforestación:

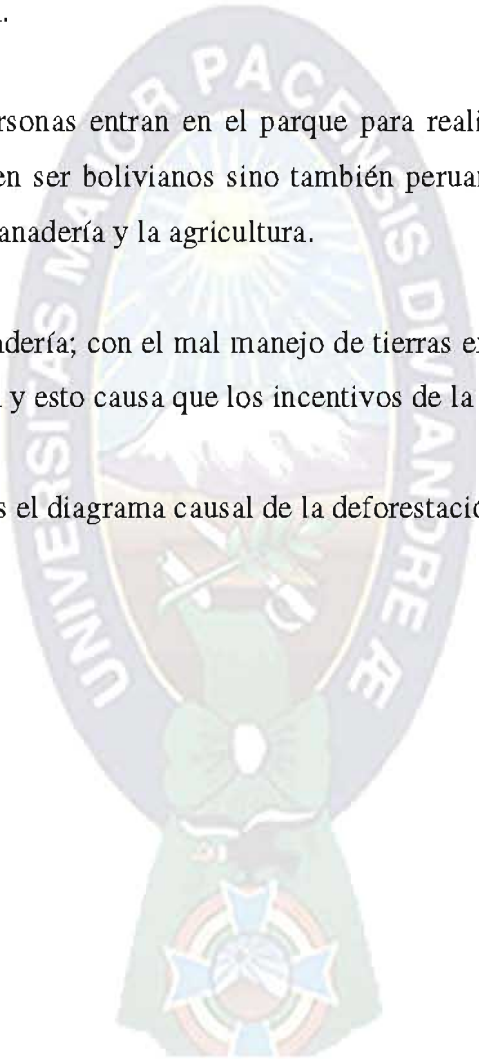


Diagrama causal de la deforestación del Parque Madidi

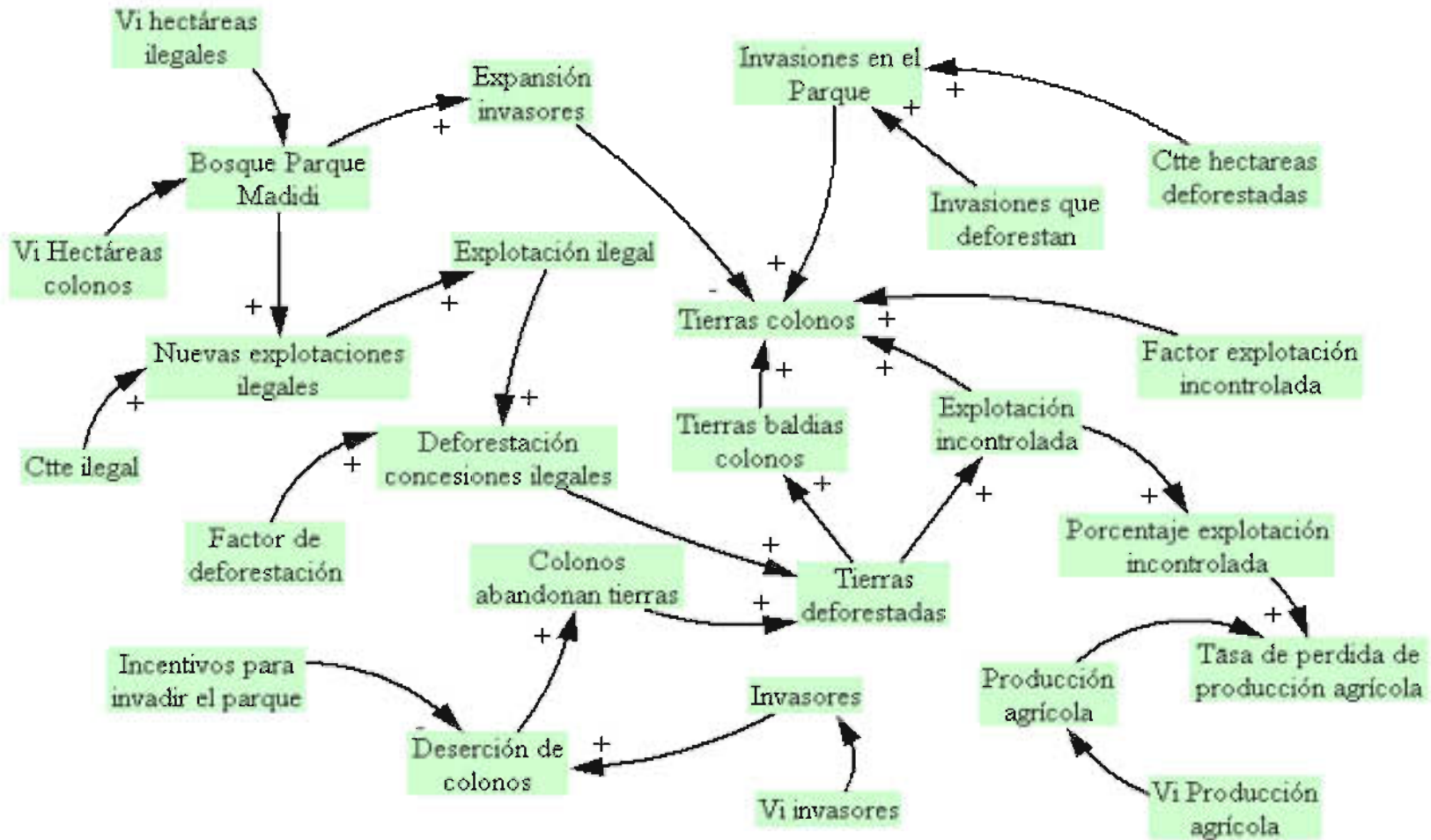


Figura 4.7. Diagrama causal deforestación Parque Madidi
Fuente: Elaboración propia

4.2.3. CODIGO DE VARIABLES

Las variables encontradas en el diagrama causal de la deforestación del Parque Madidi se explican en la tabla siguiente de códigos y variables:

Tabla.4.1. Código de variables

NRO	CLASE	SIMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES
1	Nivel	EILE	Explotaciones ilegales	Hectáreas
2	Nivel	BPM	Bosque Parque Madidi	Hectáreas
3	Nivel	INV	Invasores	Personas
4	Nivel	PAGR	Producción agrícola	Hectáreas
5	Nivel	TDEF	Tierras deforestadas	Hectáreas
6	Nivel	TCOL	Tierras colonos	Hectáreas
7	Flujo	EINV	Expansión invasores	Hectáreas
8	Flujo	NEI	Nuevas explotaciones ilegales	Hectáreas
9	Flujo	DCI	Deforestación conseciones ilegales	Hectáreas
10	Flujo	CAT	Colonos abandonan tierras	Hectáreas
11	Flujo	DCOL	Deserción de colonos	Personas
12	Flujo	INVP	Invasores en el parque	Hectáreas
13	Flujo	TBCOL	Tierras baldías colonos	Hectáreas
14	Flujo	TPPA	Tasa de pérdida producción agrícola	Porcentaje
15	Auxiliar	FDEF	Factor de deforestación	Porcentaje
16	Auxiliar	PEI	Porcentaje explotación incontrolada	Porcentaje
17	Auxiliar	EI	Explotación incontrolada	Hectáreas
18	Auxiliar	FEI	Factor explotación incontrolada	Porcentaje
19	Auxiliar	INVD	Invasores que deforestan	Personas
20	Parámetro	CILE	Ctte ilegal	Hectáreas
21	Parámetro	CHDE	Ctte hectáreas deforestadas	Hectáreas
22	Parámetro	CDCOL	Ctte deforestación colonos	Personas

23	Parámetro	VIHILE	Vi hectáreas ilegales	Hectáreas
24	Parámetro	VIPA	Vi de producción agrícola	Porcentaje
25	Parámetro	VIINV	Vi invasores	Personas

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. MODELO DINÁMICO DIAGRAMA DE FORRESTER

Una vez concluido el diagrama de Forrester se procede al desarrollo del sistema de ecuaciones

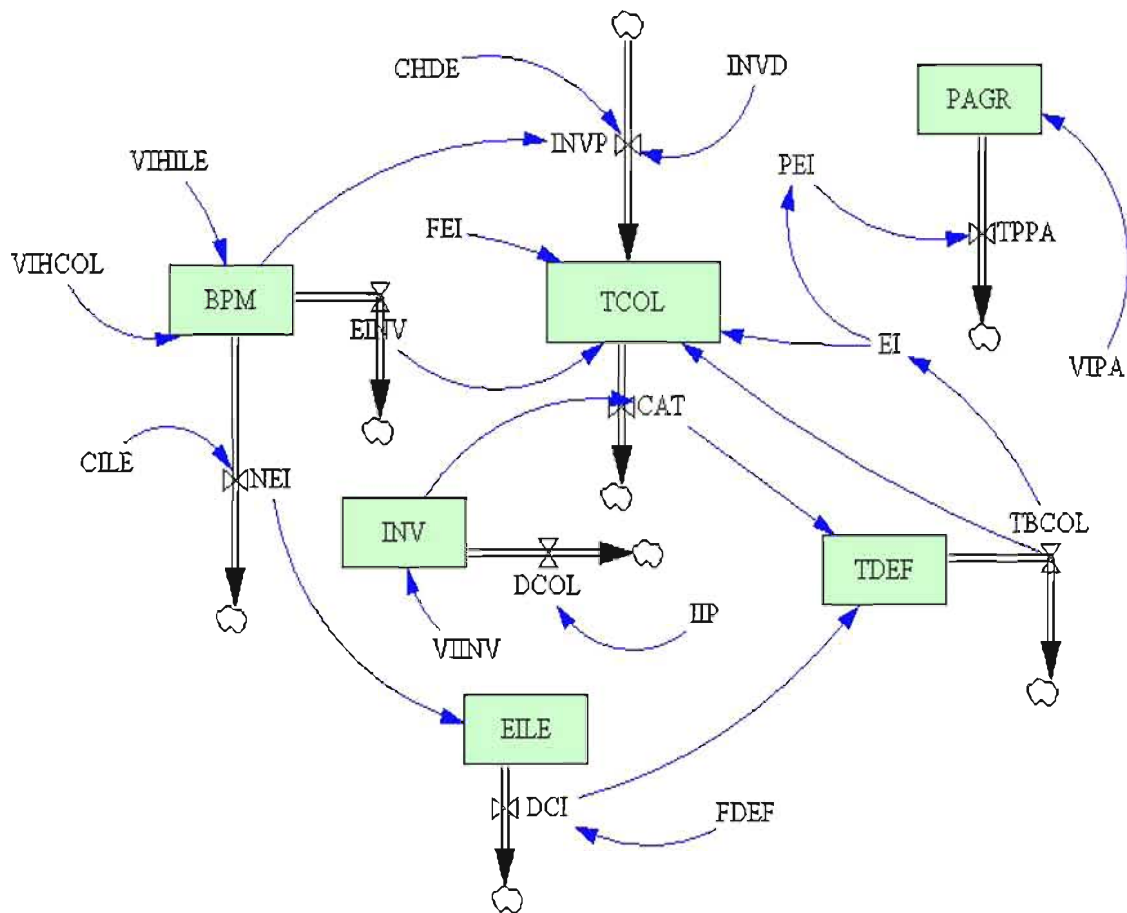


Figura 4.5. Diagrama de Forrester deforestación Parque Madidi
Fuente: Elaboración propia

4.2.5. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE ECUACIONES

Después de realizar el análisis de la investigación y que nos proporciona el Diagrama de Forrester se desarrolla el sistema de ecuaciones.

4.2.5.1. Ecuaciones de Nivel

Bosque Parque Madidi:

$$BPM/dt = BPM + dt*(-NEI - INVP - EINV)$$

$$d BPM/dt = BPM - dt(NEI) - dt*(INVP)- dt*(EINV)$$

$$BPM(1+ \Delta t) = BPM(t) + \Delta t[-NEI(t) - INVP(t) - EINV(t)]$$

Derivando tenemos: que BPM en el instante t es igual a BPM con su valor inicial menos los flujos de salida (NEI, INVP, EINV).

Tierras Colonos

$$d TCOL/dt = TCOL + dt*(INVP + EINV + TBOL - CAT)$$

$$d TCOL/dt = TCOL + dt*(INVP) + dt*(EINV) + dt*(TBCOL) - dt*(CAT)$$

$$TCOL(1+\Delta t) = TCOL(t) + \Delta t[INVP(t) + EINV(t) + TBCOL(t) - CAT(t)]$$

Derivando tenemos: que TCOL en el instante t es igual a TCOL con su valor inicial mas los flujos de entrada (INVP, EINV, TBCOL) y menos el flujo de salida (CAT).

Explotaciones ilegales

$$d EILE/dt = EILE + dt*(NEI - DCI)$$

$$d EILEdt = EILE + dt*(NEI) - dt*(DCI)$$

$$EILE(1+\Delta t) = EILE(t) + \Delta t[NEI(t) - DCI(t)]$$

Derivando tenemos: que EILE en el instante t es igual a EILE con su valor inicial mas el flujo entrada NEI y menos el flujo de salida DCI.

Producción agrícola

$$d \text{PAGR}/dt = \text{PAGR} + dt*(-\text{TPPA})$$

$$d \text{PAGR}/dt = \text{PAGR} - dt*(\text{TPPA})$$

$$\text{PAGR}(1+\Delta t) = \text{PAGR}(t) - \Delta t[\text{TPPA}(t)]$$

Derivando tenemos: que PAGR en el instante t es igual a PAGR con su valor inicial menos el flujo de salida TPPA.

Invasores

$$d \text{INV}/dt = \text{INV} + dt*(-\text{CAT} + \text{DCOL})$$

$$d \text{INV}/dt = \text{INV} - dt*(\text{CAT}) - dt*(\text{DCOL})$$

$$\text{INV}(1+\Delta t) = \text{INV}(t) - \Delta t[\text{CAT}(t) - \text{DCOL}(t)]$$

Derivando tenemos: que INV en el instante t es igual a INV con su valor inicial menos los flujos de salida (CAT, DCOL).

Tierras deforestadas

$$d \text{TDEF}/dt = \text{TDEF} + dt*(\text{CAT} + \text{DCI} - \text{TBCOL})$$

$$d \text{TDEF}/dt = \text{TDEF} + dt*(\text{CAT}) + dt*(\text{DCI}) - dt*(\text{TBCOL})$$

$$\text{TDEF}(1+\Delta t) = \text{TDEF}(t) + \Delta t[\text{CAT}(t) + \text{DCI}(t) - \text{TBCOL}(t)]$$

Derivando tenemos: que TDEF en el instante t es igual a TDEF con su valor inicial mas los flujos de entrada (CAT, DCI) y menos el flujo de salida TBCOL.

4.2.5.2. Ecuaciones de flujo

- ✓ **Nuevas explotaciones ilegales:** $\text{NEI}(t) = \text{BPM}(t) * \text{CILE}(t)$
- ✓ **Expansión invasores:** $\text{EINV}(t) = \text{BPM}(t)$
- ✓ **Invasores en el parque:** $\text{INVP}(t) = \text{BPM}(t) * \text{INVD}(t) * \text{CHDE}(t)$
- ✓ **Colonos abandonan tierras:** $\text{CAT}(t) = \text{TCOL}(t) * \text{INV}(t)$

- ✓ **Deserción colonos:** $DCOL(t) = INV(t)$
- ✓ **Deforestación conseciones ilegal:** $DCI(t) = EILE(t) * FDEF(t)$
- ✓ **Tierras baldías colonos:** $TBCOL(t) = TDEF(t)$
- ✓ **Tasa de pérdida de producción agrícola:** $TPPA(t) = PARG(t) * PEI(t)$

4.2.5.3. Ecuaciones auxiliares:

Porcentaje explotación incontrolada: $PEI = EI / 1277075$

Explotación incontrolada: $EI = (EILE + TCOL) * FEI$

Invasores que deforestan: $INVD = CDCOL + CDINV$

Ctte deforestación colonos: $CDCOL = BPM * CHDE$

4.3. MODELO MATEMÁTICO

4.3.1. Modelo con ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs)

Es la técnica más interesante de simulación de sistemas dinámicos con ordenador, aplicándose en aquellas situaciones en las que es posible encontrar una o mas ecuaciones para la tasa de cambio de un sistema. Una ecuación diferencial ordinaria es una ecuación que relaciona los valores de una función y sus derivadas con una única variable independiente.

$$F(x', x'', \dots, x^n, t) = 0$$

Donde n es el orden de la ecuación diferencial, es el grado de la diferencial, se obtiene a partir de:

$$x(t + \Delta t) = f[x(t), t, \Delta t]$$

considerando que Δt es $f[x(t),t]$. Δt , tendremos que:

$$x(t) + f[x(t),t] \Delta t$$

4.3.2. Método de la transformada inversa

El método de la inversa utiliza una distribución acumulada $F(x)$ de la distribución que se va a simular. Puesto que $F(x)$ esta definida en el intervalo $(0; 1)$, se puede generar un número aleatorio uniforme R y tratar de determinar el valor de la variable aleatoria para la cual su distribución acumulada es igual a R , es decir, el valor simulado de la variable aleatoria que sigue una distribución de probabilidad $f(x)$, se determina al resolver a siguiente ecuación (gráfica):

$$F(x) = R \text{ ó } x = F^{-1}(R)$$

La dificultad es que descansa en el hecho de que algunas ocasiones es difícil encontrar la transformada inversa. Sin embargo, Si esta función inversa ya ha sido establecida, generando números aleatorios uniformes se podrá obtener valores de la variable aleatoria que sigan la distribución de probabilidad deseada.

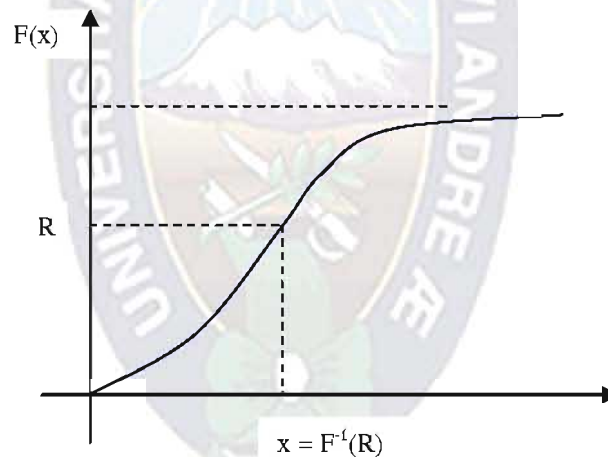


Figura 4.9. Forma gráfica del método de la transformada inversa

CAPITULO V

SISTEMA DE SIMULACIÓN Y PRUEBAS

“Quien aprende y aprende y no pone en práctica lo que sabe, es como el que ara y ara y nunca siembra, nunca cosecha”.

Platón.



CAPITULO V

SISTEMA DE SIMULACIÓN Y PRUEBAS

5.1. ENTORNO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

El Software fue diseñado bajo el siguiente entorno lo cual es un requisito para su mejor funcionamiento

- ✓ **Plataforma software:** Se ha construido el sistema en el entorno Windows XP y se ha utilizado el lenguaje de programación Java, que ofrece una interfaz de diseño.
- ✓ **Plataforma Hardware:** El computador es una Pentium IV, memoria 512MB, Disco duro 80GB, tarjeta de video 128 MB y una impresora a colores HP Deskjet 3940.
- ✓ **Filosofía del diseño:** El diseño esta basado en tener una interacción sencilla con el usuario, donde el usuario solo debe tener un conocimiento básico del manejo de un computador.
- ✓ **Requerimientos de Software:** Para obtener un mejor rendimiento del programa es aconsejable cumplir con los siguientes requisitos:
 - Computador Pentium III o superiores.
 - Disco duro de 80 GB.
 - Memoria 512 MB.
 - Tarjeta de video 128 MB.
 - Windows 98 o superiores, Linux
 - Java 2 o versiones superiores.
 - Monitor VGA, Mouse.

5.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN

Los modelos descritos en el anterior capítulo se ponen a prueba con al simulación, el sistema incluye gráficos de simulación, fotografías, tablas.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA PANTALLA PRINCIPAL

En este capítulo se describirá el funcionamiento del sistema y los resultados que se van a obtener después de la simulación:

5.3.1. Pantalla inicio

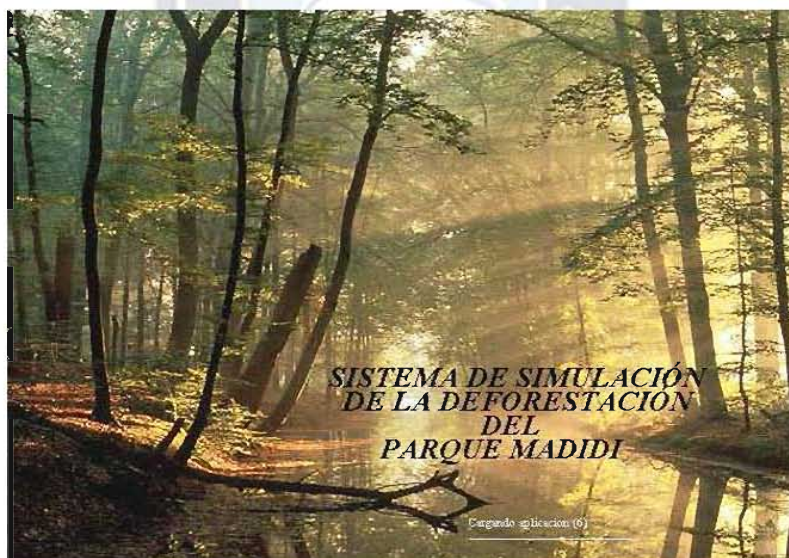


Figura 5.1. Inicio Sistema de Simulación

5.3.2. Pantalla principal

En esta pantalla tenemos las opciones del sistema como se puede ver: ejecutar Simulación, generar tabla, imágenes, ayuda y salir del programa. En los siguientes puntos se detallara la función de cada opción.



Figura 5.2. Pantalla principal del sistema

5.3.2.1. Opción Ejecutar Simulación

En esta opción se realiza la simulación de la deforestación del Parque Madidi. En esta simulación podemos variar los años, las hectáreas de invasores, las hectáreas de colonos, las hectáreas explotadas ilegalmente y la constante de hectáreas deforestadas. Como ejemplo variamos los años en 50 y observaremos el comportamiento de la curva del bosque del Parque Madidi (Anexo 4).

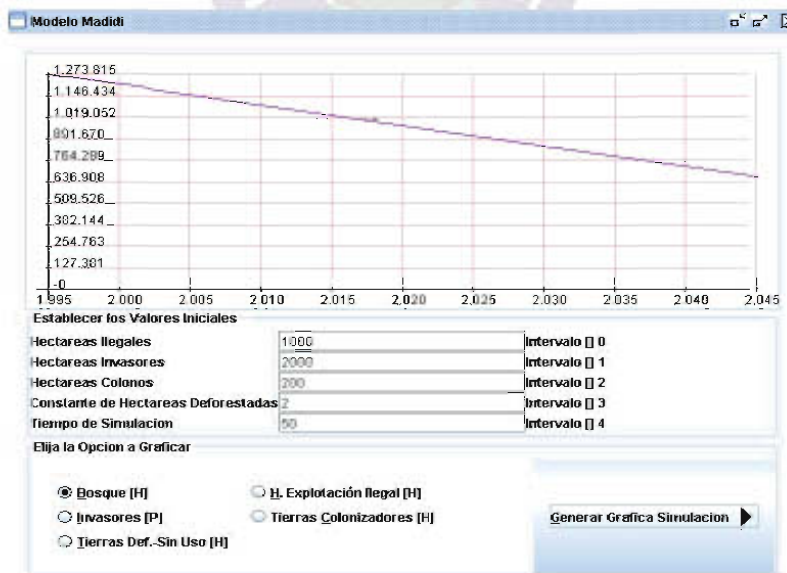


Figura 5.3. Gráfica hectáreas deforestadas

Descripción gráfica de hectáreas deforestadas: Esta gráfica muestra como en 50 años el área boscosa del Parque Madidi reduce.

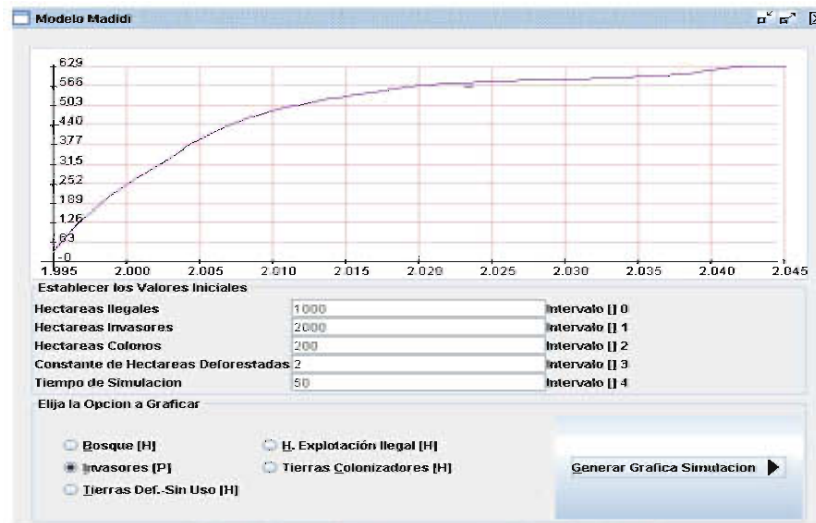


Figura 5.4. Gráfica invasores en el parque

Descripción gráfica de invasores: Esta gráfica muestra cómo en 50 años los invasores seguirán ingresando al Parque Madidi, los invasores son una de las principales causas de la deforestación.

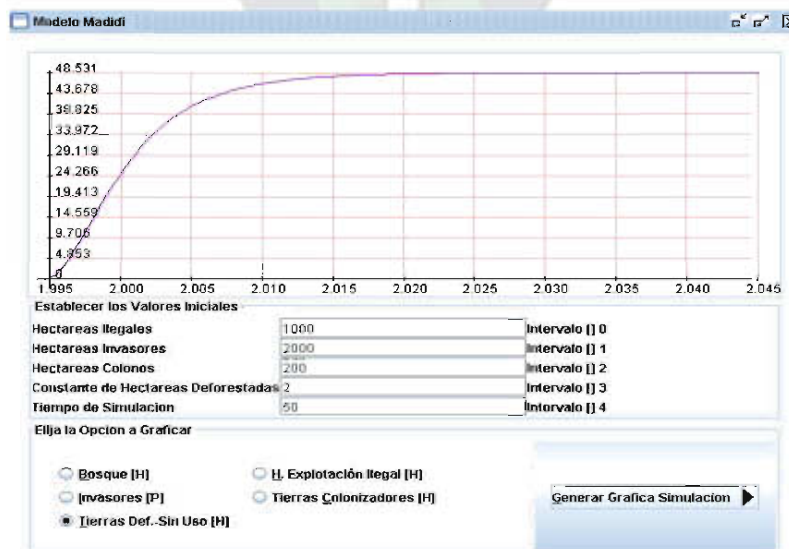


Figura 5.5. Gráfica tierras deforestadas y sin uso

Descripción de gráfica de tierras deforestadas y sin uso: Esta gráfica muestra cómo en 50 años las tierras deforestadas aumentarían esto debido a las explotaciones ilegales y al mal manejo de las tierras.

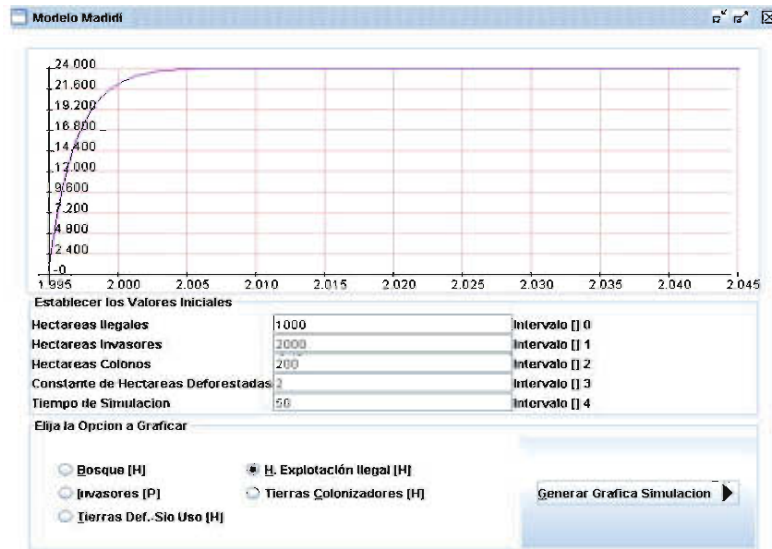


Figura 5.6. Gráfica explotación ilegal

Descripción de gráfica explotación ilegal: Esta gráfica muestra cómo en 50 años la explotación ilegal continuará.

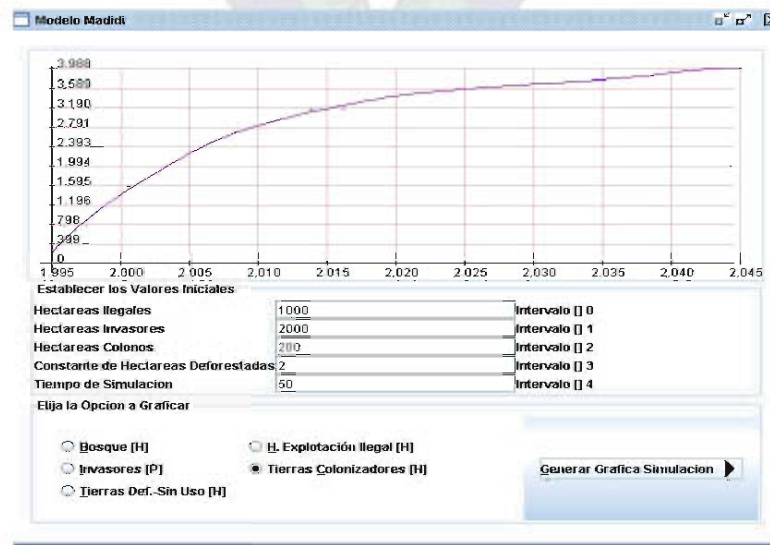


Figura 5.7. Gráfica tierras Colonos

Descripción gráfica de tierras colonos: Esta gráfica muestra cómo en 50 años las tierras de los colonos invasores seguirán ingresando al Parque Madidi, los invasores son una de las principales causas de la deforestación.

5.3.2.2. Opción Generar Tabla

Aquí se muestran los valores que se obtuvieron de la simulación anterior: se muestran las tablas de bosque y explotaciones ilegales.

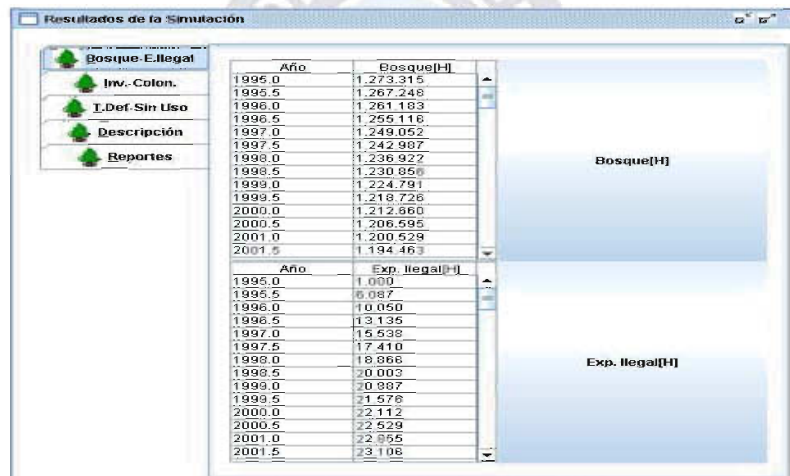


Figura 5.8. Tabla de bosque en el parque y explotación ilegal

Aquí se muestran las tablas de invasores y hectáreas de tierras de colonizadores

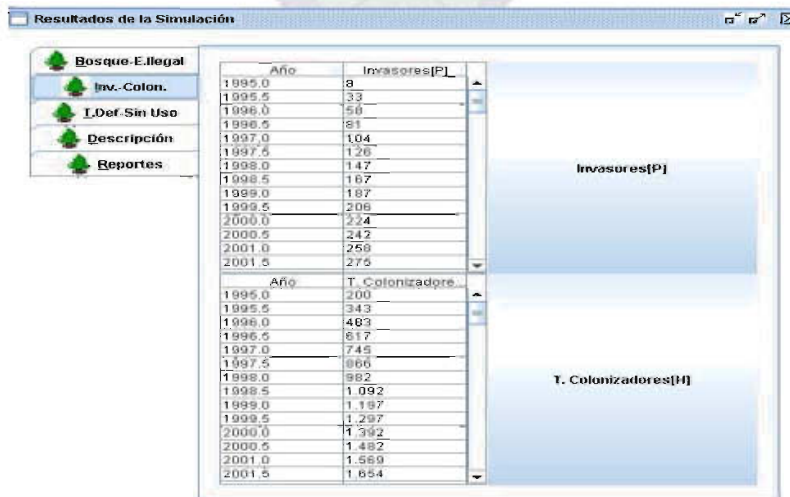


Figura 5.9. Tabla de invasores y tierras de colonizadores

Aquí se muestra la tabla de tierras deforestadas y sin uso

Año	T. Def-Sin Uso[H]
1995.0	60
1995.5	851
1996.0	2.606
1996.5	4.982
1997.0	7.726
1997.5	10.651
1998.0	13.626
1998.5	16.559
1999.0	19.387
1999.5	22.071
2000.0	24.587
2000.5	26.923
2001.0	29.075
2001.5	31.044
2002.0	32.834
2002.5	34.455
2003.0	35.820
2003.5	37.240
2004.0	38.427
2004.5	39.492
2005.0	40.447
2005.5	41.303
2006.0	42.068
2006.5	42.752
2007.0	43.363
2007.5	43.908
2008.0	44.396
2008.5	44.831
2009.0	45.219
2009.5	45.565

Figura 5.10. Tabla de tierras deforestadas

Una vez obtenidos los resultados de las se realiza una descripción final de la simulación

En el año *2045* el bosque se reducirá en:
 *696450 * Hectáreas.
 La Cantidad de Hectareas Deforestadas y sin uso
 será: *48531*.
 La Cantidad de Hectareas ocupadas por los Invasores
 será: *764*.
 La Cantidad de Hectareas ocupadas por los Colonizadores
 será: *3988*.

Figura 5.11. Descripción de la simulación

Al finalizar la simulación y después de realizar la descripción de las tablas podemos sacar un reporte.

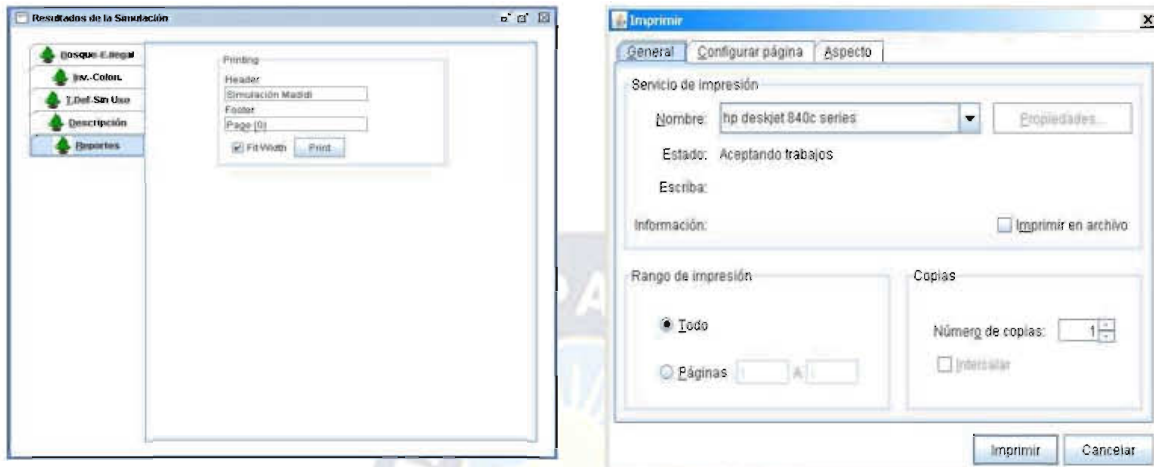


Figura 5.12. Reportes

5.3.2.3. Opción imágenes

Dentro esta opción podemos ver una selección de fotografías del Parque Madidi, desde los bosques, su flora, su clima, algunos mapas, etc.

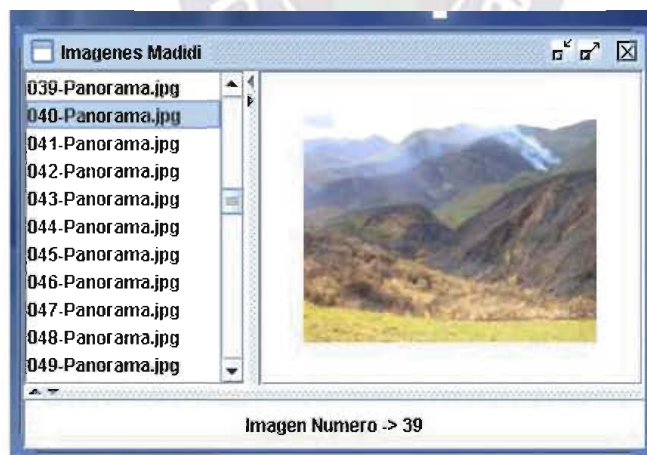


Figura 5.13. Galería de fotografías

5.3.2.4. Opción de ayuda

En esta opción encontramos definiciones, ayuda para el manejo del sistema de simulación y un glosario.

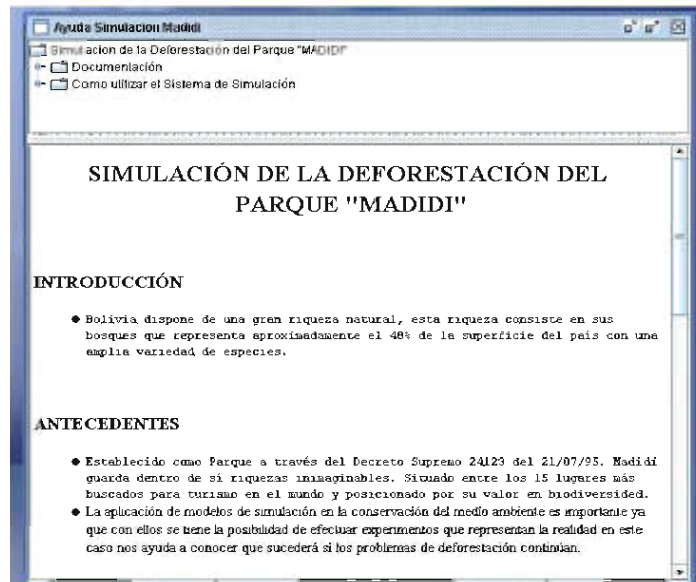


Figura 5.14. Ayuda

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“No preguntes que puede hacer nuestro país por nosotros. ¡Pregunta que podemos hacer nosotros por nuestro país ”.

Platón.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En función a los objetivos propuestos para esta tesis de grado, se ha cumplido con los mismos, modelando y diseñando el sistema de acuerdo a las herramientas establecidas.
- También podemos concluir que se comprueba la hipótesis propuesta
- En el programa de simulación se observa el comportamiento de los factores que intervienen en la deforestación del Parque.
- Los resultados que se observan en el programa nos muestra que el Parque Madidi con el pasar de los años tenga una gran pérdida de sus áreas boscosas esto debido a que sus los factores de deforestación vayan aumentando.
- Con la investigación realizada promueve la educación ambiental, toma de conciencia, conservar la biodiversidad de nuestros bosques

RECOMENDACIONES

- Es importante recordar que este modelo se considero para el Parque Madidi y solo se tomo en cuenta los factores sociales que intervienen en la deforestación, para posteriores trabajos se recomienda tomar otros factores que intervienen en la deforestación.
- Se recomienda utilizar temas referidos al medio ambiente para realizar modelos de simulación que es importante para difundir todo tipo de información, así también para crear una conciencia para preservar las riquezas naturales que están

siendo destruidas por la codicia, la falta de interés y porque no se tiene una buena planificación.

- El modelo usa en algunos casos datos subjetivos, ya que no se pudo conseguir la información requerida. Algunos de estos parámetros son muy sensibles a cambios. Por eso, es necesario en el futuro tratar de conseguir valores más exactos.
- La validación del modelo se realizó usando los datos históricos que se pudieron conseguir



The logo of Universitas Major Pacensis Divi Sidre Aë is an oval emblem. The top half features a sun with rays over a mountain range. The bottom half shows a green ribbon with a white cross and a blue cross. The text 'UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI SIDRE AË' is written around the oval.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allgoewer, K. (2003). "Propuesta de plan de desarrollo turístico para la RB-TCO Pílon Lajas". Por encargo de Agroecología Sierra y Selva y Conservación Internacional.
- Apaza T., M. A., Osorio, F., Pastrana, A. (2006). "Evaluación del grado de amenaza al hábitat a través de bioindicadores (Lepidóptera) en dos comunidades dentro del área de influencia del PN ANMI Madidi. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*.
- Aracil, Javier. (1986). "Dinámica de sistemas", Madrid España: Alianza Editorial S.A.
- Barron, Antonio. "Vensim, ejemplo descriptivo de las posibilidades del programa de simulación, con el disquete de demostración, ".
- CI. 2000. Análisis de amenazas al Parque Nacional Madidi y área de influencia. Conservación Internacional - Proyecto Biodiversidad y Desarrollo Regional (BiRD).
- Coos, Raúl. (2000). "Simulación un enfoque práctico". Mexico; Noriega Editores.
- Fundación Simon Patiño, (2001). "Ecología y conservación Ambiental". Bolivia.
- INE. (1992). Mapa de pobreza de Bolivia. Instituto Nacional de Estadísticas. La Paz, Bolivia.
- Kessler, M. (1993). "Biogeography and Endemism. En Biological survey and conservation assessment of inter-andean dry tropical forest of the central Río Tuichi valley, proposed Madidi National Park", La Paz department, Bolivia.
- Lahoz, Rafael. (2004). "Bioinformática Simulación, vida artificial e inteligencia artificial". España; Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Murdick, Robert. (1998), "Sistemas de información Administrativa". México; 2 edición Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.
- Puña, Mireya. "Modelo de simulación para el comportamiento caótico del Guacamayo azul en Bolivia". Bolivia; Biblioteca UMSA.
- Rivera, J. (2003). "Programa de turismo del PN-ANMI Madidi y su área de influencia".
- Senn, James. (1992). "Análisis y Diseño de Sistemas de Información". México; 2° edición, MACGRAW-HILL Interamericana de Mexico S.A.
- SERNAP. (2001). "Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia". Bolivia; 2° Edición.

- Taylor, (1989). "Análisis y simulación de sistemas industriales". Madrid; Editorial Limusa.
- UDAPE, (1975). "Seminarios de los modelos econométricos"; Bolivia.
- USAID. (2006). "Aumenta el uso de madera de plantaciones forestales en América Latina y el Caribe. Persiste una alta tasa de deforestación". Italia; FAO.
- WCS. (2002). "Prioridades y acciones para la conservación a nivel paisaje - El complejo Madidi-Apolobamba-Pilón Lajas-Tacana". Primera edición. 79 pp
- Wildlife Conservation Society. (2003). "Plan de Manejo del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi". Con apoyo de La Comunidad Europea.
- Yañez, Fernando. "Dinámica de Sistemas, Módulo". Bolivia.
- Yañez, Fernando. "Simulación discreta de sistemas, Modulo". Bolivia.
- Yourdon, Edward. (1993). "Análisis Estructurado Moderno". México; 2° edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Fundación Simon Patiño, (2001). "Ecología y conservación Ambiental". Bolivia.
- Biblioteca de Consulta Encarta 2005.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Fundación expedición Madidi

<http://www.wrm.org.uy>

Fundación amigos de la naturaleza (Fan – Bolivia)

<http://www.fan-bo.org/>

Viceministerio de Turismo, Director del Servicio Nacional de Áreas Protegidas

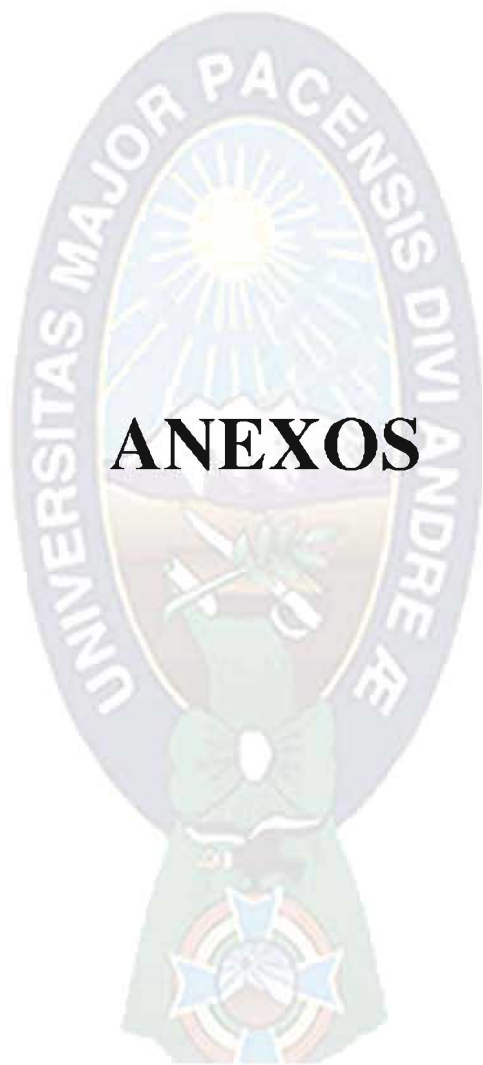
<http://www.medioambiente.gov.ar/>

<http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>

Wildlife Conservation Society

<http://www.wcs.org/>





ANEXOS

ANEXO 1

ÁREAS DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

A nivel nacional, se han implementado más de 66 Áreas Protegidas, tanto de interés nacional, departamental y municipal, las cuales cuentan con normativa legal vigente. De esta se han identificado como de interés nacional 20 Áreas Protegidas, y que se encuentran a cargo del Servicio Nacional de Áreas (SERNAP) y conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

AREAS PROTEGIDAS	CATEGORÍA	UBICACIÓN	EXTENSIÓN Hectáreas
Madidi	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado	Noroeste del Departamento de La Paz	1895750
KAA-IYA del Gran Chaco	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado	Región Sur del Departamento de Santa Cruz	3441115
Amboró	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado	Región Sub andina, Oeste del Departamento de Santa Cruz	637600
Noel Kempff Mercado	Parque Nacional	Nordeste del Departamento de Santa Cruz	1523446
Parque Nacional Carrasco	Parque Nacional y Santuario	Al Este del Departamento de Cochabamba	622600
Estación Biológica del Beni	Reserva de Biosfera (Equivalente a Área Natural de Manejo Integrado)	Sudoeste del Departamento del Beni	135000
Apolobamba	Área Natural de Manejo Integrado	Extremo Oeste del Departamento de La Paz	483743.8

Eduardo Avaroa	Reserva de Fauna	Extremo Sur del Departamento de Potosí	714745
Sajama	Parque Nacional	Noroeste del Departamento de Oruro	100230
Cotapata	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado	Noroeste de la ciudad de La Paz	40000
Isiboro Sécore	Parque Nacional y Tierra Comunitaria de Origen	Se encuentra entre los departamentos de Beni y Cochabamba	1200000
Pilón Lajas	Reserva de la Biosfera equivalente Área Natural de Manejo Integrado y Tierra Comunitaria de Origen	Suroeste del Departamento del Beni y este del departamento de La Paz	400000
Taríquia	Reserva Nacional de Vida Silvestre	Suroeste del departamento de Tarija	246870
Cordillera de Sama	Reserva Nacional de Vida Silvestre	Oeste del departamento de Tarija	108500
Torotoro	Parque Nacional	Norte del Departamento de Potosí	16570
Manuripi Heath	Reserva Nacional de Vida Silvestre	Sudoeste del Departamento de Pando	850000
San Matías	Área Natural de Manejo Integrado	Extremo este del Departamento de Santa Cruz	2918500
El Palmar	Área Natural de Manejo Integrado	Departamento de Chuquisaca	59484
Tunari	Parque Nacional	Valle de Cochabamba	300000
Otuquis	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado	Departamento de Santa Cruz	1005950

La ley forestal vigente indica en su primer capítulo, artículo 4^{to} que los Bosques y tierras forestales son bienes del dominio originario del Estado sometidos a competencia del gobierno nacional. El manejo sostenible y protección de los bosques y tierras forestales son de utilidad pública e interés general de la nación. Representando sus normas la tuición de orden público, de cumplimiento universal, imperativo e inexpugnable.

Ley Forestal

La nueva Ley Forestal estableció lo que se denominó “régimen forestal de la nación” que es definido como “un conjunto de normas que regulan el uso sostenible y la protección de los bosques y las tierras forestales, y el régimen legal que define los derechos para personas privadas estipulando claramente derechos y obligaciones definidos”.

POLÍTICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS ESPERADOS
1. TIPO DE DERECHOS FORESTALES		
Reservas forestales municipios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las municipalidades disponen de hasta un 20% de los bosques públicos dentro de sus jurisdicciones para ser entregados en concesiones a usuarios locales del bosque. 	Posibilitar el acceso de grupos locales a áreas forestales así como disminuir la ilegalidad puede proporcionar incentivos a extractores de pequeña escala a realizar un manejo sostenible de bosques.
Territorios indígenas (TCOS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comunidades indígenas tienen derecho exclusivo para el uso de los recursos forestales dentro de las áreas reconocidas como TCOs. ✓ Indígenas residiendo dentro de TCOs tienen derecho contraer compromisos con otros agentes económicos para explotar comercialmente sus recursos. 	Reconocimiento de territorios indígenas puede estimular la conservación de largo plazo de los recursos forestales y evitar la invasión de áreas indígenas. También puede ayudar a mejorar las condiciones de vida de las comunidades indígenas con base en ingresos originados en el aprovechamiento de recursos forestales.

Concesiones forestales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bosques públicos son asignados como concesiones forestales por un periodo de 40 años, renovables cada 5 años. ✓ Concesiones forestales son renovadas una vez conocidos los resultados de auditorias forestales realizadas para tal efectos. 	Concesiones forestales de largo plazo pueden estimular el crecimiento de la inversión en manejo forestal sostenible contribuyendo a un uso más integral del los recursos forestales.
Propietarios privados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aprovechamiento forestal es permitido en propiedades privadas. ✓ Los desmontes son permitidos en áreas clasificadas de uso agrícola y especificado como tales en los planes de ordenamiento. 	Manejo forestal en propiedades privadas puede generar ingresos adicionales para los productores, reducir los conflictos de uso de recursos y sobre todo reducir la deforestación como un medio para justificar derechos de propiedad.
2. REGULACIONES DE MANEJO		
Manejo forestal	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es obligatorio un plan de manejo forestal. Concesionarios deben reportar anualmente la implantación de sus planes cada cinco años. ✓ No es permitido el uso de motosierras. 	Los planes de manejo forestal pueden constituir un instrumento eficiente para desarrollar el manejo forestal sostenible, para incluir especies poco conocidas dentro de las operaciones de manejo y reducir los costos de la extracción.
Control y fiscalización	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inspecciones forestales a cargo de funcionarios de la Superintendencia Forestal. ✓ Privatización de puestos de control. ✓ Control forestal por ciudadanos. 	Operaciones efectivas de control forestal pueden permitir reducir la ilegalidad y la evasión de impuestos. La participación de ciudadanos puede ayudar a reducir los niveles de corrupción institucional.
3. POLÍTICAS IMPOSITIVAS		

<p>Patentes forestales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impuestos forestales son estimados con base en la superficie de la concesión (\$us 1 hectárea/año) y con base en áreas intervenidas para propietarios privados. ✓ Patentes forestales pagadas por ASLs dependen de tamaño de la concesión del área intervenida anualmente. ✓ Patentes por desmonte son equivalentes al 15% del valor de las patentes forestales. 	<p>El cambio en el sistema de impuesto de un sistema en volumen a otro de superficie permite reducir la corrupción, reducir las inspecciones, garantizar que las compañías paguen los impuestos forestales, y reducir la concentración de áreas forestales.</p>
----------------------------	--	---



ANEXO 2

FLORA Y FAUNA DEL PARQUE MADIDI

FLORA

El bosque denso, que cubre más del 80% del área, se distribuye entre los pisos montano a sub- y pedemontano, hasta ambientes aluviales, donde se encuentran hierbas y plántulas de playa, de crecimiento rápido (*Tessaria integrifolia* y *Salix humboldtiana*). En depósitos de arena existen especies como la balsa (*Ochroma pyramidale*) y el ambaibo (*Cecropia membranacea*). Entre los géneros abundantes en los bosques montanos encontramos a *Cyathea* sp., *Nectandra* sp., *Weinmannia glabra*, *Myrsine coriacea*, *Clusia* sp., *Oreopanax* sp., *Schefflera pentandra*, *Iriartea deltoidea* y *Podocarpus oleifolius*.

En otros lugares existen matorrales densos y claros xeromórficos, principalmente representados por bosquecillos de *Polylepis* en los que crecen mezclados arbustos de los géneros *Baccharis*, *Duranta*, *Mutisia* y *Satureja* y especies espinosas de los géneros *Barnadesia* y *Berberis*.

En los bosques nublados de ceja de monte, donde los árboles están totalmente cubiertos por musgos, hepáticas y líquenes, dominan las familias Podocarpaceae (*Podocarpus* sp.), Asteraceae (*Gynoxys* sp.), Brunelliaceae (*Brunellia* sp.), Chloranthaceae (*Hedyosmum* sp.), Clethraceae (*Clethra* sp.), Clusiaceae (*Clusia* sp.), Cunoniaceae (*Weinmannia* sp.), Elaeocarpaceae (*Vallea* sp.), Lauraceae (*Persea* sp., *Nectandra* sp.), Myricaceae (*Myrica* sp.), Rosaceae (*Hesperomeles* sp.), Saxifragaceae (*Escallonia* sp.), Araliaceae (*Oreopanax* sp., *Schefflera* sp.) y Verbenaceae (*Aegiphila* sp.).

Existen también unidades de vegetación formadas por especies herbáceas mezcladas con árboles, que constituyen un complejo mosaico de islas. Entre las especies de gramíneas más abundantes están *Schizachyrium condensatum*, *S. sanguineum*, *S. Tenerum* y *Trachypogon spicatus*, mezcladas con *Jacaranda cuspidifolia*, *Pseudobombax cf. longiflorum*, *Tabebuia aurea*, *Byrsonima crassifolia*, *Diospyros sp.*, *Dilodendron bipinnatum* y *Vochysia haenkeana*.

Las 120.000 ha de bosques secos de los valles de los ríos Machariapo y Tuichi, de los cuales aproximadamente el 55% se encuentra en muy buen estado de conservación, presentan un endemismo de plantas más alto que los bosques húmedos circundantes, probablemente debido a una alta especialización de hábitat, habiéndose calificado la zona como un centro de endemismo.

FAUNA

Entre las especies de mamíferos reportadas en el Parque Madidi se destacan:

- ✓ Jucumari (*Tremarctos ornatus*).
- ✓ Gato andino (*Oreailurus jacobita*).
- ✓ Puma (*Felis concolor*).
- ✓ Jaguar (*Panthera onca*).
- ✓ Tigrecillo (*Felis pardalis*).
- ✓ Taruca o Venado andino (*Hippocamelus antisensis*).
- ✓ Chanco de tropa (*Tayassu pecari*).
- ✓ Ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*).
- ✓ Londra (*Pteronura brasiliensis*).
- ✓ Dentro los monos se tienen:
 - Marimono (*Ateles paniscus*).
 - Manechi (*Alouatta seniculus*).
 - Mono silbador (*Cebus apella*).
 - Mono nocturno (*Aotus sp.*).

- Mono amarillo (*Saimiri sciureus boliviensis*).

Además de aquellos, se ha identificado una especie endémica para el país, el roedor *Akodon dayi* y una nueva especie de primate del género *Callicebus*.



ANEXO 3

ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS EN EL MADIDI

Características sociales y organización en el Parque Madidi

Según el Mapa de Pobreza de Bolivia en la Provincia Franz Tamayo aproximadamente el 96% de los hogares es clasificado como pobre y en la Provincia Iturralde el 93%.

En el interior del área protegida, sólo el 37% de las comunidades cuenta con agua potable y el 30% con letrinas. Los servicios de salud son incipientes en la mayoría de las comunidades, y las pocas postas sanitarias instaladas generalmente se encuentran en desuso debido a la falta de recursos. La mayoría de las escuelas sólo enseña primaria y los que quieren seguir estudios tienen que emigrar hacia las sedes municipales de la zona: Apolo, San Buenaventura e Ixiamas. Las precarias condiciones de vida determinan un alto porcentaje de migración (31%) hacia los centros urbanos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. De los que permanecen en el área, el 73% migra constantemente de comunidad en comunidad en búsqueda de fuentes de trabajo.

En el área de influencia, la población se divide en tres categorías sociales, cada cual con su propia organización política:

- ✓ Comunidades indígenas Lecos y Tacanas
- ✓ Campesinos originarios (que habitan la zona desde una generación o más.
- ✓ Colonos quechuas y aymaras (que han inmigrado en un período relativamente reciente).

Por ende, vale mencionar que el PN-ANMI Madidi se encuentra rodeado de TCOs y demandas de TCOs, situación que podría influir profundamente sobre el enfoque de gestión del área en un futuro mediano: al este se ubica la TCO Tacana I, titulada el 4 de julio de 2003 con una superficie de 325,327 ha y compuesta por 20 comunidades (2.914 hab.). (2.914 hab.), y en abril de 2005 se tituló la TCO San José de Uchupiamonas (totalmente incluida dentro del área, en su sector oriental), de 406 habitantes. Dentro del ANMI se encuentra la demanda de titulación de la TCO Lecos Apolo (2.303 hab.), parcialmente sobrepuesta con el área. Se encuentran otras demandas de TCOs en la zona de influencia: la TCO Lecos Larecaja, al sur (5.373 hab.) y la TCO Tacana II al noreste (675 hab.).

Actividades económicas y uso de recursos naturales

Presenta dos principales escenarios socioeconómicos, determinados tanto por los factores climáticos y condiciones edáficas de las respectivas zonas que por aspectos socioculturales:

Primer escenario socioeconómico

Al este se ubica la zona de colonización San Buenaventura-Ixiamas, a una altura promedio de 300 msnm y con niveles de pluviosidad superiores a los 2.000 mm anuales, donde en los dos últimos siglos las comunidades tacanas y luego colonas han vivido sucesivamente de la caza, recolección y agricultura, goma, venta de cueros, extracción maderera y explotación aurífera en los ríos.

La economía generada por el auge maderero ha producido nuevas necesidades en los habitantes de la zona. Con excepción de las pocas personas que se convirtieron a la actividad turística, el abandono de las actividades forestales debido a la creación del área protegida ha llevado mucha gente a establecer parcelas agrícolas con fines comerciales a lo largo de los caminos existentes. Así, debido al aumento de la demanda en el mercado regional de Rurrenabaque, la agricultura es hoy día una de las actividades económicas

más importantes en la provincia Abel Iturralde, tanto en las comunidades tacanas como en los asentamientos de colonos.

La producción agrícola se basa fundamentalmente en el sistema de roza, tumba y quema para la habilitación de áreas para cultivo de arroz, maíz, plátano, yuca y cítricos, entre otros, los mismos que están destinados a la comercialización (principalmente en los mercados de Rurrenabaque y Caranavi), además de cultivos de caña, maní, camote, frijol, galusa, locoto, ají verde, lechuga, soya y limón, destinados al consumo familiar.

Localizada principalmente en las sabanas circundantes a la localidad de Ixiamas (y en los últimos años hacia el río Undumo), la actividad ganadera relictual de la “época de las haciendas” (1917-1964), en significativo descenso desde el auge forestal, se desarrolla principalmente sobre pastizales naturales, de manera extensiva y sin sistemas apropiados de manejo (como la delimitación de campos de pastoreo, rotación de parcelas, programación de quemadas, control de la reproducción, etc.). La técnica de manejo más común es la quema periódica de pastizales.

Segundo escenario socioeconómico.

Al sur se encuentra la zona de sabanas antropogénicas de Apolo, a una altura promedio de 1.600 msnm y con precipitaciones menores a los 1.000 mm anuales, caracterizada por grandes extensiones de pastizales que cada año son quemados para la ganadería. En esta zona se concentra la mayor cantidad de comunidades del área protegida, con una población de origen principalmente quechua, y cuyas actividades son esencialmente agropecuarias de subsistencia. Se trata de una zona con mejores condiciones de suelo y un clima apto para la agricultura, pero que encuentra grandes problemas en la comercialización de sus productos. En esta zona, donde la propiedad de la tierra es comunal, con usufructo familiar de la tierra, el cultivo del maíz en las laderas está progresivamente siendo reemplazado por cultivos comerciales como coca y café. Los otros cultivos (yuca, plátano, papaya, cítricos, etc.) se producen generalmente con fines de autoconsumo.

A pesar de suelos con buen potencial para la ganadería intensiva, la producción pecuaria sigue en orden de importancia a la actividad agrícola, debido a la falta de conocimientos y de asistencia técnica, así como al difícil acceso a los mercados determinado por la deficiente infraestructura vial. La falta de un sistema de manejo de las praderas incide en una degradación sistemática de la cobertura vegetal y de los suelos en cerca de 45.000 ha del ANMI y de su zona de influencia.

a) Caza y pesca

La caza se realiza generalmente de noche usándose para ello un rifle, que generalmente poseen todas las familias. Los animales que más se cazan son: el marimono (*Ateles paniscus*), huaso (*Mazama americana*), maneche (*Alouatta seniculus*), mono silbador (*Cebus apella*), mono nocturno (*Aotus spp.*), mono amarillo (*Saimiri sciureus boliviensis*), taitetú (*Tayassu tajacu*), tatú (*Priodontes maximus*), chancho de tropa (*Tayassu pecari*), jochi pintado (*Agouti paca*), jochi colorado (*Dasyprocta punctata*), anta (*Tapirus terrestris*) y en áreas con formaciones de sabana, se captura con frecuencia el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*). Entre las aves, varias especies de pavas (*Cracidae* sp.), perdices (*Tinamidae* sp.), parabas (*Ara* sp.) y mutún son utilizadas como recursos alimenticios. La presión de caza se concentra principalmente en la zona de influencia del área protegida, con incursiones ocasionales dentro de sus límites.

Una de las especies que se captura con alta frecuencia dentro del área protegida es la tortuga terrestre (*Geochelone* sp.). Las tortugas acuáticas, o petas de río (*Podocnemis unifilis*) son capturadas con frecuencia como fuente de carne a lo largo de los ríos Heath, Madidi y Beni y sus huevos son recolectados durante la época de reproducción

La pesca es otra alternativa de subsistencia para aquellas poblaciones que se hallan próximas a los ríos. Las especies que se capturan con frecuencia son el surubí (*Pseudoplatystoma* sp.), pacú (*Colossoma macroponum*), sábalo (*Prochilodus nigricans*), belea (*Salminus maxillosus*), bentón (*Hoplias malabariscus*) y palometa (*Serrasalmus* sp.) desde las comunidades de San Miguel, Villa Alcira y San Jose de Uchupiamonas. Dos especies importantes para el comercio como peces ornamentales y cuyas poblaciones se ven localmente afectadas en la zona de influencia son *Papilichromis altispinosa* y *Agoniates anchovia*, caracterizándose esta última una baja abundancia natural.

Se cuenta también con una especie introducida de hábitos depredadores, el paiche (*Arapaima gigas*), cuya propagación representa una amenaza para la ictiofauna nativa.

b) Extracción forestal

Cuando se creó el parque existían dos concesiones forestales, una que fue revertida al Estado y la otra (Hauser) trasladada fuera del área mediante una considerable compensación gestionada por Conservación Internacional. Si bien la actividad de motosierrismo ha disminuido considerablemente desde la entrada en vigencia de la nueva ley forestal y la conformación del equipo de protección, la presión de extracción maderera sigue alta en la zona de influencia y ciertos sectores del ANMI (en particular Sipia, en la región de Apolo) y constituye según la dirección del área una de las mayores amenazas al parque, por lo que se discute en la sección relevante más abajo.

Como ejemplos de las plantas utilizadas como materiales de construcción están la jatata (*Geonoma deversa*) y el asaí (*Euterpe precatoria*) entre varias especies de palmas, gavetillo, cedro (*Cedrela odorata*), balsa (*Ochroma lagopus*), *Astronium* sp. y *Sloanea guyanensis*.

c) Uso de productos no maderables del bosque

Las plantas y productos silvestres colectados por las comunidades tacanas, muchos de los cuales han sido adoptados por los colonos, sirven principalmente para dos fines: la alimentación y la construcción de la vivienda.

Entre las especies que se usan con fines alimenticios, se encuentran varias especies de palmeras (*Bactris* sp., *Jessenia bataua*, *Scheela princeps*, *Euterpe precatoria*, *Attalea phalerata*) de las que se recolectan frutos o se extrae el palmito. También se tiene especies semidomesticadas que proveen estacionalmente de frutos como el achachairú (*Rheedia* sp.), taruma (*Vitex cymosa*), guayaba (*Psidium guajava*), papaya (*Carica papaya*), piña (*Ananas comosus*), palta (*Persea americana*) y mangos (*Mangifera indica*).

Los pobladores de la zona se dedican asimismo a la recolección de motacú (*Scheela princeps*), majo (*Jessenia bataua*), ña de gato (*Uncaria tormentosa*), castaña (*Bertholletia excelsa*), pan de fruta (*Artocarpus altilis*) y guapomo para la venta en las ferias comunales. En la zona de Apolo se extrae la resina de árboles de incienso (*Clusia* sp.) y copal (*Protium* sp.).

d) Turismo

El turismo en la región tiene sus orígenes en los años 70, cuando la empresa turística TAWA construyó un albergue y dos pistas de aterrizaje.

En respuesta a la afluencia turística que se ha generado en los últimos años se instalaron una serie de campamentos rústicos a lo largo de la parte baja del río Tuichi. Si bien esta infraestructura precaria atrae esencialmente a turistas de bajo gasto (conocidos como “mochileros”), existe también desde el 1998 un servicio de mayor nivel con el Albergue Ecológico Chalalán, ubicado a orillas de la laguna del mismo nombre cerca del

río Tuichi y administrado por los pobladores de la comunidad de San José de Uchupiamonas.

Adicionalmente existen algunos grupos de turistas que están ingresando al parque por partes todavía desprovistas de infraestructura turística: al este, desde Ixiamas hasta Alto Madidi caminando por los ríos Tequeje y Madidi en expediciones de 8 a 14 días y al oeste, bajando el río Tuichi en raft entre la cabecera de este río en Virgen del Rosario y la localidad de Rurrenabaque o caminando entre 8 a 9 días desde la población de Pelechuco hacia Apolo.

La información sobre la excepcional diversidad biológica del PN-ANMI Madidi se está rápidamente difundiendo a través de las agencias de turismo especializadas del mundo, por lo que representa hoy en día el segundo escenario turístico con mayor crecimiento del país, después del Salar de Uyuni. Cada año ingresan más de 7.500 visitantes, que pagan una tarifa de entrada y aportan aproximadamente dos millones de dólares a la economía local.

En la actualidad, el “ecoturismo” practicado es tan dañino como una actividad extractiva, pero ahora se cuenta con un reglamento y con un programa de turismo que se empezaron a implementar en junio de 2005 en el marco del nuevo Plan de Manejo (17).

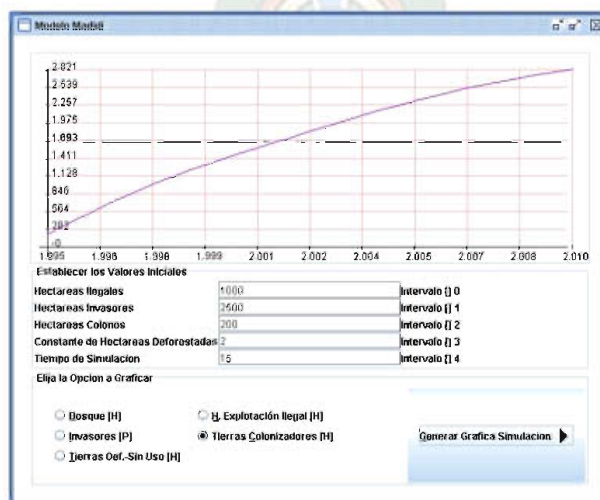
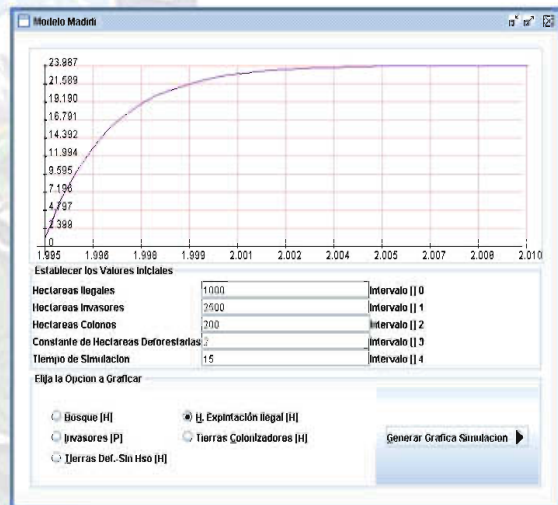
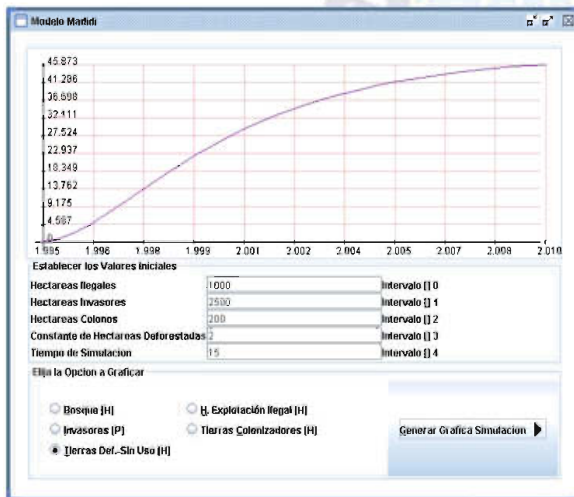
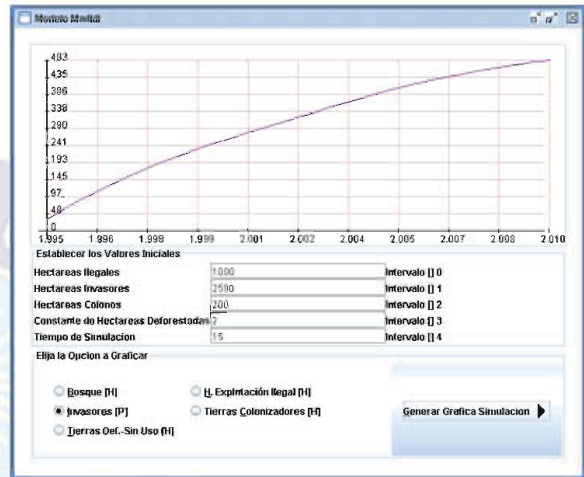
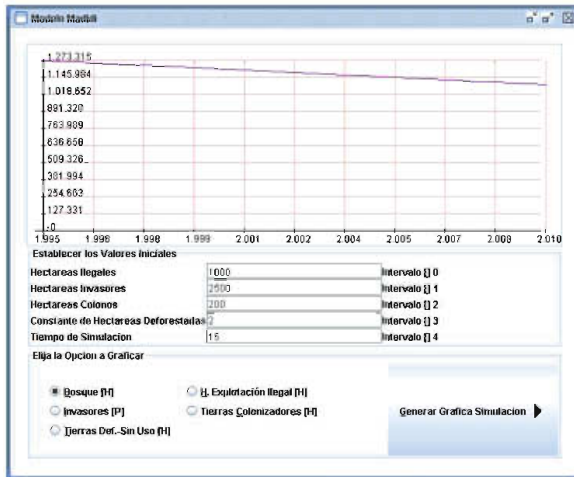
Pese a las dificultades encontradas en su implementación, la ubicación de los sitios de operación turística definidos en estos documentos, correspondiendo todos a sitios previamente utilizados y vinculados a puntos de ingreso “oficiales”, responde a una voluntad de desagregación espacial de la actividad turística, para por un lado descongestionar las zonas víctimas de un exceso de visitantes (en particular la parte baja del río Tuichi) y por otro lograr una mejor distribución de los beneficios económicos del turismo a través del área protegida. En estos sitios se permiten esencialmente actividades de trekking, navegación, rafting y camping.

El Programa de Turismo elaborado en el marco del Plan de Manejo e intitulado “*Madidi: las más variadas expresiones del mundo natural mostradas por diversas culturas andino amazónicas*”, afirma la voluntad de desarrollar un turismo social en paralelo al turismo de naturaleza que domina en la zona. Además de controlar y orientar la oferta turística local, un objetivo primordial de este programa es la generación de fondos para mejorar la capacidad de gestión, y en particular fortalecer la capacidad de control de los guardaparques.

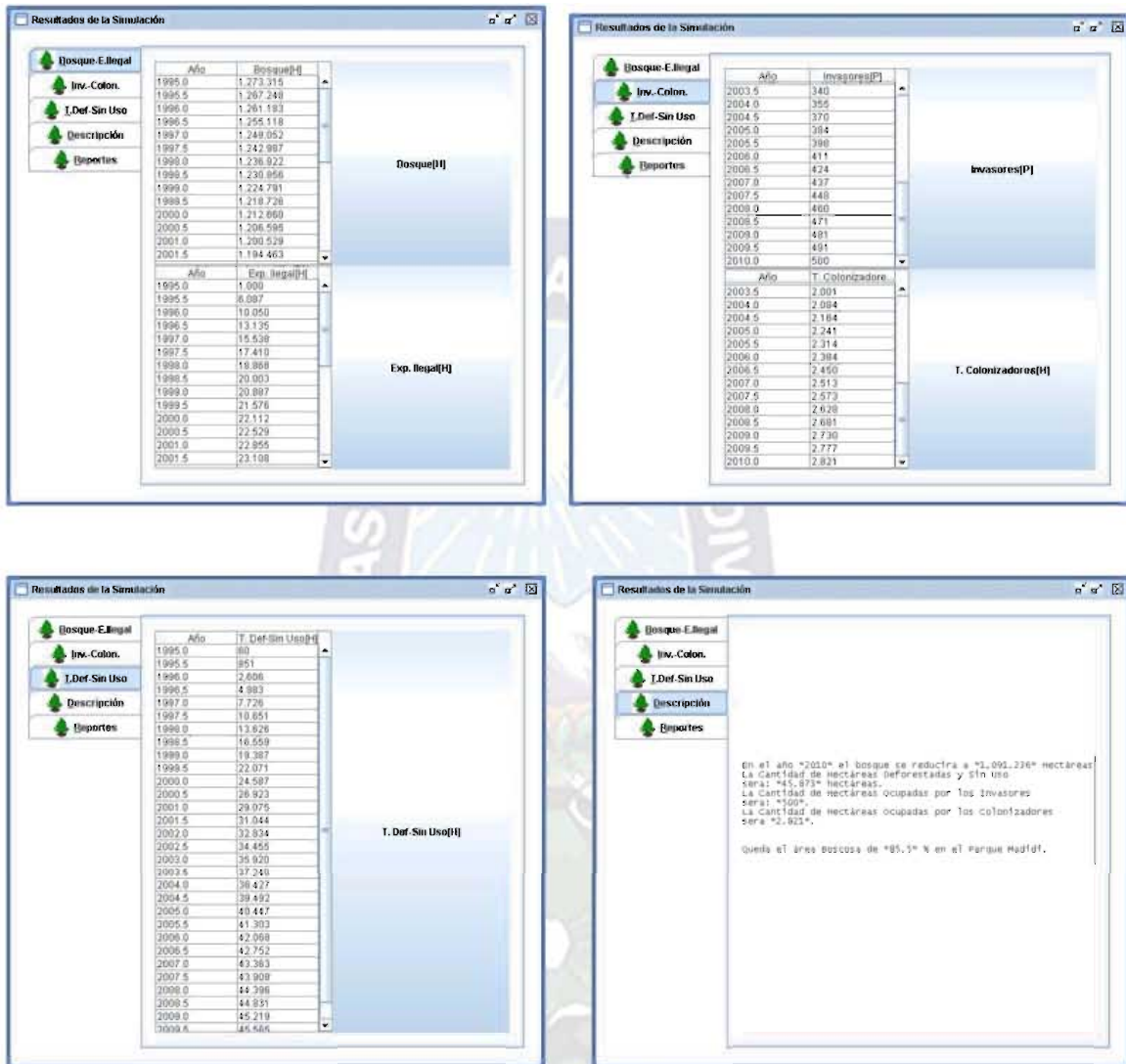


Anexo 4

Se realiza la simulación de la deforestación de l Parque Madidi para 15 años.

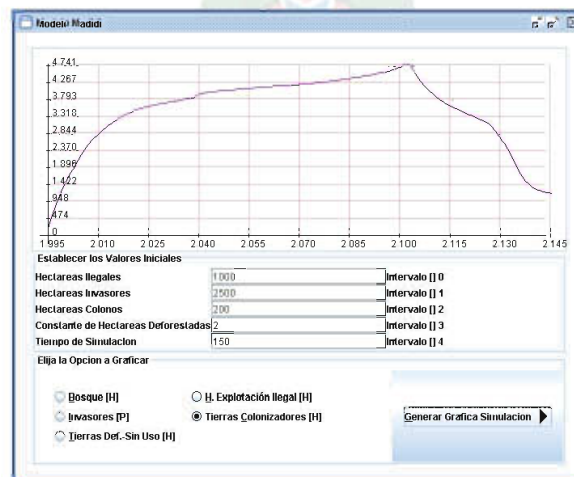
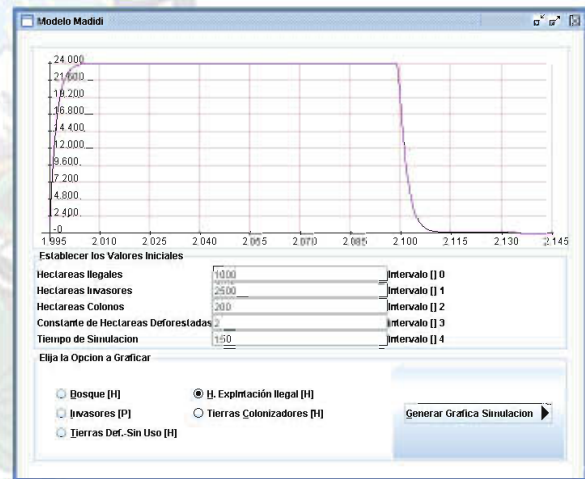
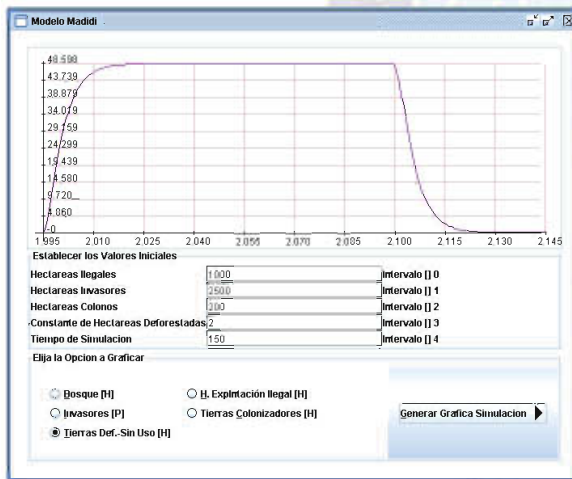
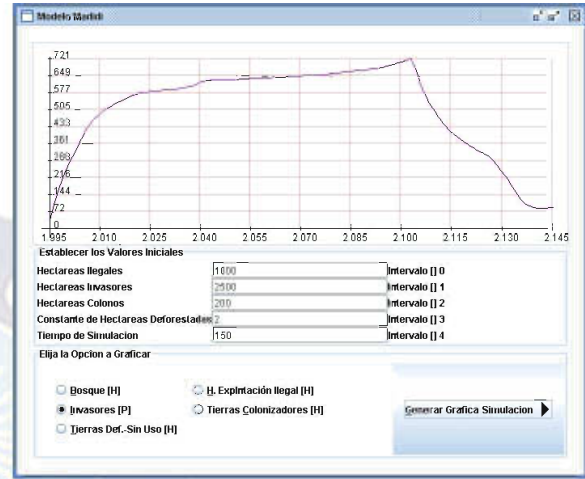
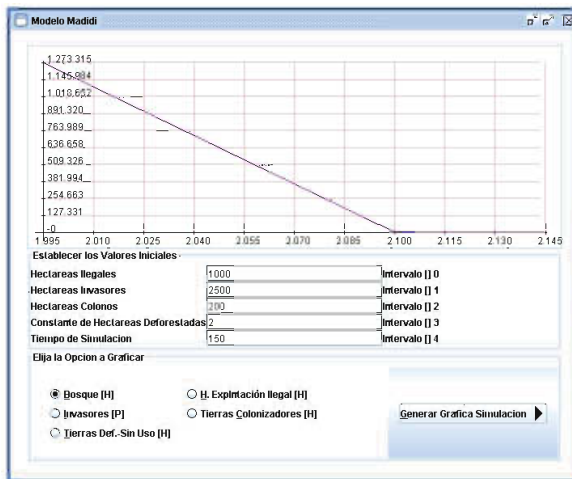


A continuación se muestran las tablas y resultados.

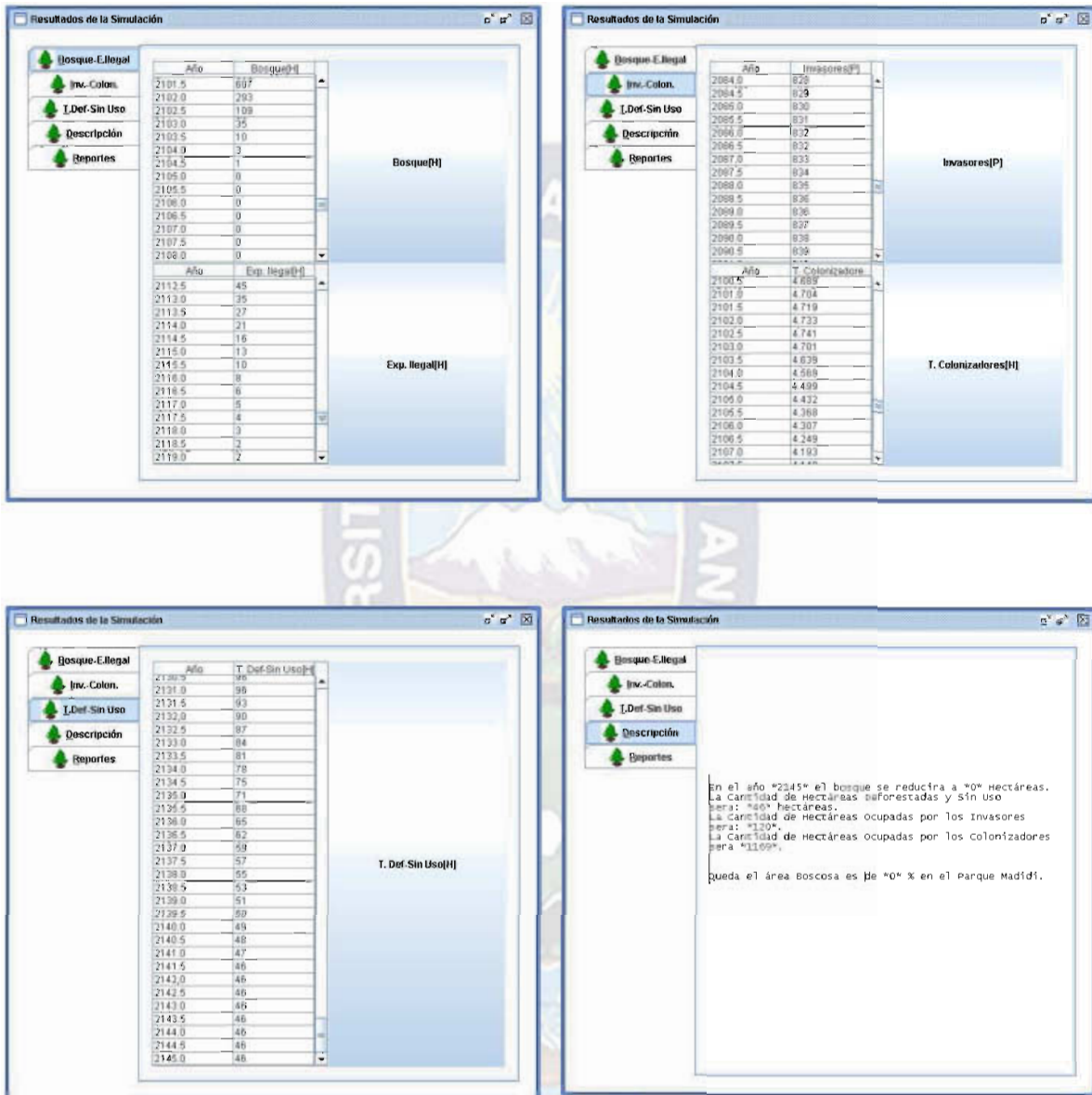


Con estos resultados podemos concluir que en la actualidad no existe mucha deforestación dentro el parque, pero esto no quiere decir se salva de los invasores, colonos y las explotaciones ilegales que lo único que buscan es la satisfacer sus intereses

Se realiza la simulación de la deforestación de l Parque Madidi para 150 años



A continuación se muestran las tablas y resultados



Como se observa en la gráfica de bosque se ve que el año 2104 solo tendremos pocas hectáreas de bosque y esto es realmente preocupante aunque ese año solo existirá nuestra descendencia. Pero ¿como sería el planeta sin bosques?, esta deforestación total llegaría pronto si no cuidamos nuestro medio ambiente.